

### Лабораторная работа №3. Нейронные сети

**Цель работы:** ознакомиться с понятиями нейронных сетей. Рассмотреть процесс создания модели нейронной сети в платформе Deductor. Научиться создавать наборы данных для задач, решаемых при помощи нейронных сетей.

#### Задачи:

1. В программном продукте Deductor спроектировать модель нейронной сети в соответствии с примером (шаги 1 - 14).
2. Выполнить анализ результатов обучения сети (шаг 14).
3. Выбрать задачу классификации или математических вычислений. Разработать собственный набор данных и спроектировать модель нейронной сети в Deductor для этого набора данных.
4. Провести обучение нейронной сети и проанализировать качество обучения (шаги 1-16).
5. Оформить отчет для собственного набора данных согласно процессу создания модели нейронной сети в Deductor.
6. Ответить на контрольные вопросы.

#### Ход работы

Скачать и установить аналитическую платформу Deductor:

<https://basegroup.ru/deductor/description>

<https://basegroup.ru/community/articles/classification>

*Изучить теоретический материал, касающийся основных понятий нейронных сетей.*

#### Работа в системе Deductor

##### 1. Импорт данных

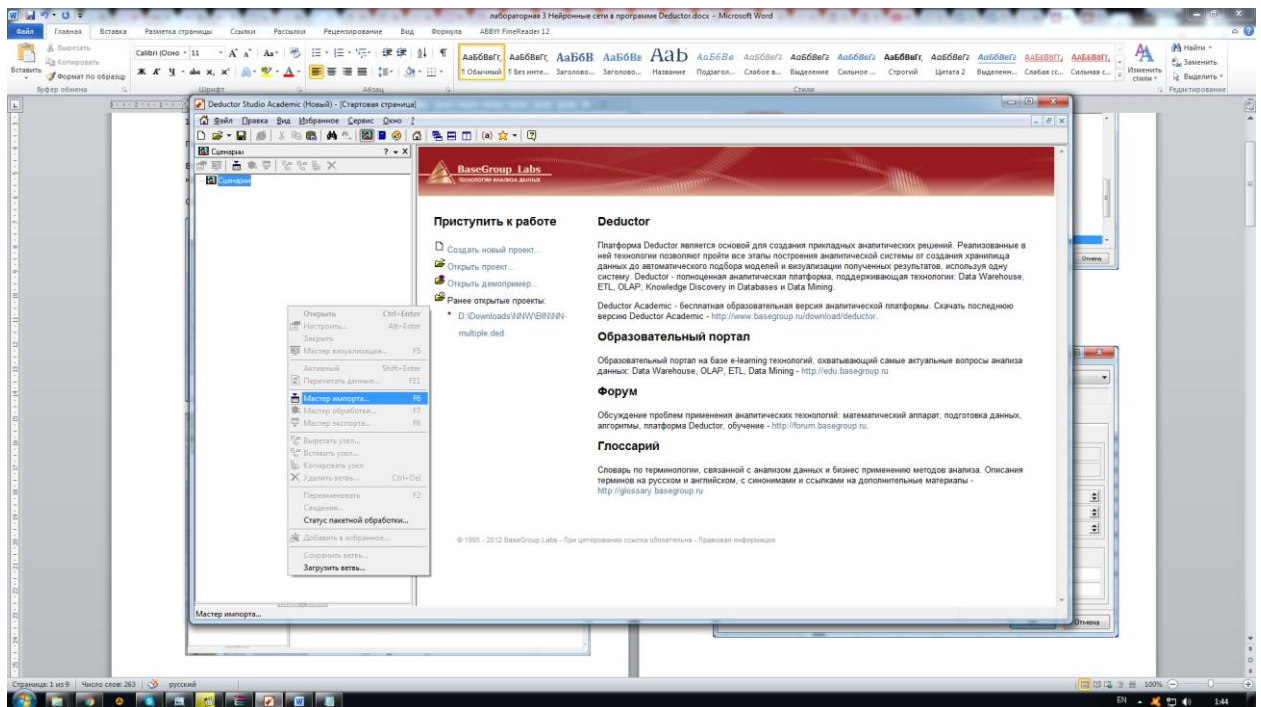
Подготовьте набор входных данных.

В заголовках указывается название нейрона. В данном примере нейронная сеть состоит из двух нейронов входного слоя  $m_1$ ,  $m_2$  и одного выходного нейрона  $res$ .

Следующие строки указывают значения нейронов.

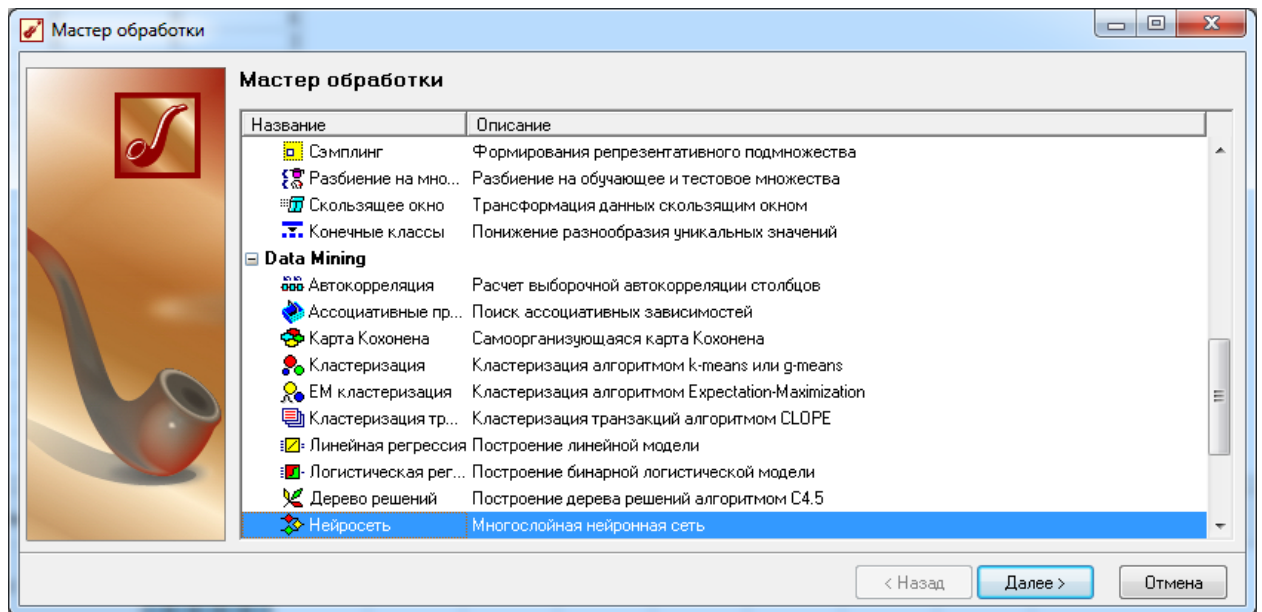
MULT.TXT — Блокнот		
Файл	Правка	Формат
Вид	Справка	
m1	m2	res
0	0	0
1	1	1
1	2	2
2	3	6
3	1	3
4	2	8
5	4	8
6	3	15
6	7	16
1	7	7
5	8	40
9	4	36
3	10	30
1	9	9
10	1	10
2	3	6
6	1	6
1	5	5
3	8	24
4	7	28
5	3	15
7	2	14
8	3	24

В Deductor выберите «Мастер импорта». Импортируйте содержимое текстового файла, соблюдая желаемые параметры. Укажите типы данных «Целое», «непрерывное».  $m_1$ ,  $m_2$  – входные,  $res$  – выходное.



## 2. Обработка данных при помощи многослойной нейронной сети

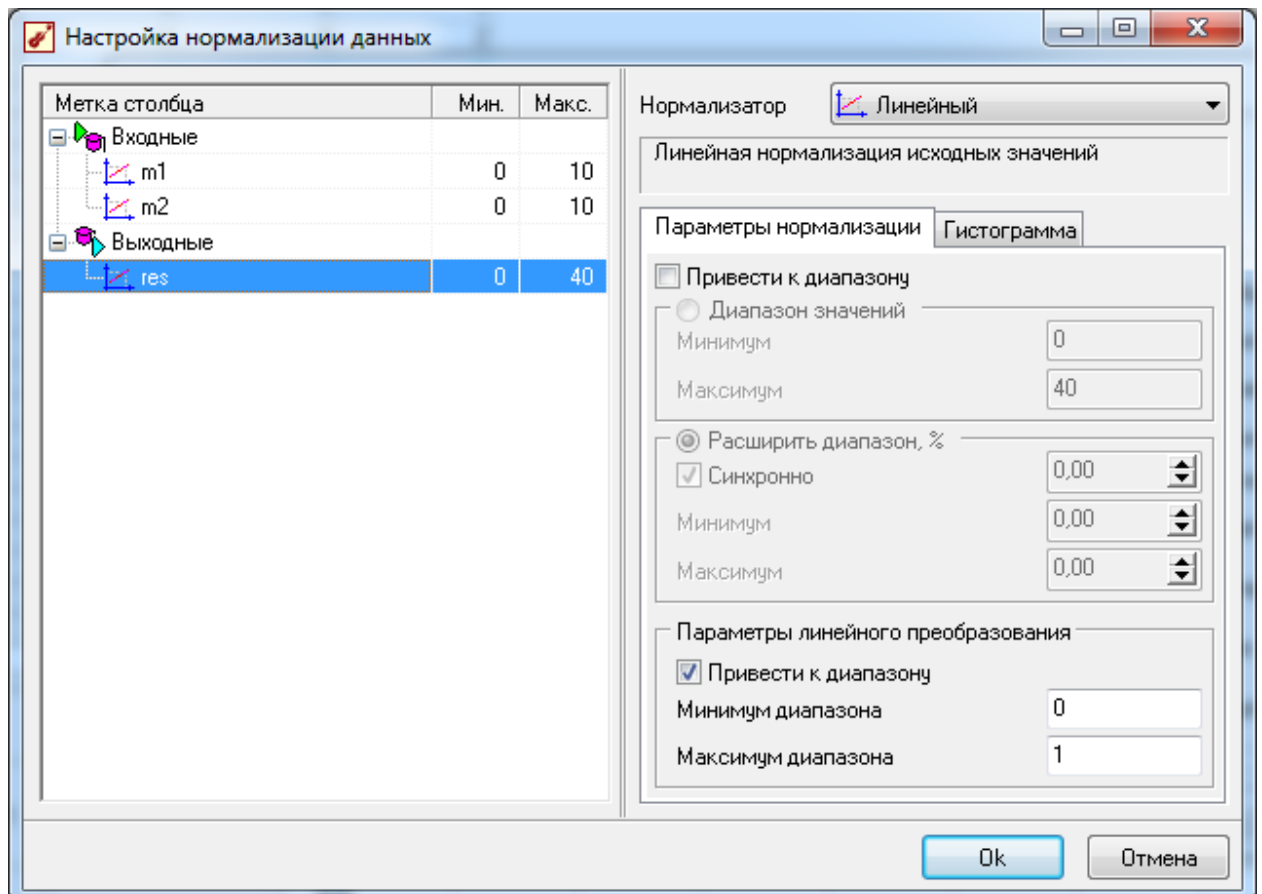
Выберите «Мастер обработки» и элемент анализа данных «Нейросеть». Далее будет необходимо настроить параметры нейронной сети.



### 3. Нормализация входных данных

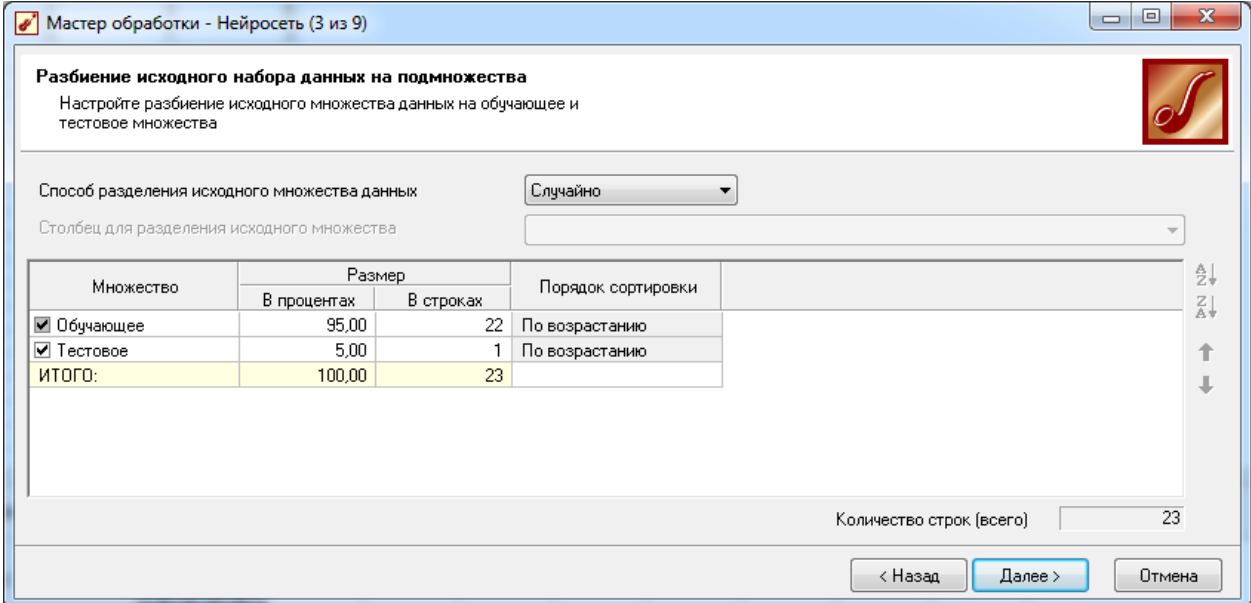
При необходимости можно настроить параметры нормализации – ограничение области определения, к которой приводятся исходные данные при подаче на входы нейронной сети.

Нормализация также проводится для значений выходных нейронов. Рекомендуется использовать область определения  $[0; 1]$  либо  $[-1; 1]$  в зависимости от условий задачи и выбираемой активационной функции.



#### 4. Разделение набора данных на обучающую и тестовую выборку

При обучении нейронной сети часть примеров всегда необходимо выделить для тестовой выборки. Обычно размер тестовой выборки составляет 10-20% от всего набора примеров.



**Разбиение исходного набора данных на подмножества**  
Настройте разбиение исходного множества данных на обучающее и тестовое множества

Способ разделения исходного множества данных: Случайно

Столбец для разделения исходного множества:

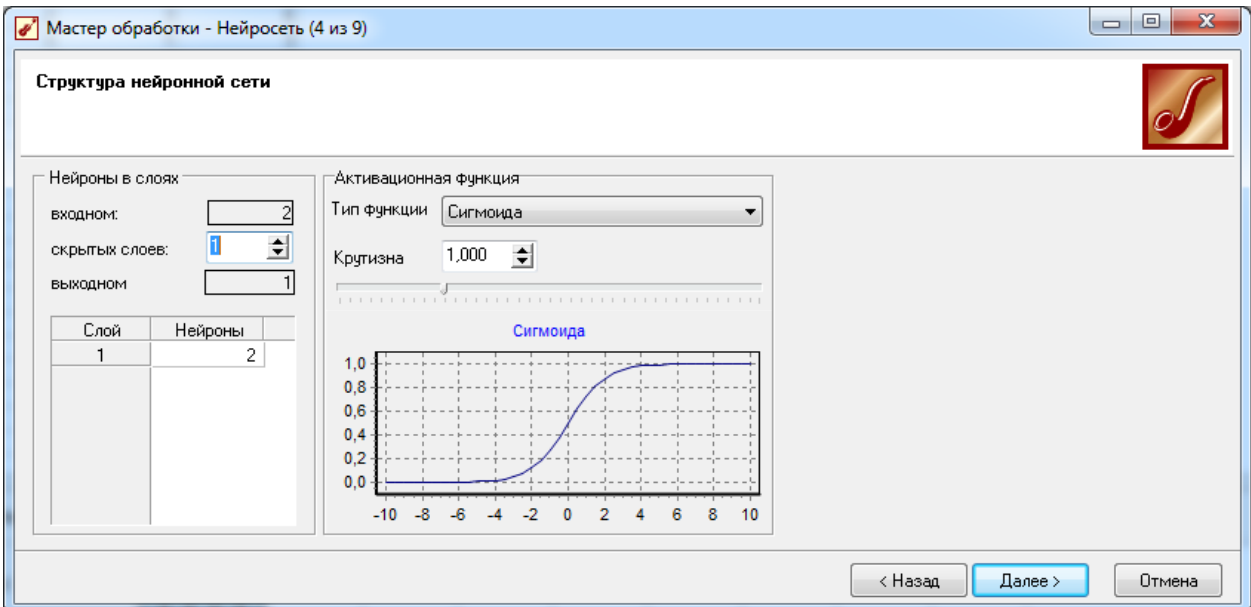
Множество	Размер		Порядок сортировки
	В процентах	В строках	
<input checked="" type="checkbox"/> Обучающее	95,00	22	По возрастанию
<input checked="" type="checkbox"/> Тестовое	5,00	1	По возрастанию
<b>ИТОГО:</b>	<b>100,00</b>	<b>23</b>	

Количество строк (всего) 23

< Назад Далее > Отмена

#### 5. Выбор структуры нейронной сети и параметров активационной функции

В этом окне можно задать основные параметры нейронной сети: количество промежуточных слоев и нейронов в каждом слое, вид и параметры активационной функции.



**Структура нейронной сети**

Нейроны в слоях

входном: 2

скрытых слоев: 1

выходном: 1

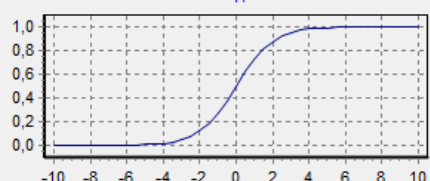
Слой	Нейроны
1	2

Активационная функция

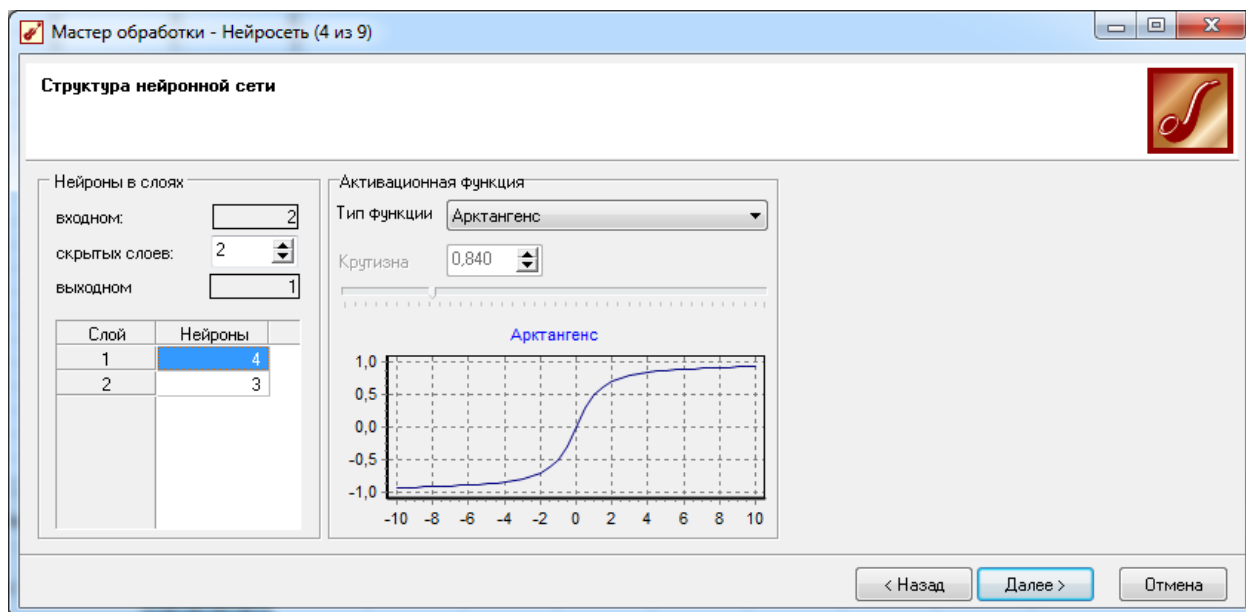
Тип функции: Сигмоида

Крутизна: 1,000

Сигмоида



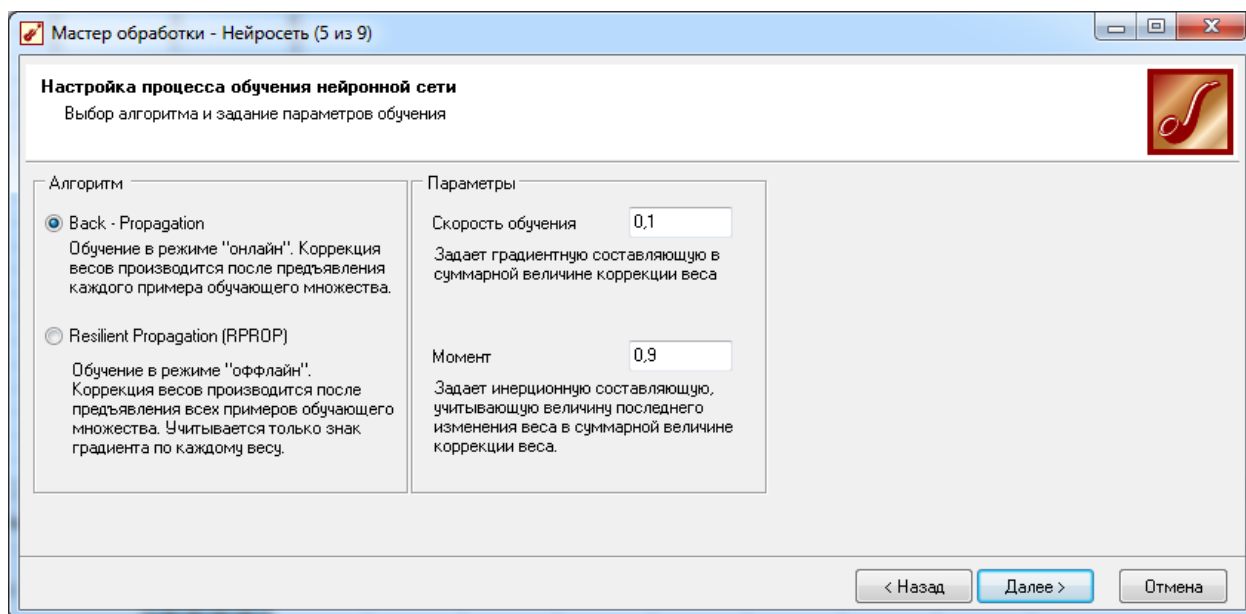
< Назад Далее > Отмена



Необходимо проанализировать зависимость точности классификации нейронной сети от количества скрытых слоев и нейронов в слое. Структура нейронной сети может оказать значительное влияние на качество обучения нейронной сети.

## 6. Выбор алгоритма обучения нейронной сети

Изменить алгоритм обучения на алгоритм «обратного распространения ошибки». Задать желаемые параметры скорости обучения и инерционный коэффициент.



## 7. Параметры остановки обучения нейронной сети.

Настроить параметры таким образом, чтобы критерием остановки было число эпох и точность распознавания тестового множества.

**Мастер обработки - Нейросеть (6 из 9)**

**Настройка параметров остановки обучения**  
 Укажите условия прекращения обучения. Обучение будет остановлено при выполнении одного из условий.

Считать пример распознанным, если ошибка меньше: 0,05

☒ По достижению эпохи: 10000

**Обучающее множество**

☒ Средняя ошибка меньше: 0,05

☐ Максимальная ошибка меньше:

☒ Распознано примеров (%): 95

**Тестовое множество**

☒ Средняя ошибка меньше: 0,005

☐ Максимальная ошибка меньше:

☒ Распознано примеров (%): 100

< Назад    Далее >    Отмена

## 8. Запуск обучения нейронной сети

**Мастер обработки - Нейросеть (7 из 9)**

**Обучение нейронной сети**  
 Запуск процесса обучения нейронной сети

**Обучающее множество**

☒ Макс. ошибка: 2,73E-01

☒ Средн. ошибка: 6,58E-02

Распознано (%): 63,64

**Тестовое множество**

☒ Макс. ошибка: 1,04E-02

☒ Средн. ошибка: 1,04E-02

Распознано (%): 100,00

Эпоха: 2

Время обучения: 00:00:00

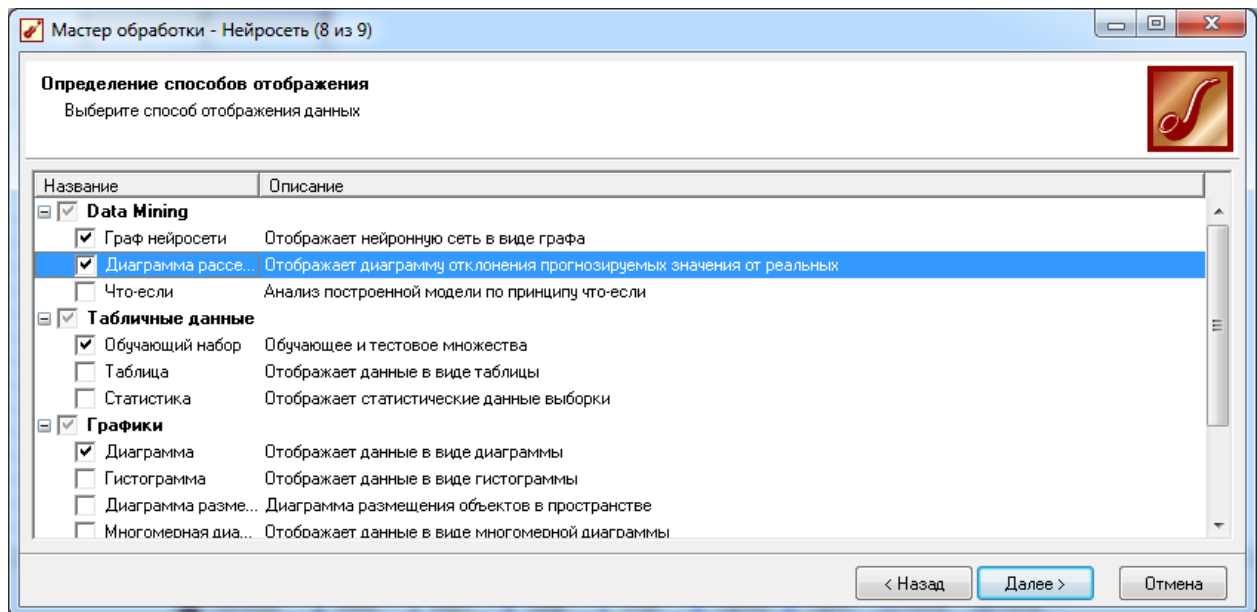
Темп обновления: 0

☐ Рестарт

< Назад    Далее >    Отмена

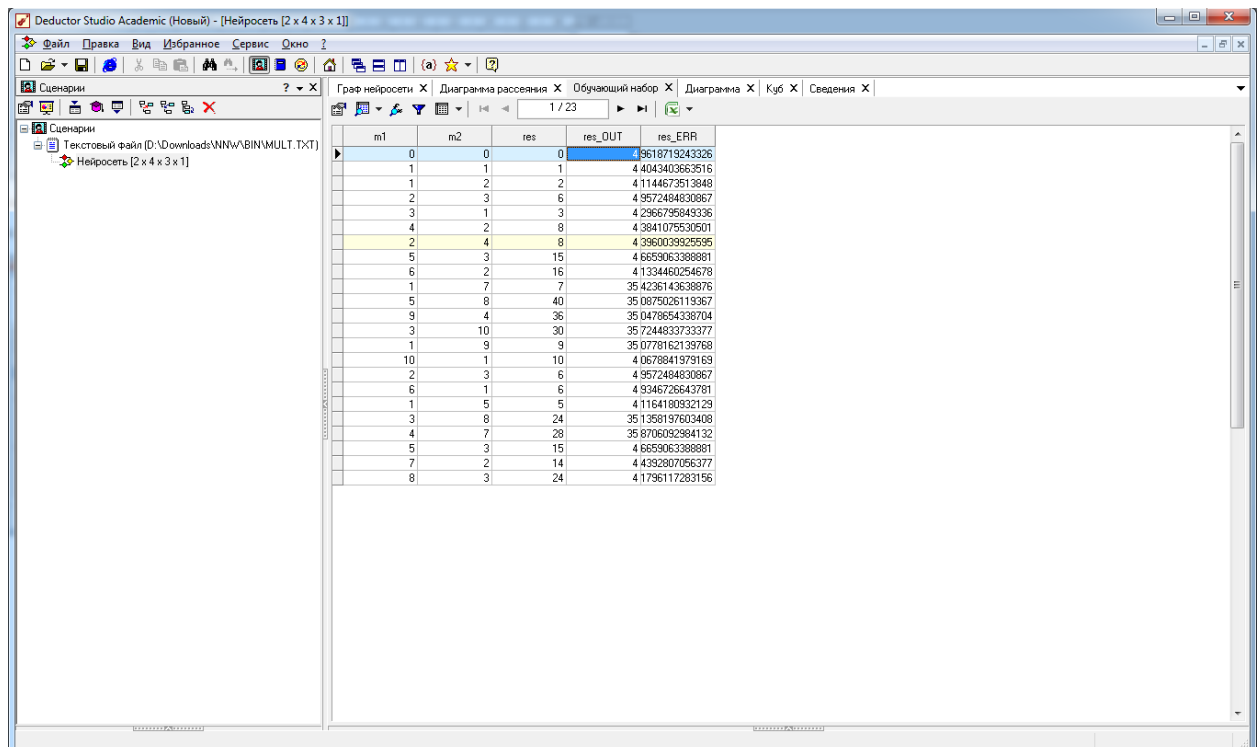
Записать время обучения, число эпох, точность распознавания и итоговую ошибку.

## 9. Выбрать желаемые виды отображения данных

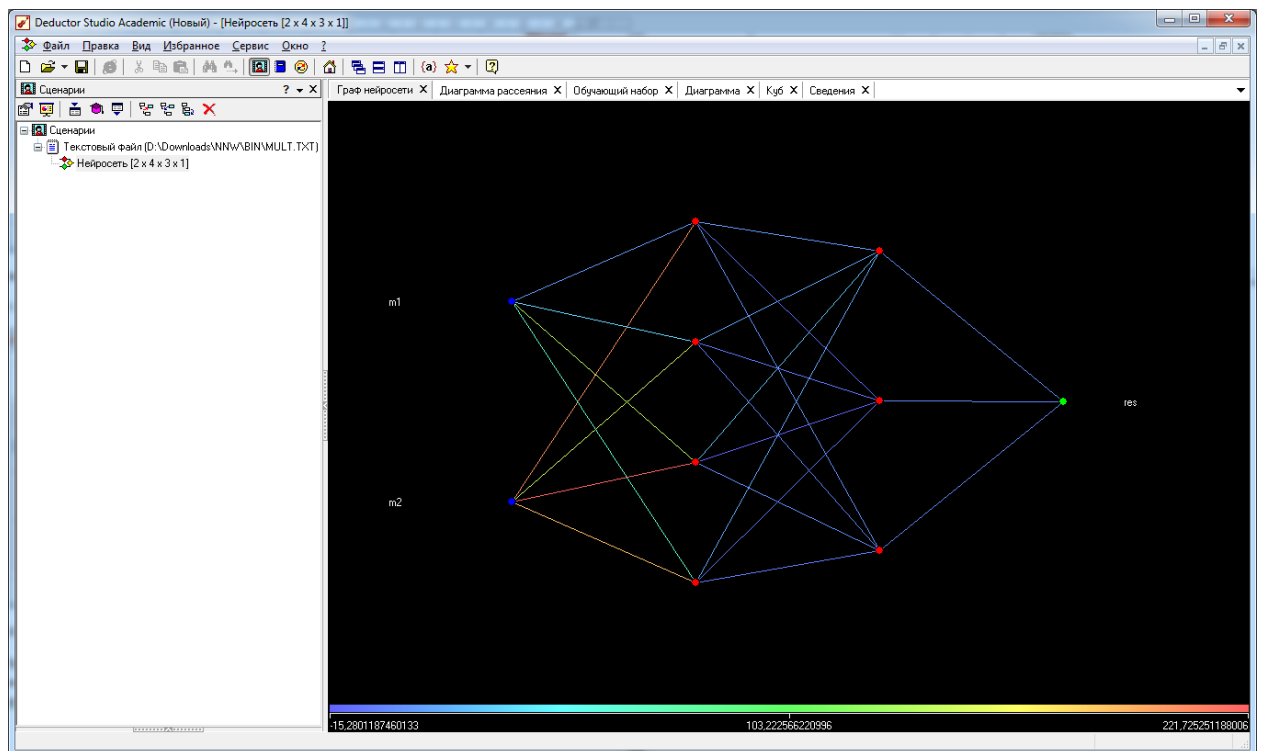


## 10. Провести анализ результатов

Проанализировать результаты обучения на вкладке «Обучающий набор». Если ошибка между значениями нейронов выходного слоя `res` и полученными значениями `res_out` больше 10%, значит сеть обучена плохо. Рекомендуется осуществить повторную настройку параметров сети.

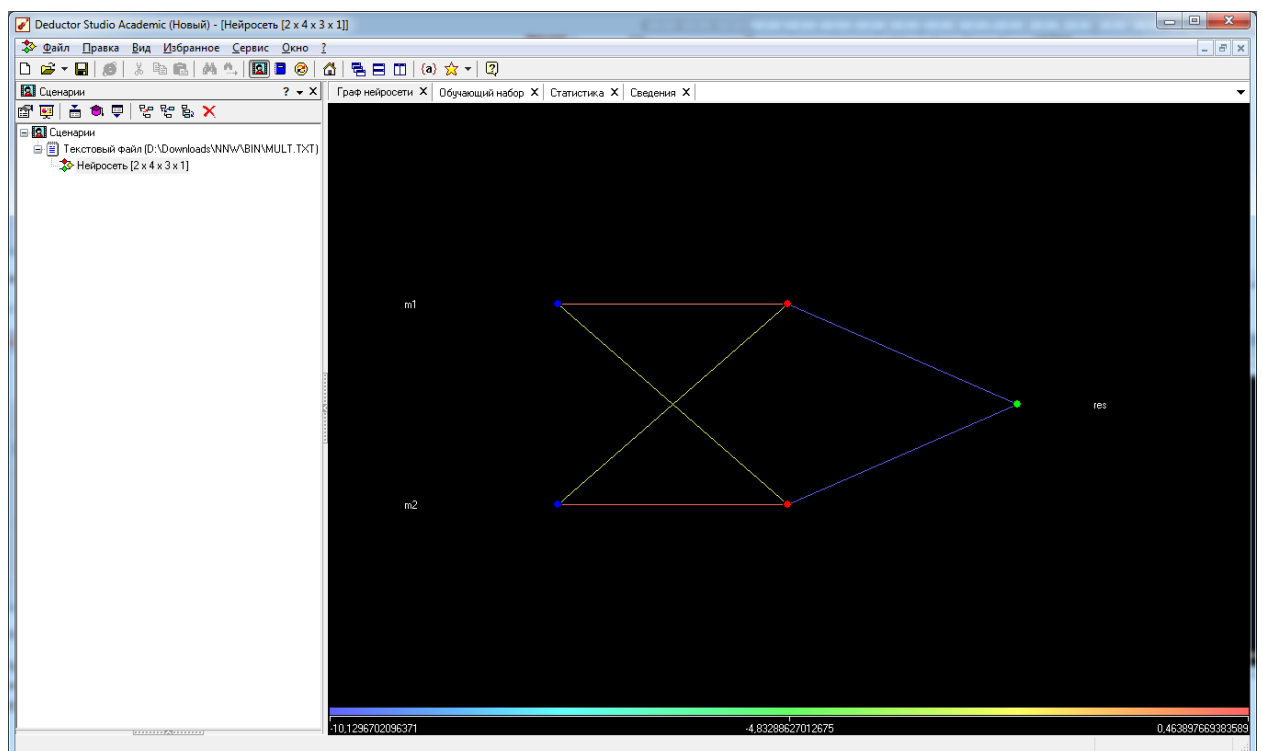


**11. Во вкладке «Граф нейронной сети» можно просмотреть структуру нейронной сети и значения весов нейронов**



**12. Изменить структуру нейронной сети и параметры обучения. Показать результат после изменения параметров сети**

Измененная структура сети:



Обучающий и тестовый наборы данных: ошибка < 10%.



Deductor Studio Academic (Новый) - [Нейросеть [2 x 4 x 3 x 1]]

Файл Правка Вид Избранное Сервис Окно ?

Сценарии

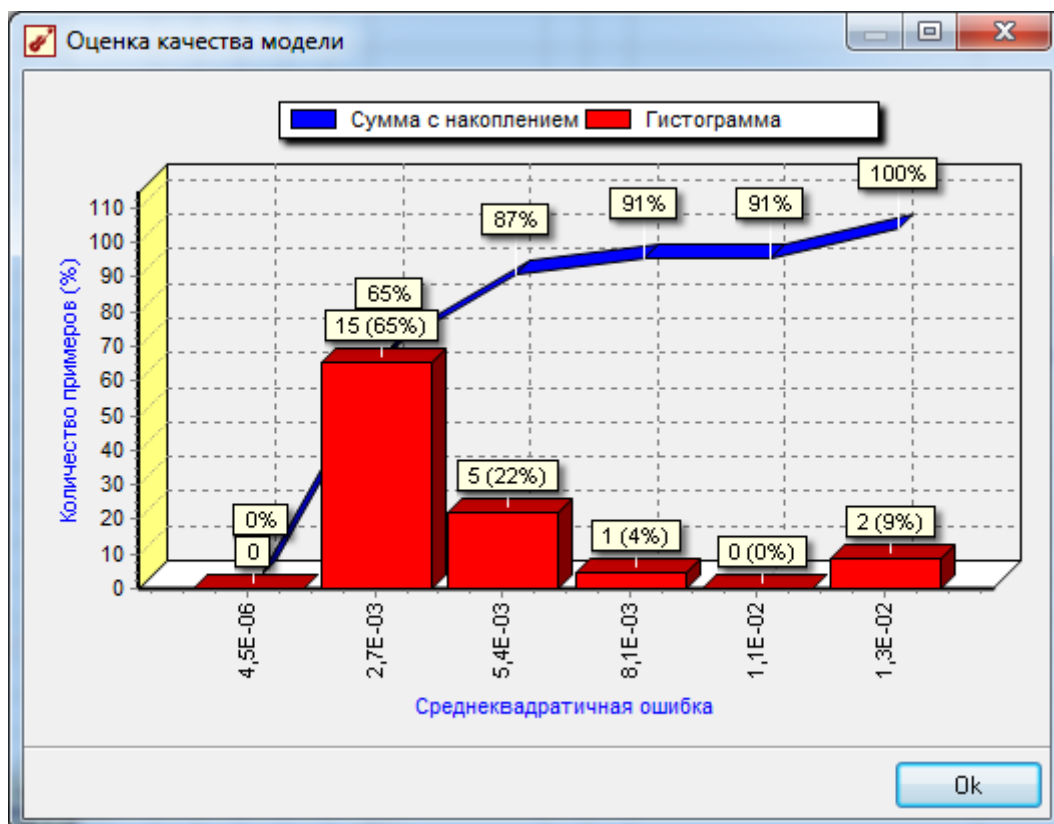
Текстовый файл (D:\Downloads\WINV\BIN\MULT.TXT)  
Нейросеть [2 x 4 x 3 x 1]

Граф нейросети Обучающий набор Статистика Сведения

17/23

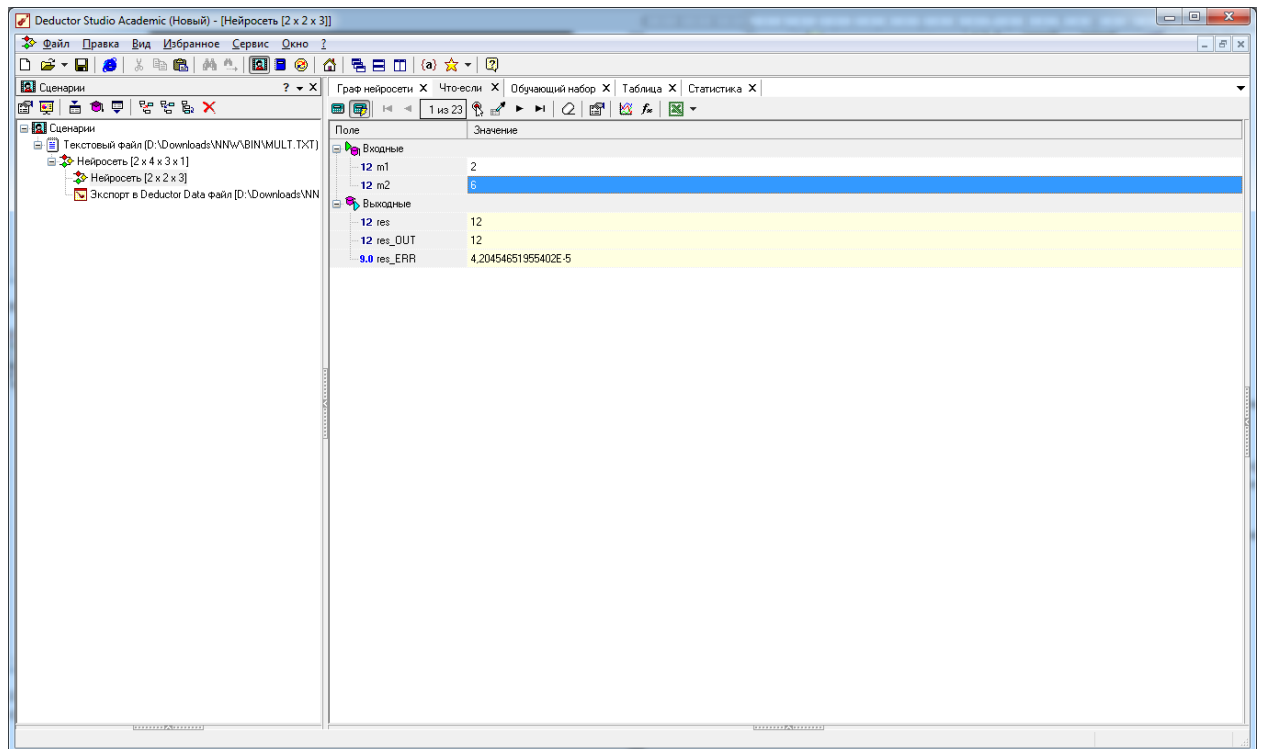
m1	m2	res	res_OUT	res_ERR
0	0	0	0	0.17703867369E-6
1	1	1	1	0.1813613619922
1	2	2	1	1.2503966709474
2	3	6	4	4.2165348437407
3	1	3	2	2.3349219127503
4	2	8	7	7.8796917623073
2	4	8	6	6.9890883495152
5	3	15	17	17.3974104722643
6	2	16	13	13.4085934420264
1	7	7	8	8.3414252434875
5	8	40	35	35.4368433912295
9	4	36	32	32.8397205435204
3	10	30	27	27.0465054702295
1	9	9	10	10.4405379903733
10	1	10	11	11.5119550436964
2	3	6	4	4.2165348437407
6	1	6	7	7.8082079649178
1	5	5	4	4.3945071330426
3	8	24	26	26.2434982710468
4	7	28	31	31.7430913293958
5	3	15	17	17.3974104722643
7	2	14	15	15.74639812094825
8	3	24	25	25.0171211090107

13. Выберите в мастере визуализации элемент «Диаграмма рассеяния». Выберите в меню «Оценка качества модели»



#### 14. Выберите в мастере визуализации элемент для анализа «Что-если»

Проверьте правильность получения результата, подставляя подходящие тестовые данные.



#### 15. Экспортируйте полученную модель нейронной сети

#### 16. Проанализируйте правильность обучения нейронной сети, используя возможности Deductor, такие как величина ошибки, «Статистика», График «Диаграмма рассеяния», инструмент «Что-если».

Объясните полученные результаты. Объясните, как параметры обучения и структура нейронной сети влияет на качество обучения.

## **Контрольные вопросы**

1. Основные элементы нейрона.
2. Понятие и назначение функции активации.
3. Виды функции активации. Линейные и нелинейные функции.
4. Понятие многослойной искусственной нейронной сети.
5. Рекуррентные нейронные сети.
6. Понятие обучения нейронной сети.
7. Алгоритмы обучения с учителем.
8. Алгоритмы обучения без учителя.
9. Понятие ошибки функционирования сети.
10. Сложности обучения нейронных сетей.
11. Задачи, решаемые нейронными сетями.
12. Способы определения вида входных данных для нейронных сетей.
13. Способы определения числа нейронов входного и выходного слоя.
14. Способы определения числа слоев и нейронов в сети.

## Рекомендуемая литература

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс = Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с. — [ISBN 0-13-273350-1](#).
2. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети
3. [Круглов В. В.](#), [Борисов В. В.](#) Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — М.: Горячая линия - Телеком, 2001. — 382 с.
4. Самое главное о нейронных сетях. Лекция в Яндексе  
<https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/307260/> [рекомендую почитать]
5. Нейронные сети для чайников (примеры реализации)  
<http://habrahabr.ru/post/143129/>  
<http://habrahabr.ru/post/144881/>  
<http://habrahabr.ru/post/143668/>
6. Учебник - Нейронные сети <http://www.neuroproject.ru/neuro.php>
7. Нейронные сети — математический аппарат | BaseGroup Labs  
<https://basegroup.ru/community/articles/math>
8. *Пакет Neural Network Wizard*
9. *MATLAB Neural Network Toolbox* <https://www.mathworks.com/products/neural-network.html>

## Примеры простых задач решаемых нейронными сетями

### Математические вычисления:

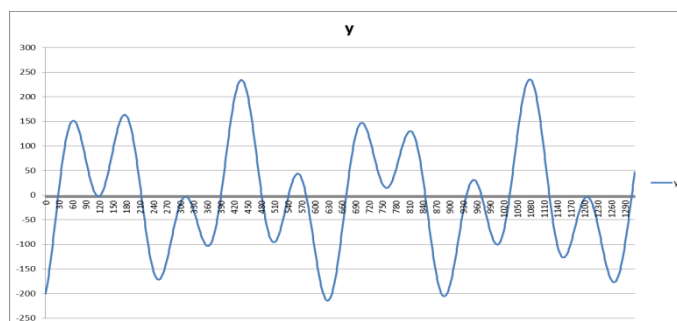
Операция сложения чисел в различных системах счисления ( $d1, d2 = \text{bin}$ );

Умножение чисел ( $b1, b2 = \text{res}$ );

Перевод бинарных значений в десятичные ( $b1, b2, b3, b4 = \text{res}_{10}$ );

Вычисление квадратного корня ( $\text{in} = \text{out}$ );

Прогнозирование временных рядов (синус или сумма синусов с разными временными периодами, например в соответствии с формулой  $y = k_1 \times \sin(a_1 x) + k_2 \times \sin(a_2 x) + k_3 \times \sin(a_3 x) + k_4 \times \sin(a_4 x)$ ):



В этом случае на входы нейронной сети можно подавать как значения временного периода ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ), так и результат вычислений  $\sin(a_1 x), \dots, \sin(a_n x)$ .

### Задачи классификации:

модель ценообразования стоимости жилья в новостройках (<http://helpiks.org/1-116342.html>);

классификация уровня жилья (обычное, дорогое, элитное; в зависимости от числа комнат, качества ремонта, наличия мебелировки, дизайнерских решений, размера помещения и т.д.).

Классификация автомобилей по техническим характеристикам:

В данном случае классы автомобилей заранее известны:

- легковой автомобиль;
- внедорожник;
- паркетник;
- семейный минивэн;
- спортивный автомобиль.

В качестве критериев классификации используются следующие:

- мощность двигателя;
- дорожный просвет;
- количество мест;
- масса автомобиля;
- наличие полного привода;
- тип трансмиссии.

Модель	Мощность двигателя	Дорожный просвет	Количество мест	Масса	Привод	Трансмиссия	Класс
Ford Focus	100	145	5	1345	передний	механическая	легковой автомобиль
Ford Maverick	150	211	5	1599	полный	механическая	паркетник
Jeep Cherokee	218	310	5	2169	полный	механическая	внедорожник
Mitsubishi Lancer EVO	82	165	5	1165	полный	механическая	спортивный автомобиль
Opel Zafira	105	145	7	1505	передний	автоматическая	семейный минивэн
Audi TT	180	125	4	1335	передний	автоматическая	спортивный автомобиль
Hyundai Accent	102	140	5	1030	передний	автоматическая	легковой автомобиль
Ford Focus C-MAX	145	145	5	1320	передний	автоматическая	семейный минивэн

классификация изображений;

текстуры;

деталей на производстве;

состояний производственного процесса.

#### **Задачи распознавания:**

лиц;

символов;

рукописных символов;

номеров автомобилей.

#### **Задачи прогнозирования:**

экономической ситуации;

аварий на производстве;

биржевых процессов.