

Инструкция по работе с программой «Нейросимулятор» (на примере моделирования таблицы умножения)

Программа «Нейросимулятор» позволяет создавать и применять нейронные сети персептронного типа.

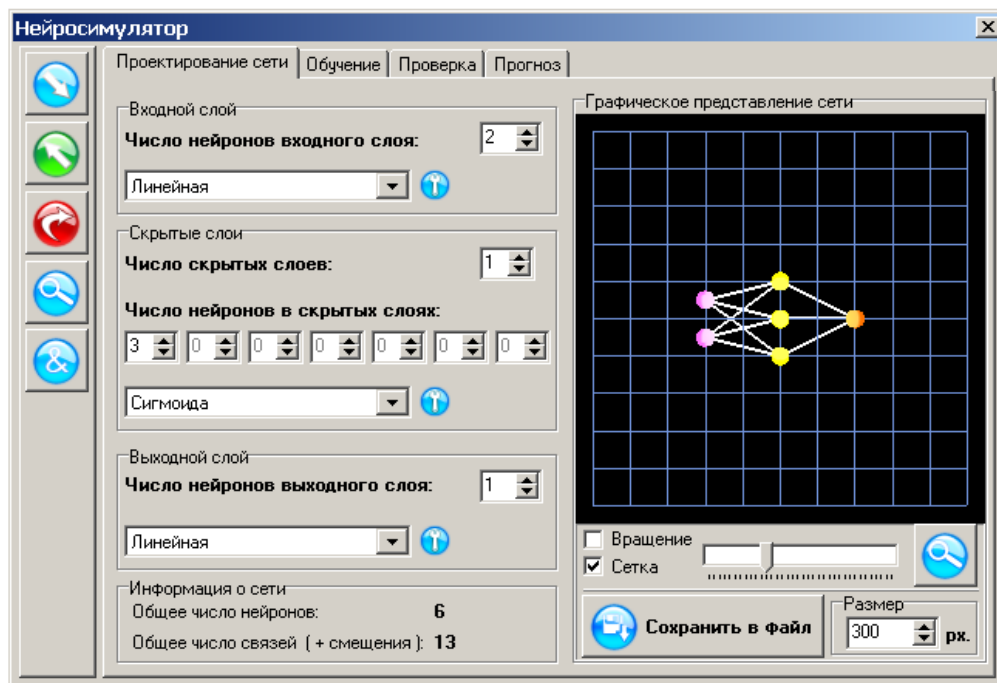


Рис. 1. Рабочее окно программы «Нейросимулятор»

Программа «Нейросимулятор» может работать в четырех режимах: «Проектирование сети», «Обучение», «Проверка» и «Прогноз». Переход из одного режима в другой осуществляется путем нажатия соответствующих закладок, расположенных в верхней части рабочего окна (см. рис. 1).

В режиме «Проектирование сети» имеется возможность изменять количество входных и выходных нейронов, количество скрытых слоев, количество нейронов в скрытых слоях, виды и параметры активационных функций. Причем, всякое изменение структуры сети автоматически отражается на ее графическом представлении.

Попробуйте поменять структуру персептрона – добавить один или два нейрона в скрытый слой, изменить количество входных и выходных нейронов. Обратите внимание на возможность запоминания внесенных изменений с помощью клавиш, расположенных в верхнем левом углу рабочего окна: «Сохранить проект» и «Загрузить проект». Сохранение текущих состояний вашего проекта рекомендуется периодически производить на всех стадиях его выполнения.

После экспериментов с изменением структуры сети, верните ее в первоначальное состояние, нажав кнопку «Сбросить настройки». Убедившись, что ваш персептрон имеет два входа и один выход, переведите программу в режим «Обучение», нажав соответствующую закладку в верхней части рабочего окна. Теперь Ваша цель состоит в том, чтобы создать множество обуча-

ющих примеров. В нашем случае – это таблица умножения, которой нужно обучить персептрон. Нажимая несколько раз кнопку «Добавить обучающий пример» (на кнопке изображен знак «+»), введите цифры, как показано на рис. 2. Это и есть множество обучающих примеров, в данном случае – таблица умножения на 2 и на 3.

Обратите внимание, что в вашей таблице умножения не хватает одного примера: $2 \times 5 = 10$. Этот пример «забыт» специально. После того, как нейросеть будет обучена, мы спросим ее, сколько будет 2×5 и проверим, таким образом, ее способность к обобщению.

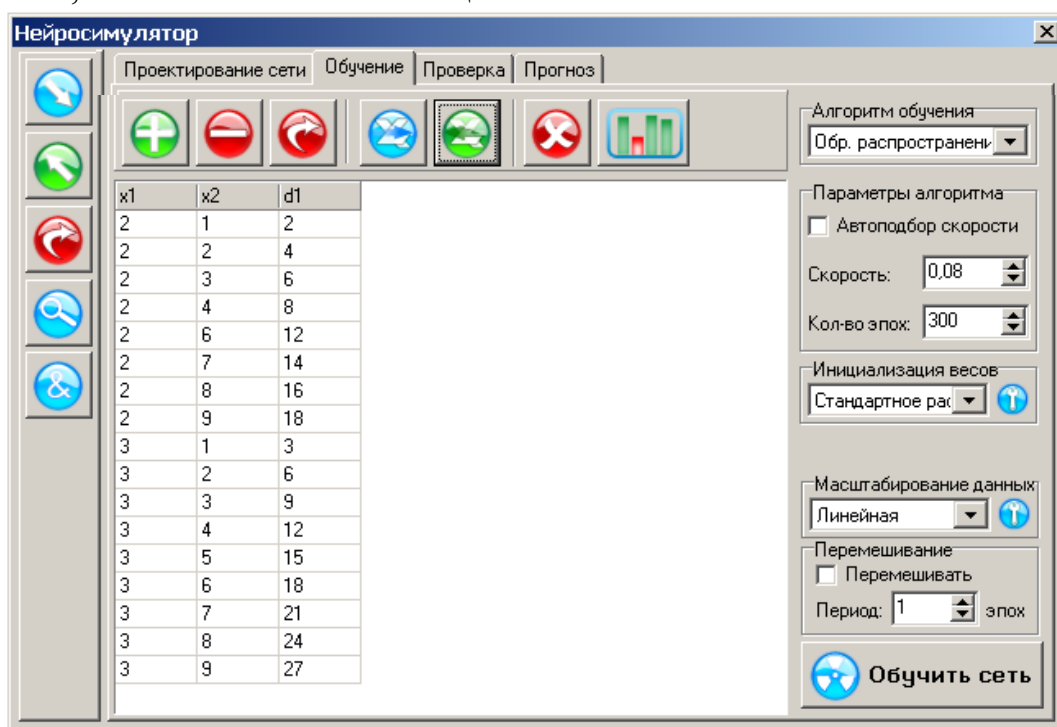


Рис. 2. Введено обучающее множество примеров – таблица умножения на 2 и на 3

Обратите внимание на то, что «по умолчанию» в программе «Нейросимулятор» (см. рис.2) выбран алгоритм обратного распространения ошибки, что коэффициент скорости обучения установлен 0,08, а количество эпох обучения – 300, что начальные значения синаптических весов (инициализация весов) заданы случайно по стандартному закону распределения.

Нажав клавишу «Обучить сеть», вы запустите процесс обучения персептрона методом обратного распространения ошибки, который будет отображаться в виде графика зависимости максимальной (синий цвет) и средне-квадратичной (красный цвет) ошибок обучения от числа эпох обучения (см. рис. 3).

После выполнения 300 эпох обучение прекращается, однако вы его можете продолжить, нажимая клавишу «Учимся», причем при каждом нажатии этой клавиши процесс обучения продляется еще на 300 эпох. Обратите внимание, что нужное количество эпох обучения (например, 1000 вместо 300) можно задать до начала процесса обучения.

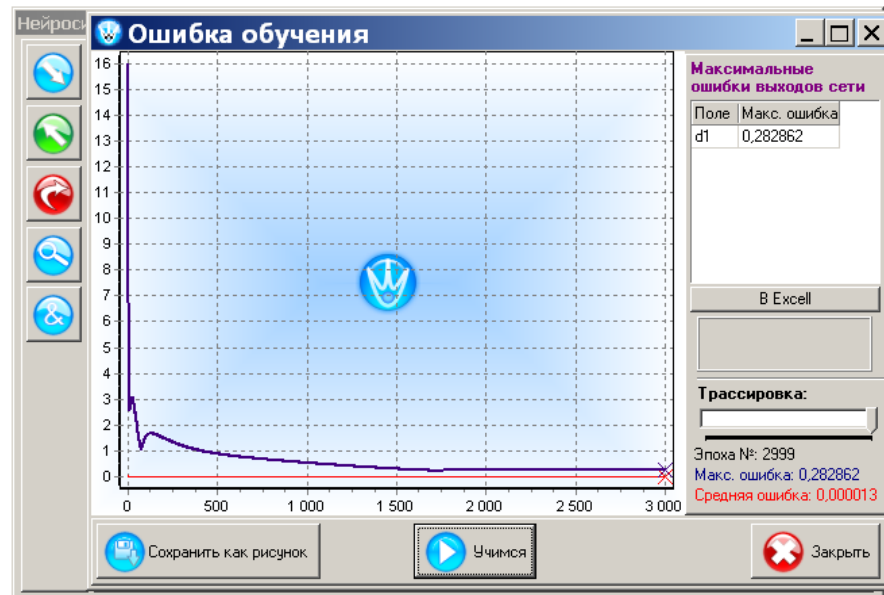


Рис. 3. Графическое отображение процесса обучения сети

Нейросимулятор

Проектирование сети Обучение Проверка Прогноз

x1	x2	d1	y1
2	1	2	2,0901
2	2	4	4,0617
2	3	6	5,9898
2	4	8	7,9254
2	6	12	11,9461
2	7	14	14,0141
2	8	16	16,0514
2	9	18	17,9855
3	1	3	3,2829
3	2	6	5,9666
3	3	9	8,8345
3	4	12	11,8351
3	5	15	14,9123
3	6	18	18,0135
3	7	21	21,0914

Макс. ош. для d1	Макс. отн. ошибка
0,28	1,05%

Рис. 4. В режиме «Проверка» можно сравнить желаемые выходы сети d1 с его действительными выходами y1

Если ошибка обучения не будет снижаться, нажмите кнопку «Закреть» и начните процесс обучения заново. Добившись снижения максимальной ошибки обучения, например, до 0,01, закройте графическое изображение (нажатием клавиши «Закреть») и переведите программу в режим «Проверка». Нажмите кнопку «Скопировать из обучающих примеров», а затем – кнопку «Вычислить». В появившемся окне (рис. 4) вы можете сравнить желаемые выходы сети (d1) с тем, что насчитал обученный вами персептрон (y1). Например, как видно из первой строки, вместо того, чтобы выдать

$2 \times 1 = 2$, персептрон ответил: $2 \times 1 = 2,0901$. Ошибка обучения ε_L на этом примере составила: $|2,0902 - 2| = 0,0902$, что в процентах (относительно максимального значения выхода сети $\max(d1) = 27$ составляет: $\frac{0,0902}{27} \times 100\% = 1,003\%$.

Аналогично можно подсчитать ошибку обучения на втором примере: $\frac{|4,0617 - 4|}{27} \times 100\% = 0,002\%$, затем на третьем и т.д., а затем выбрать максимальную по всем примерам относительную ошибку обучения персептрона. Значение этой ошибки можно увидеть в нижней части рабочего окна: 1,05%.

После того, как Вы нашли максимальную ошибку обучения персептрона, нажмите клавишу «Сбросить примеры», а затем – клавишу «Добавить строку» введите пример, которого не было в обучающем множестве: $2 \times 5 = 10$, после чего нажмите кнопку «Вычислить».

Ответ изображен на рис. 5. Ошибка обобщения ε_T составила 0,93%.

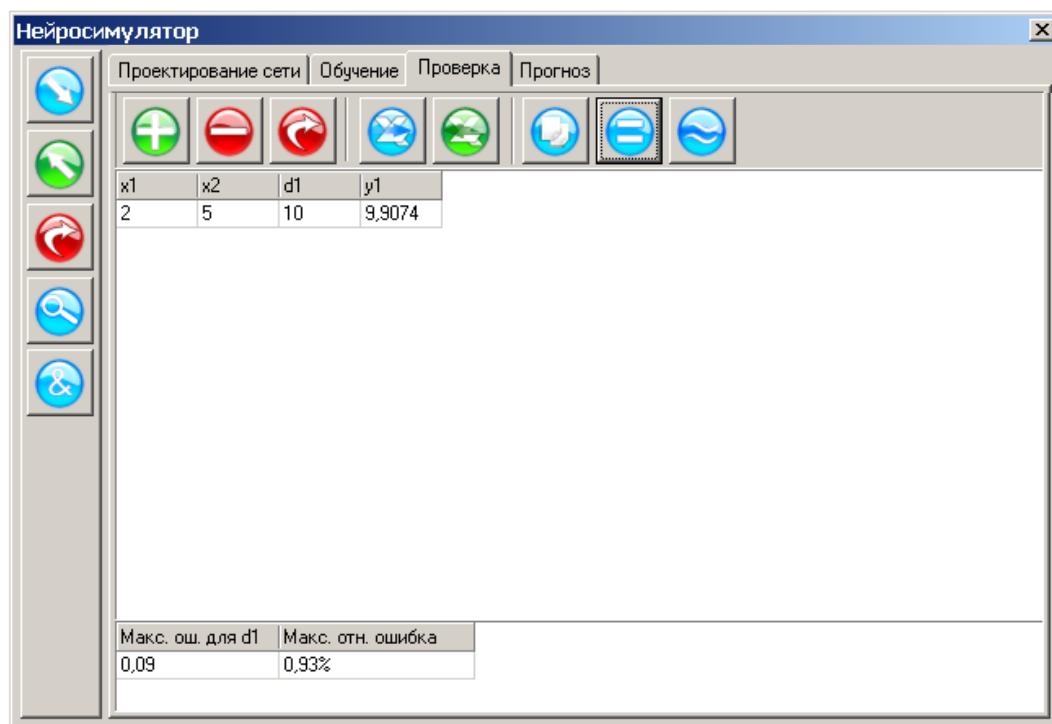


Рис. 5. Сеть ответила, что дважды пять будет примерно 9,9074

Более хороших результатов можно добиться, воспользовавшись следствием из теоремы Арнольда – Колмогорова – Хехт-Нильсена (формулы (3.23), (3.24) [1]). Подставляя в формулу (3.23) [1] число входных нейронов $N_x = 2$, число выходных нейронов $N_y = 1$ и количество обучающих примеров $Q = 18$, получим оценку необходимого количества синаптических связей нейросети:

$$3,48 \leq N_w \leq 41.$$

Применение формулы (3.24) [1] дает оценку необходимого количества

скрытых нейронов:

$$1,2 \leq N \leq 13,7.$$

Как видим, интервал допустимых значений N получился весьма широким. Выберем значение N посередине полученного интервала:

$$N = \frac{1,2 + 13,7}{2} \approx 7.$$

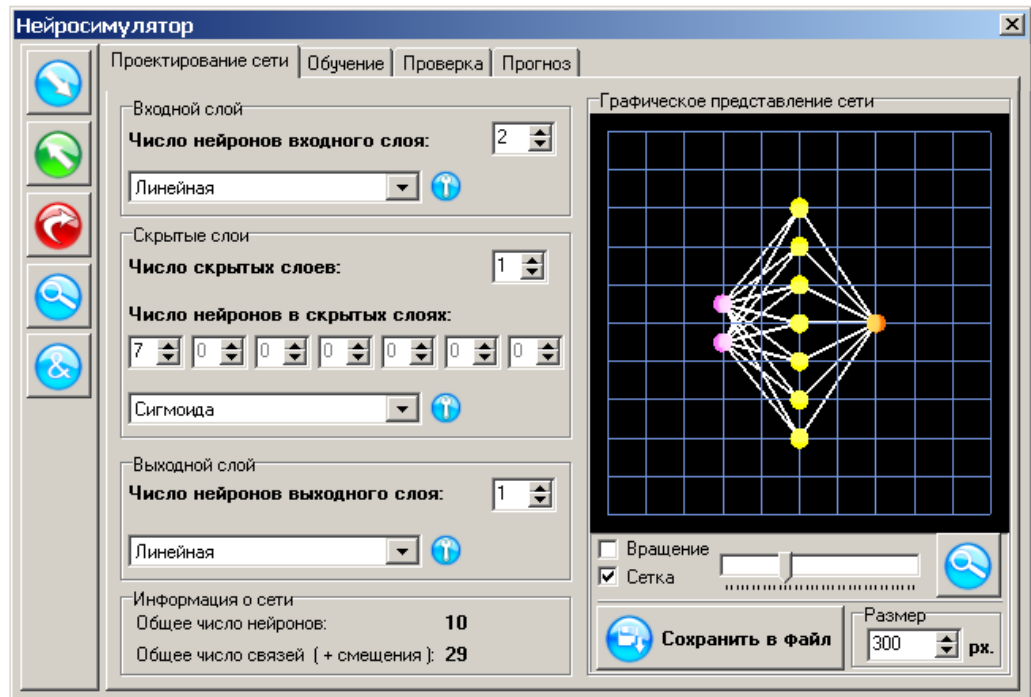


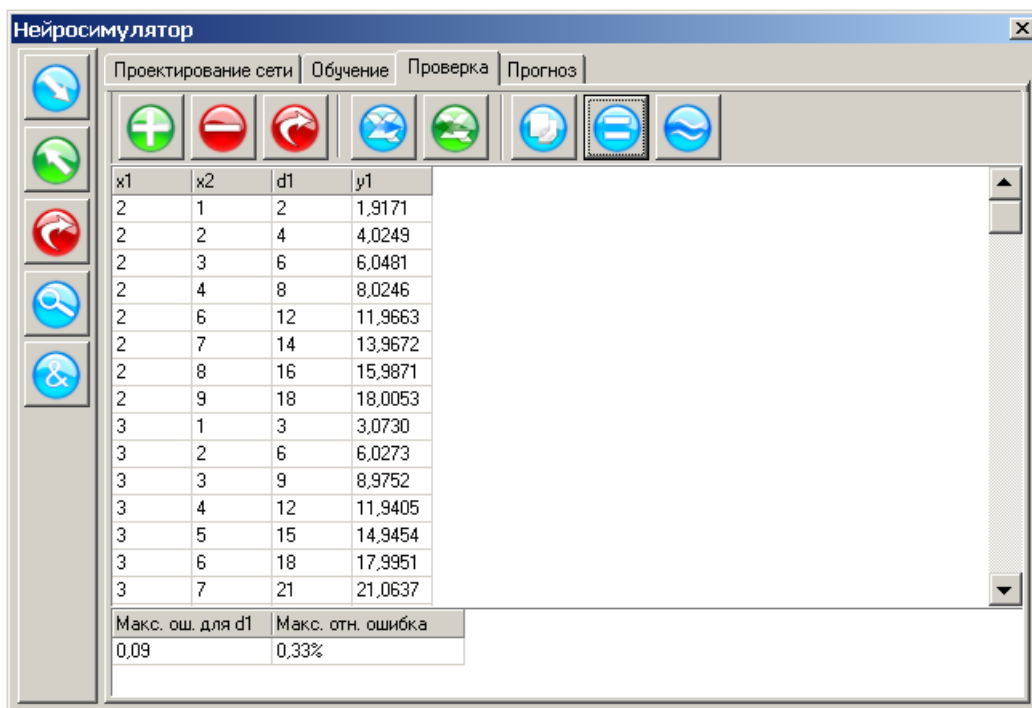
Рис. 6. Структура сети с семью нейронами скрытого слоя



Рис. 7. Графическое отображение процесса обучения сети с семью нейронами скрытого слоя

Вернувшись в режим «Проектирование сети», увеличим количество нейронов скрытого слоя до семи (рис. 6). Затем, выполняя обучение сети

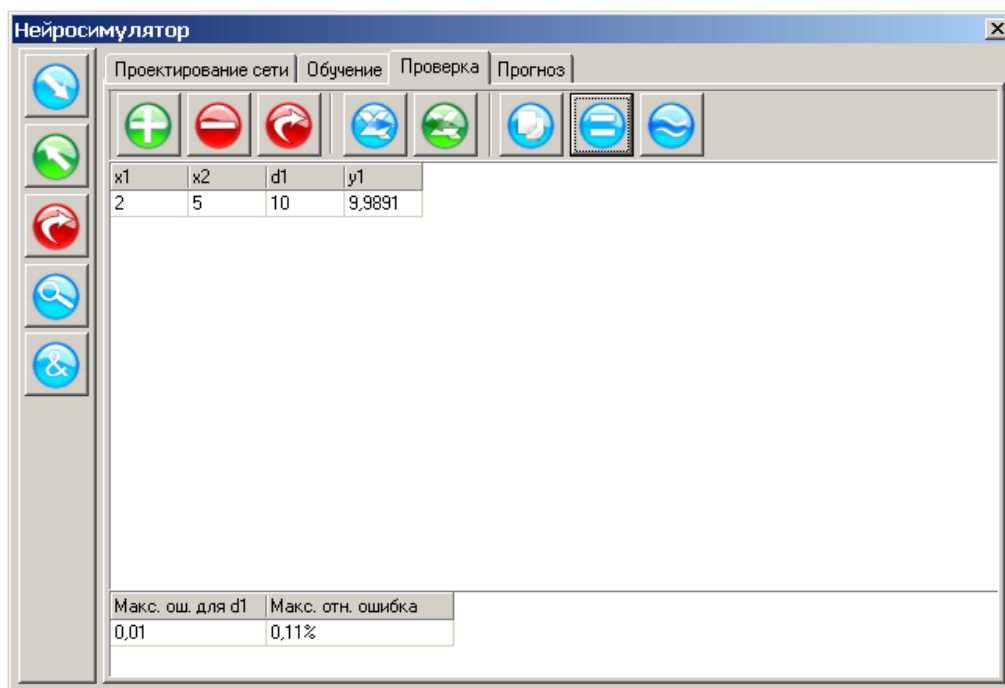
(рис. 7) и проверку ее прогнозирующих свойств, получаем значительно более хороший результат, приведенный на рис. 8 и рис. 9, из которых видно, что ошибка обучения сети ε_L снизилась до 0,33%, а ошибка обобщения ε_T снизилась до 0,11%.



x1	x2	d1	y1
2	1	2	1,9171
2	2	4	4,0249
2	3	6	6,0481
2	4	8	8,0246
2	6	12	11,9663
2	7	14	13,9672
2	8	16	15,9871
2	9	18	18,0053
3	1	3	3,0730
3	2	6	6,0273
3	3	9	8,9752
3	4	12	11,9405
3	5	15	14,9454
3	6	18	17,9951
3	7	21	21,0637

Макс. ош. для d1	Макс. отн. ошибка
0,09	0,33%

Рис. 8. Результат работы сети с 7-ю нейронами скрытого слоя. Ошибка обучения составила: $\varepsilon_L = 0,33\%$



x1	x2	d1	y1
2	5	10	9,9891

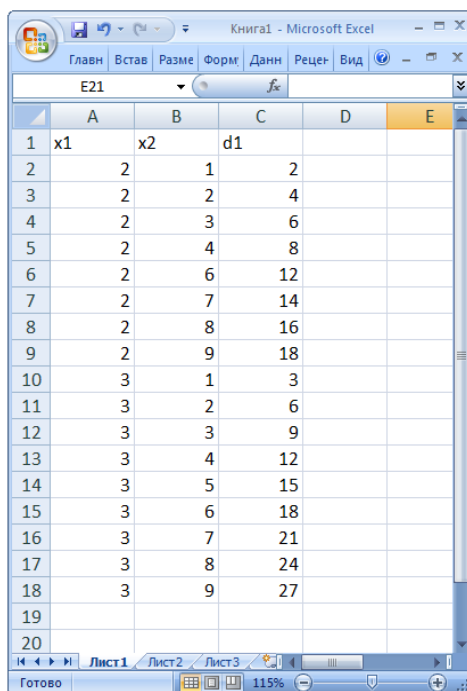
Макс. ош. для d1	Макс. отн. ошибка
0,01	0,11%

Рис. 9. Результат работы сети с 7-ю нейронами скрытого слоя. Ошибка обобщения составила: $\varepsilon_T = 0,11\%$

И в заключение, нажмите кнопку «Вычислить и округлить». Результат будет следующим: $2 \times 5 = 10,0$. Как помните, этого примера не было в обучающем множестве примеров. Персептрон сам «догадался», сколько будет дважды пять, блестяще проявив свои обобщающие свойства, которые он унаследовал от своего прототипа – человеческого мозга [1].

В программе «Нейросимулятор» предусмотрена возможность обмена данными с приложением Microsoft Excel. Для этого в режимах «Обучение», «Проверка» и «Прогноз» имеются кнопки «Загрузить из Excel-файла» и «Отправить в Excel-файл». Благодаря этому, имеется возможность использовать редактор Microsoft Excel, в частности – готовить в нем обучающие и тестирующие примеры, а также обрабатывать результаты нейропрогнозов, используя графические возможности Microsoft Excel.

Например, множество обучающих примеров таблицы умножения, приведенное на рис. 2, можно было предварительно подготовить в редакторе Microsoft Excel (см. рис. 10), а затем загрузить его в программу «Нейрсимулятор» в режиме «Обучение» нажав клавишу «Загрузить из Excel-файла».



	A	B	C	D	E
	x1	x2	d1		
1					
2	2	1	2		
3	2	2	4		
4	2	3	6		
5	2	4	8		
6	2	6	12		
7	2	7	14		
8	2	8	16		
9	2	9	18		
10	3	1	3		
11	3	2	6		
12	3	3	9		
13	3	4	12		
14	3	5	15		
15	3	6	18		
16	3	7	21		
17	3	8	24		
18	3	9	27		
19					
20					

Рис. 10. Множество обучающих примеров таблицы умножения на 2 и на 3, подготовленное в редакторе Microsoft Excel

Режим «Прогноз» отличается от режима «Проверка» тем, что в нем не требуется указывать желаемый выходные сигналы персептрона. Соответственно, не вычисляется и разница между желаемыми и действительными значениями (погрешность). В этом режиме персептрон выполняет прогнозирование – вычисляет выходные значения, используя вводимые пользователем компоненты входного вектора X .

Более подробную инструкцию по работе с программой «Нейросимулятор», а также примеры ее применения для решения широкого круга практи-

ческих задач вы найдете в книгах [1] и [2].

Литература

1. Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 240с.
2. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. Искусственный интеллект. Элективный курс: Методическое пособие по преподаванию. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 216с.