

Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»  
Кафедра «Вычислительная техника и компьютерная графика»

## АЛГОРИТМ ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ

Лабораторная работа №11

ЛР 09.04.01.МРО.08.01.МО921ИВС

Выполнил студент гр. МО921ИВС	_____	А.Ю. Панченко
Проверил доцент, к.ф.-м.н.	_____	Ю.В. Пономарчук

Цель работы: изучение и применение метода обратного распространения ошибки для обучения многослойной бинарной однородной нейронной сети.

## **1 УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ**

Просчитать одну итерацию цикла обучения методом обратного распространения ошибки многослойной бинарной неоднородной нейронной сети, состоящей из 2 слоёв, причем в первом слое находится 2 нейрона и используется пороговая функция активации ( $T = 0,6$ ), а во втором – 1, гиперболический тангенс ( $k = 2$ ). В качестве обучающей выборки использовать таблицу истинности для операции «стрелка Пирса» (не использовать первую строчку таблицы). Синаптические веса задать случайным образом.

### **1.1 Описание процесса решения**

Для обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки необходимо:

1. Графически отобразить структуру нейронной сети. Определить размерность и количество матриц синаптических весов (для каждого слоя своя матрица).
2. Определить обучающую выборку, представив ее в табличном виде.
3. Выбрать входные данные, на которых будет рассматриваться итерация цикла обучения.
4. Следуя алгоритмы обучения методом обратного обучения ошибки просчитать одну итерацию цикла и представить новые синаптические веса в матричном виде.

## **1 РЕШЕНИЕ**

По заданию нейронная сеть состоит из трех нейронов, два входных, один выходной, значит синаптических весов 6. Первый слой имеет пороговую функцию активации ( $T = 0,6$ ) и второй слой нейронов имеет функцию активации гиперболический тангенс ( $k = 2$ ).

На рисунке 1 показана структура рассматриваемой нейронной сети.

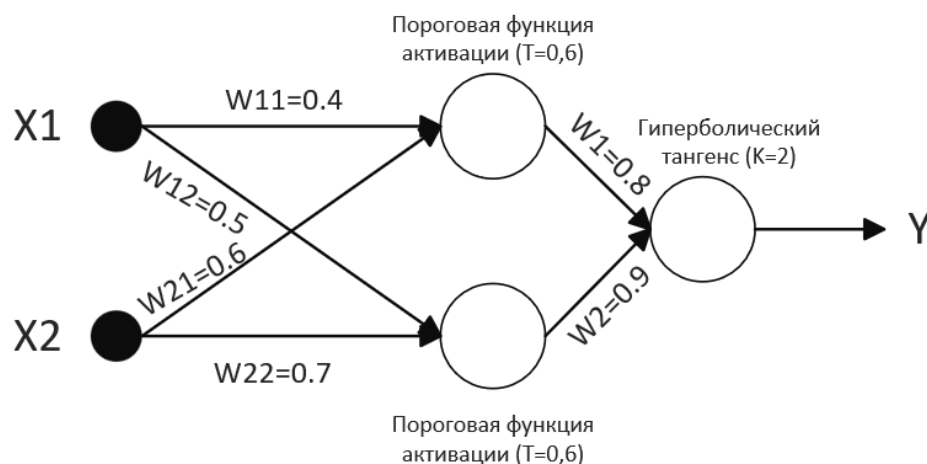


Рисунок 1 – Архитектура нейронной сети и выбранные случайным образом веса

Сеть бинарная, поэтому на ее входы могут подаваться только нули и единицы, так как входов 2, то возможных комбинаций входных значений будет 4 (обучающая выборка будет состоять из 3 векторов без первой строки). Выход нейронной сети, согласно заданию, соответствует оператору «стрелка Пирса». Поэтому таблица с обучающей выборкой будет выглядеть следующим образом:

$X_1$	$X_2$	$D$
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Пусть в качестве вектора обучения будет рассматриваться 1-ая строка таблицы.

Следуя алгоритму обучения по  $\Delta$ -правилу:

$W_{ij}(1)$	1	2
1	0.4	0.5
2	0.6	0.7

$W_g(1)$	1	2
	0.8	0.9

Вектор  $X = \{0,1\}$ ,  $D = \{0\}$ .

**Прямой проход:** вычисление в циклах выходов всех слоев и получение выходных значений нейронной сети (вектор  $Y$ ).

$$S_1 = x_1 \cdot w_{11} + x_2 \cdot w_{21} = 0 \cdot 0.4 + 1 \cdot 0.6 = 0.6;$$

$$S_2 = x_1 \cdot w_{12} + x_2 \cdot w_{22} = 0 \cdot 0.5 + 1 \cdot 0.7 = 0.7;$$

$$T = 0.6;$$

$$Y_1 = \begin{cases} 1, S_1 \geq T \\ 0, S_1 < T \end{cases} \Rightarrow 0.6 \geq 0.6 \Rightarrow Y_1 = 1;$$

$$Y_2 = \begin{cases} 1, S_2 \geq T \\ 0, S_2 < T \end{cases} \Rightarrow 0.7 \geq 0.6 \Rightarrow Y_2 = 1;$$

$$S_3 = Y_1 \cdot w_1 + Y_2 \cdot w_2 = 1 \cdot 0.8 + 1 \cdot 0.9 = 1.7;$$

$$k = 2;$$

$$\frac{S_3}{k} = \frac{1.7}{2} = 0.85;$$

$$e^{\frac{S_3}{k}} = e^{0.85} = 2.34;$$

$$e^{-\frac{S_3}{k}} = e^{-0.85} = \frac{1}{e^{0.85}} = 0.43;$$

$$Y = \frac{e^{\frac{S_3}{k}} - e^{-\frac{S_3}{k}}}{e^{\frac{S_3}{k}} + e^{-\frac{S_3}{k}}} = \frac{2.34 - 0.43}{2.34 + 0.43} = \frac{1.91}{2.77} = 0.69.$$

**Обратный проход:**

$$\eta = 0.7$$

$$\delta^2 = (d - Y) \cdot Y' = (d - Y) \cdot (1 - Y^2) = (0 - 0.69) \cdot (1 - 0.69^2) = -0.36$$

$$w_1(2) = w_1(1) + \eta \cdot \delta^2 \cdot Y_1 = 0.8 + 0.7 \cdot (-0.36) \cdot 1 = 0.547$$

$$w_2(2) = w_2(1) + \eta \cdot \delta^2 \cdot Y_2 = 0.9 + 0.7 \cdot (-0.36) \cdot 1 = 0.647$$

$$\delta_1^1 = \delta^2 \cdot w_1 = -0.36 \cdot 0.8 = -0.289$$

$$\delta_2^1 = \delta^2 \cdot w_2 = -0.36 \cdot 0.9 = -0.325$$

$$w_{11}(2) = w_{11}(1) + \eta \cdot \delta_1^1 \cdot x_1 = 0.4 + 0.7 \cdot (-0.289) \cdot 0 = 0.4$$

$$w_{12}(2) = w_{12}(1) + \eta \cdot \delta_1^1 \cdot x_1 = 0.5 + 0.7 \cdot (-0.289) \cdot 0 = 0.5$$

$$w_{21}(2) = w_{21}(1) + \eta \cdot \delta_2^1 \cdot x_2 = 0.6 + 0.7 \cdot (-0.325) \cdot 1 = 0.398$$

$$w_{22}(2) = w_{22}(1) + \eta \cdot \delta_2^1 \cdot x_2 = 0.7 + 0.7 \cdot (-0.325) \cdot 1 = 0.472$$

W <sub>ij</sub> (2)	1	2
1	0.4	0.5
2	0.398	0.472

W <sub>g</sub> (2)	1	2
	0.547	0.647

$$\varepsilon = \sum (d_i - y_i)^2 = (1 - 0.69)^2 = 0.477$$

Так как мы рассматриваем одну итерацию цикла обучения, в любом случае выходим из цикла.

**Вывод:** В результате выполнения одной итерации обучения методом обратного распространения ошибки для многослойной бинарной неоднородной нейронной сети имеющей 2 нейрона в первом слое с пороговой функцией активации ( $T = 0,6$ ) и одним нейроном во втором слое, имеющем функцию активации гиперболический тангенс ( $k = 2$ ), удалось скорректировать синаптические веса, что привело к улучшению приближения к целевому выходу операции «стрелка Пирса» с квадратичной ошибкой 0.477, которая при дальнейших итерациях обучения будет уменьшаться.