

# 1. Цель работы

Исследовать функционирование НС с радиальными базисными функциями (RBF) и обучить ее по правилу Видроу-Хоффа.

## 2. Постановка задачи

Получить модель булевой функции (БФ) на основе RBF-НС с двоичными входами  $x_1, x_2, x_3, x_4 \in \{0,1\}$ , единичным входом смещения  $\phi_0=1$ , синаптическими весами  $w_0, w_1, w_2, w_3, w_4$ , двоичным выходом  $y \in \{0,1\}$  с пороговой ФА выходного нейрона, J скрытыми RBF-нейронами с гауссовой ФА  $\phi: R \rightarrow (0, 1]$  и координатами центров  $c_{j1}, c_{j2}, c_{j3}, c_{j4}$  ( $j = 0,1,2,...J$ ). Для заданной БФ количество RBF-нейронов необходимо выбирать из соотношения  $J = \min\{J_0, J_1\}$ , где  $J_0, J_1$  – количество векторов  $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ , соответствующих значениям БФ «0» и «1». Центры RBF  $c^{(j)} = (c_{j1}, c_{j2}, c_{j3}, c_{j4})$  должны совпадать с концами этих векторов.

Требуется найти минимальный набор  $x$ , используемых для обучения.

## 3. Практическая часть

Моделируемая БФ:  $\overline{x_3}x_4\overline{x_1}x_2$

Таблица истинности:

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	T
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

\* Функции активации:

$$1) f(\text{net}) = \begin{cases} 1, & \text{net} \geq 0, \\ 0, & \text{net} < 0; \end{cases} \quad 3) f(\text{net}) = \frac{1}{1 + \exp(-\text{net})};$$

$$\eta = 0.3$$

$$w^{(0)}_0 = w^{(0)}_1 = w^{(0)}_2 = w^{(0)}_3 = w^{(0)}_4 = 0$$

$$C^0 = (0001)$$

$$C^1 = (0101)$$

$$C^2 = (1101)$$

В качестве обучающей выборки был взят минимальный набор из векторов, найденный в задании 1:

$$x^{(1)} = \{0,0,0,0\}$$

$$x^{(2)} = \{0,0,0,1\}$$

$$x^{(3)} = \{1,0,0,0\}$$

$$x^{(4)} = \{1,0,1,0\}$$

$$x^{(5)} = \{1,0,1,1\}$$

$$x^{(6)} = \{1,1,0,1\}$$

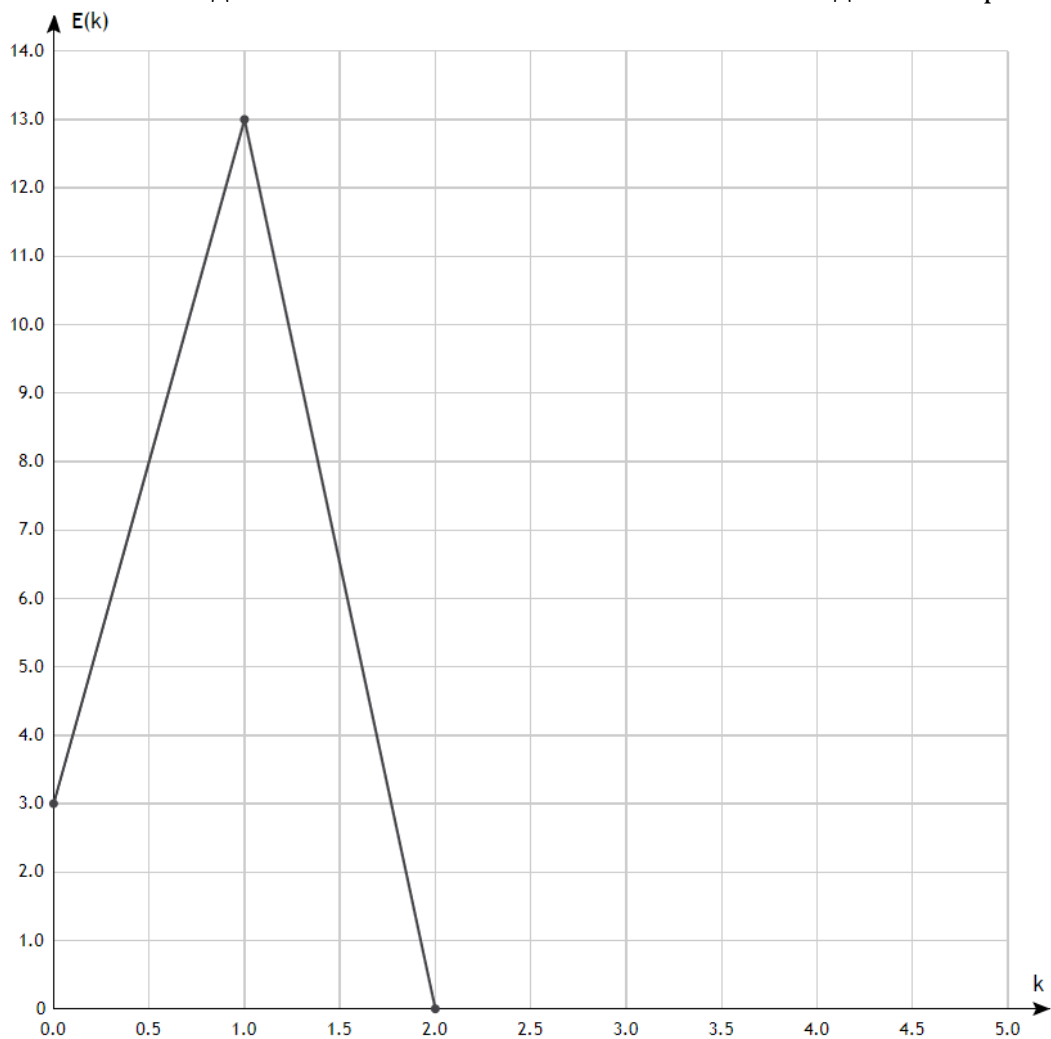
Пороговая функция активации										
Эпоха: 0	Вектор весов:	0,000	0,000	0,000	0,000	Вых. вектор y:	1111111111111111	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 3
Эпоха: 1	Вектор весов:	0,000	-0,285	-0,200	-0,285	Вых. вектор y:	0000000000000000	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 13
Эпоха: 2	Вектор весов:	0,300	-0,434	-0,255	-0,270	Вых. вектор y:	1011101111111011	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 0

---

Сигмоидальная функция активации										
Эпоха: 0	Вектор весов:	0,000	0,000	0,000	0,000	Вых. вектор y:	1111111111111111	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 3
Эпоха: 1	Вектор весов:	0,000	-0,071	-0,050	-0,071	Вых. вектор y:	0000000000000000	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 13
Эпоха: 2	Вектор весов:	0,075	-0,108	-0,063	-0,067	Вых. вектор y:	1011101111111011	Цел. вектор t:	1011101111111011	Суммар. ошибка: 0

**Рисунок 1.** Результат программы

Количество эпох для обоих ФА и количество ошибок на каждой эпохе равны.



**Рисунок 2.** График суммарной ошибки НС по эпохам обучения для пороговой и сигмоидальной ФА.

#### **4. Выводы**

Таким образом, было исследовано функционирование НС с радиальными базисными функциями (RBF) и данная НС обучена по правилу Видроу-Хоффа.