

Практическая работа №1

Исследование однослойных нейронных сетей на примере моделирования булевых выражений

Цель работы — исследовать функционирование простейшей нейронной сети (НС) на базе нейрона с нелинейной функцией активации и обучить её по правилу Видроу — Хоффа.

Постановка задачи. Получить модель булевой функции (БФ) на основе однослойной НС (единичный нейрон) с двоичными входами $x_1, x_2, x_3, x_4 \in \{0, 1\}$, единичным входом смещения $x_0 = 1$, синаптическими весами w_0, w_1, w_2, w_3, w_4 , двоичным выходом $y \in \{0, 1\}$ и заданной нелинейной функцией активации (ФА) $f: R \rightarrow (0, 1)$ (рис. 1.1).

Для заданной БФ (варианты см. в табл. 1.4) реализовать обучение НС с использованием:

- 1) всех комбинаций переменных x_1, x_2, x_3, x_4 ;
- 2) части возможных комбинаций переменных x_1, x_2, x_3, x_4 ;

остальные комбинации являются тестовыми.

Получим нейросетевую модель БФ (табл. 1.1):

$$F_{(x_1, x_2, x_3, x_4)} = x_3 x_4 + \overline{x_1} + \overline{x_2}$$

Таблица 1.1

Таблица истинности БФ

x_1	x_2	x_3	x_4	$F = (X3 * X4) + !X1 + !X2$
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1



Рис. 1. График суммарной ошибки НС по эпохам обучения (пороговая ФА).

Этап 2:

Использование логистической функции активации, обучение ИНС ведется с использованием всех комбинаций переменных x_1, x_2, x_3, x_4

[illegible]



Рис. 2. График суммарной ошибки НС по эпохам обучения (сигмоидальная ФА).

Этап 3:

Обучение НС с использованием части комбинации переменных x_1, x_2, x_3, x_4 используя пороговую ФА. Последовательно увеличивая выборку количества векторов, найдем наименьшее количество необходимых для обучения векторов.

Минимальный набор обучающих векторов:

$$x^{(1)} = (0, 0, 0, 1); x^{(2)} = (0, 1, 1, 0); x^{(3)} = (1, 0, 1, 0); x^{(4)} = (1, 1, 1, 0)$$

Вектор синаптических коэффициентов:

$$W = [2.4, -1.5, -1.2, 0.3, 0.3]$$

Для обучения ИНС понадобилось 11 эпох.

Но- мер эпохи k	Вектор весов w	Выходной вектор y	Сум- марная ошиб- ка E
0	(0, 0, 0, 0, 0)	(1, 1, 1, 1)	4
1	(-1.2, -0.3, -0.3, -0.3, 0)	(0, 0, 1, 1)	12
...

11	(2.4, -1.5, -1.2, 0.3, 0.3)	(1, 1, 1, 0)	0
----	-----------------------------	--------------	---



Рис. 3. График суммарной ошибки НС по эпохам обучения с минимальным количеством наборов (пороговая ФА).

Этап 4:

Обучение НС с использованием части комбинации переменных x_1, x_2, x_3, x_4 используя сигмоидальную ФА. Последовательно увеличивая выборку количества векторов, найдем наименьшее количество необходимых для обучения векторов.

Минимальный набор обучающих векторов:

$$x^{(1)} = (0, 0, 0, 0); x^{(2)} = (0, 0, 1, 1); x^{(3)} = (1, 1, 0, 0); x^{(4)} = (1, 1, 0, 0)$$

Вектор синаптических коэффициентов:

$$W = [0.39667643530238905, -0.2982212040765382, -0.2982212040765382, 0.14559606755675975, 0.14559606755675975]$$

Для обучения ИНС понадобилось 3 эпохи.

Но- мер эпохи k	Вектор весов w	Выходной вектор y	Сум- марная ошиб- ка E
0	(0, 0, 0, 0, 0)	(1, 1, 1)	4
1	(-0.6, -0.15, -0.15, 0.0, 0.0)	(0, 0, 1)	12
...
3	(0.39667643530238905, - 0.2982212040765382, - 0.2982212040765382, 0.14559606755675975, 0.14559606755675975)	(1, 1, 0)	0



Рис. 4. График суммарной ошибки НС по эпохам обучения с минимальным количеством наборов (логистическая ФА).

Выводы:

В процессе лабораторной работы было исследовано функционирование простейшей нейронной сети на базе нейрона с нелинейной функцией активации и обучение ее по правилу Видроу – Хоффа. Были обучены НС с использованием пороговой и логистической ФА. А также произведено обучение с использованием части комбинаций переменных. В результате, НС

с использованием пороговой ФА была быстрее обучена на минимальном количестве наборов, чем на полных наборах. А НС с использованием логистической ФА была, наоборот, обучена за меньшее количество эпох на полных наборах.