

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ  
Факультет микроприборов и технической кибернетики (МПиТК)  
Кафедра информатики и программного обеспечения  
вычислительных систем (ИПОВС)

**Лабораторный практикум по курсу  
"Нейронные сети"**

Лабораторная работа 2.  
Нейрон Мак-Каллока — Питтса. Перцептрон.  
Логические нейронно-сетевые операции.

## 1. Предварительное ознакомление

Целью занятия является изучение методики создания и обучения простых нейронов, однослойной и многослойной нейронных сетей, а именно, нейрона Мак-Каллока-Питтса, однослойного и многослойного перцептронов для выполнения логических нейронно-сетевых операций, а в конечном итоге для решения задач классификации и аппроксимации функций.

В начале лабораторной работы следует обратиться к демонстрационным примерам, подготовленным в пакете MATLAB для самостоятельного ознакомления с нейронно-сетевым инструментарием (*Neural Network Toolbox*) и продемонстрировать понимание их реализации и функционирования.

Таковыми демонстрационными примерами, в частности, являются:

1. *nnd2n1* – программа, моделирующая функционирование простейшего однослойного перцептрона, имеющего один вход  $p$ , внешнее смещение  $b$  и функцию активацию  $F$ . «Память» в таком нейроне реализуется в форме единственного весового коэффициента  $w$  (рис. 1);
2. *nnd2n2* – программа, моделирующая функционирование простейшего однослойного перцептрона, имеющего два входа  $p_1$  и  $p_2$ , внешнее смещение  $b$  и функцию активацию  $F$ . В этом случае информация сохраняется в форме двух весовых коэффициентов  $w_1$  и  $w_2$  (рис. 2);
3. *nnd4n1* – программа, демонстрирующая способность перцептрона обеспечивать линейное разделение данных (пространства) и, в частности, реализовывать простейшие логические операции, например, операцию «И», «ИЛИ» и др.

Для того, чтобы запустить демонстрационные примеры, наберите имя функции в командном окне MATLAB и воспользуйтесь интерактивным режимом для выполнения заданий, которые приводятся ниже.

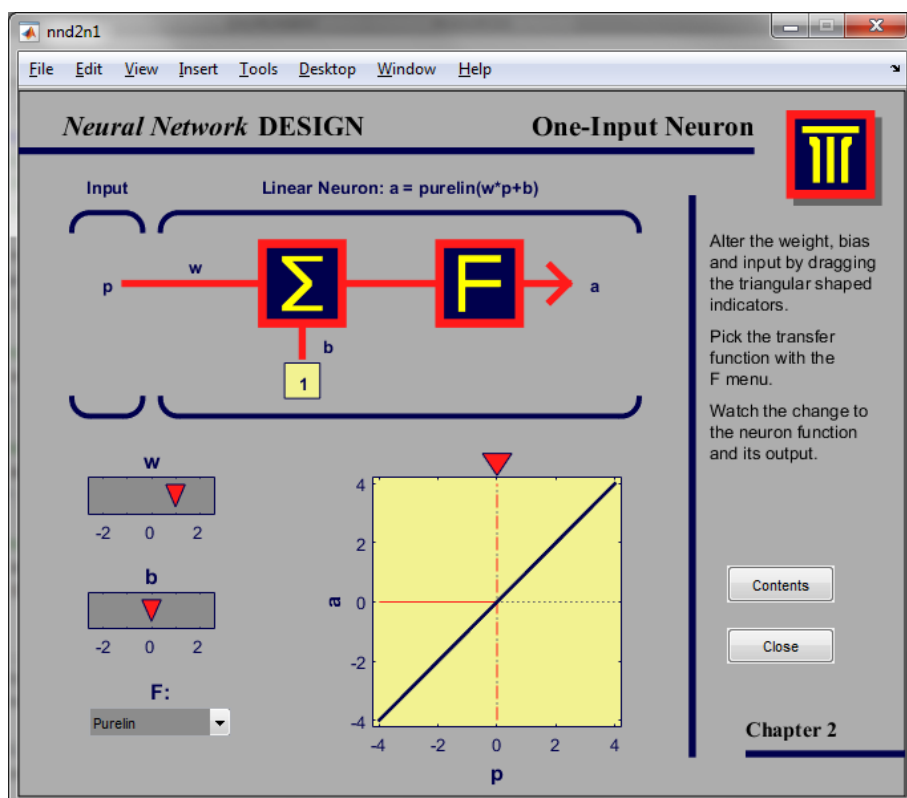


Рис. 1. Интерфейс демонстрационной программы *nnd2n1*

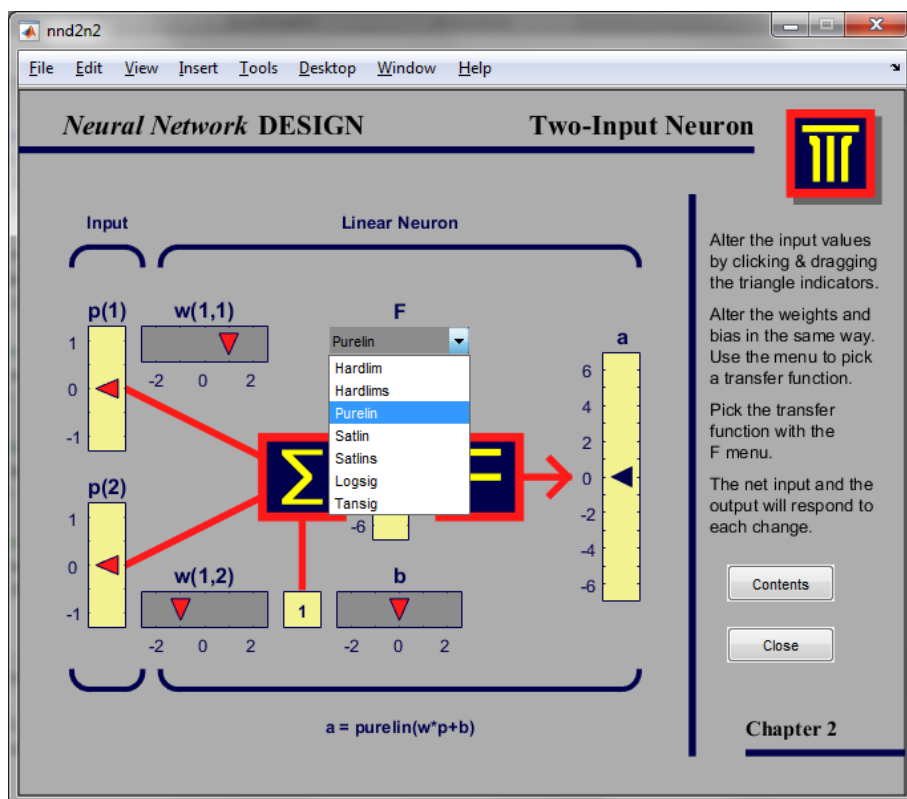


Рис. 2. Интерфейс демонстрационной программы *nnd2n2*

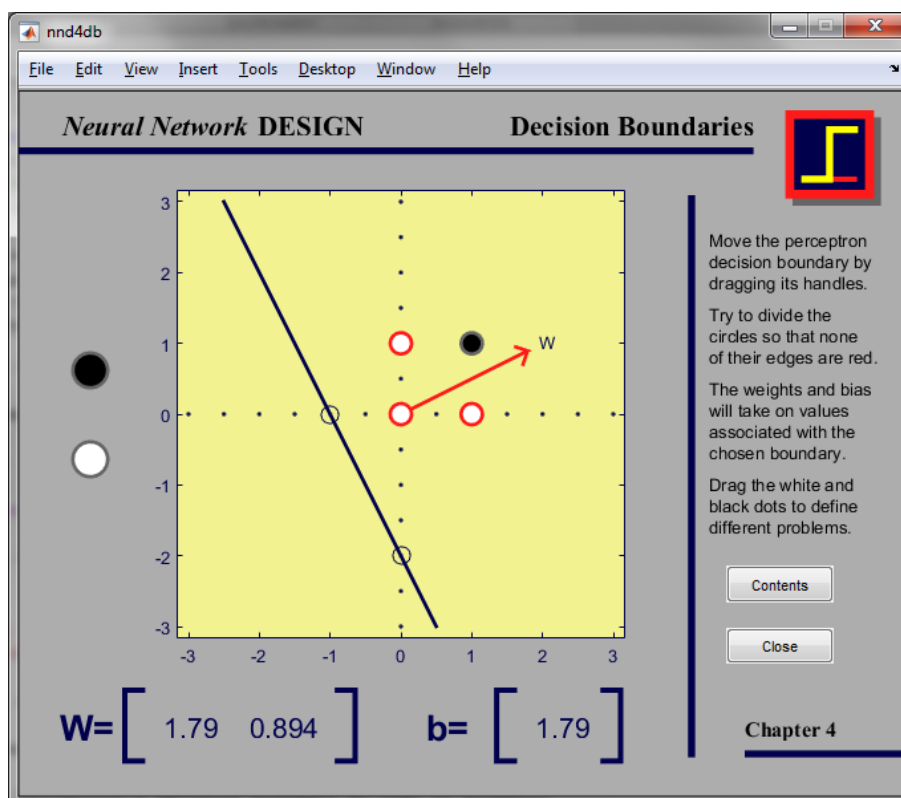


Рис. 3. Интерфейс демонстрационной программы *nnd4n1*

## 2. Задания по GUI-разделу

### 2.1. Функционирование простых нейронов. Перцептрон

В Лабораторной работе 1 были запрограммированы следующие функции активации нейрона: а) единичный скачок или пороговая функция; б) кусочно-линейная функция; в) сигмоидная функция; г) гиперболический тангенс. Какие функции активации используются в программе *nnd2n1* для моделирования простейшего однослойного перцептрона? Какие из этих функций имеют производные (наличие производной функции активации, как будет показано далее в лекционном курсе, позволяет использовать эффективный алгоритм обратного распространения ошибки для обучения нейронной сети).

### 2.2. Логическая нейронно-сетевая операция «И» (GUI-реализация)

Запустите программу *nnd2n2*. Варьируя двумя весовыми коэффициентами  $w_1$  и  $w_2$ , а также внешним смещением  $b$  и функцией активации  $F$ , создайте элемент «И» (конъюнкция, логическое умножение) в форме нейрона Мак-Каллока — Питтса. Дайте пояснение относительно выбора весовых коэффициентов  $w_1$  и  $w_2$ , внешнего смещения  $b$  и функции активации  $F$ .

### 2.3. Логическая нейронно-сетевая операция «ИЛИ» (GUI-реализация)

Запустите программу *nnd4n1*. Варьируя двумя весовыми коэффициентами  $w_1$  и  $w_2$ , а также внешним смещением  $b$ , создайте элемент «ИЛИ» (дизъюнкция, логическое сложение) в форме однослойного перцептрона. Поясните положение разделяющей границы.

### 3. Программная реализация

В рабочем каталоге находится программа *McCulloch\_Pitts\_OR.m*, реализующая вычисление логической функции «ИЛИ» с использованием нейрона Мак-Каллока-Питтса.

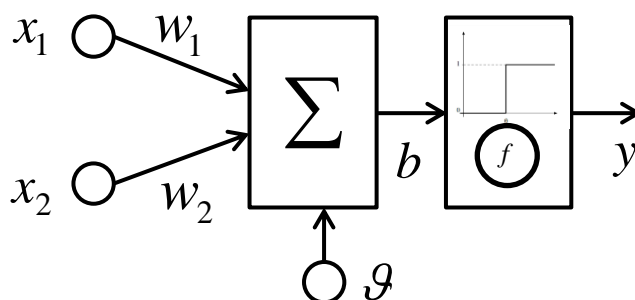


Рис. 4. Элемент «ИЛИ». Дизъюнкция (логическое сложение)

Изучите код программы и продемонстрируйте ее правильную работу.

Указание:  $x_1, x_2$  - входные бинарные сигналы  $x \in \{0, 1\}$ ;  $y \in \{0, 1\}$  – выходной бинарный сигнал.

Введите веса

Вес  $w_1 = 1$

Вес  $w_2 = 1$

Введите величину порога

Порог = 2

Значение на выходе нейрона

1      0      0      0

Нейрон не обучен.

Введите другие значения весовых коэффициентов и порога

Вес  $w_1 = 1$

Вес  $w_2 = 1$

Порог = 0.5

Значение на выходах и выходе нейрона

X1    0      0      1      1

X2    0      1      0      1

Y      0      1      1      1

Нейрон МакКаллока-Питтса для функции "ИЛИ" (англ. "OR")

Веса нейрона 1    1

Пороговое значение    0.5

### 4. Задания по разделу программной реализации

#### 4.1. Логическая нейронно-сетевая операция «И» (программная реализация)

Используя программу *McCulloch\_Pitts\_OR.m*, написать программу *McCulloch\_Pitts\_AND.m*, реализующую вычисление логической функции «И» с использованием нейрона Мак-Каллока-Питтса.

Указание:  $x_1, x_2$  - входные бинарные сигналы  $x \in \{0, 1\}$ ;  $y \in \{0, 1\}$  - выходной бинарный сигнал.

Вес  $w_1 = xx$

Вес  $w_2 = xx$

Порог =  $xx$

Значения на выходах и выходе нейрона

$x_1$	0	0	1	1
$x_2$	0	1	0	1
$y$	0	0	0	1

Нейрон МакКаллока-Питтса для функции "И" (англ. "AND")

Веса нейрона  $xx \quad xx$

Пороговое значение  $xx$

#### 4.2. Логическая нейронно-сетевая операция «И» в биполярной логике

Используя программу *McCulloch\_Pitts\_AND.m*, написать программу *McCulloch\_Pitts\_AND\_bipolar.m*, реализующую вычисление логической функции «И» с использованием нейрона Мак-Каллока-Питтса с биполярными входами и выходами.

Указание:  $x_1, x_2$  - входные биполярные сигналы  $x \in \{-1, +1\}$ ;  $y \in \{-1, +1\}$  - выходной бинарный сигнал.

Вес  $w_1 = xx$

Вес  $w_2 = xx$

Порог =  $xx$

Значение на выходах и выходе нейрона

$x_1$	-1	-1	1	1
$x_2$	-1	1	-1	1
$y$	-1	-1	-1	1

Нейрон МакКаллока-Питтса для функции "И" в биполярной ... логике

Веса нейрона  $xx \quad xx$

Пороговое значение  $xx$

### 4.3. Реализация логической операции «Исключающее-ИЛИ» (англ. XOR) с помощью 2-х слойного перцептрона

Используя программу ранее подготовленные коды, написать программу *McCulloch\_Pitts\_XOR.m*, реализующую нейросетевое вычисление логической функции «Исключающее ИЛИ» (англ. XOR).

Указание:  $x_1, x_2$  – входные бинарные сигналы  $x \in \{0, 1\}$ ;  $y \in \{0, 1\}$  – выходной бинарный сигнал. Значение порога  $\mathcal{G} = \Theta$  можно принять равным одному и тому же значению для всех слоёв. Для моделирования применить 2-х слойный перептрон с архитектурой 2-1-1.

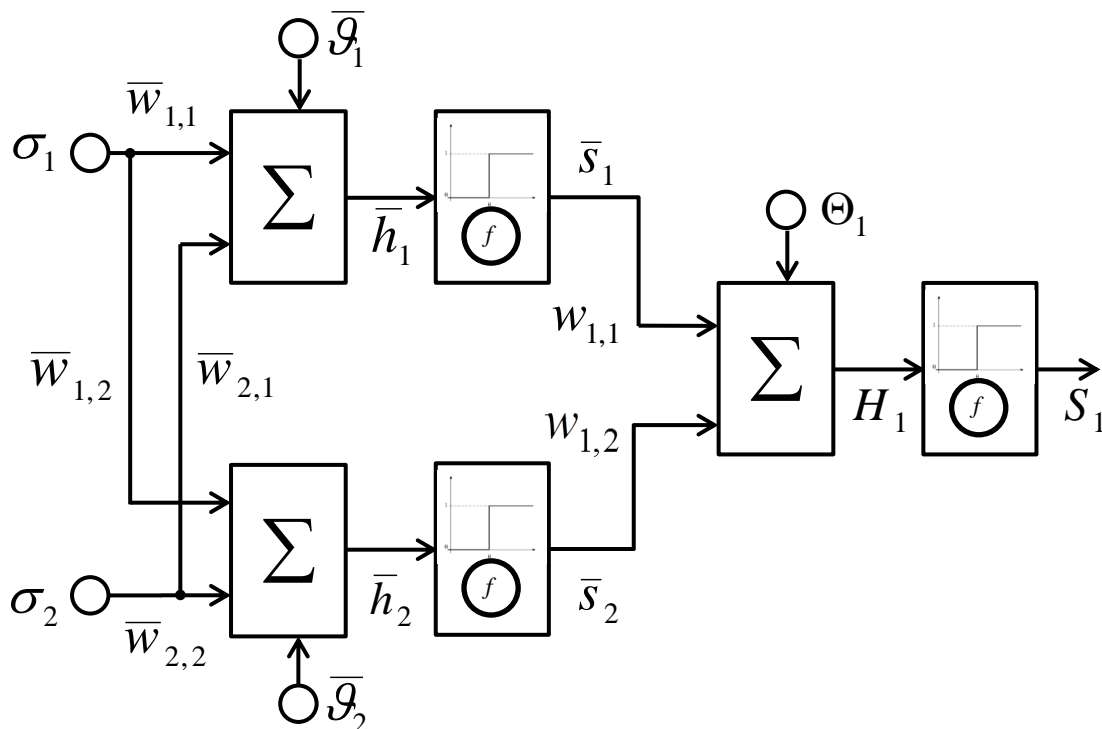


Рис. 5. Двухслойный перцептрон с архитектурой 2-1-1 для реализации логической операции «Исключающее ИЛИ»

Вес  $w_{11} = 1$  Вес  $w_{12} = -1$   $w_{21} = -1$  Вес  $w_{22} = 1$

Вес  $w_{11} = 1$  Вес  $w_{12} = 1$

Порог  $\Theta = 1$

Нейрон МакКаллока-Питса для функции бинарной функции XOR

Значения на входах и выходе сети

X1	0	1	0	1
X2	0	0	1	1
Y	0	1	1	0

## 4. Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс – Изд-во Вильямс, Москва, 2006. - 1104с.
2. Sivanandam S.N., Sumathi S., Deepa S.N. Introduction to neural networks using Matlab 6.0 – New Delhi: McGraw Hill, 2006. – 656 p.