

## 1. Цель работы

Исследовать процедуру обучения и функционирования рекуррентной нейронной сети (РНС) Хопфилда в качестве устройства автоассоциативной памяти.

## 2. Постановка задачи

Закодировать запоминаемые образы в виде биполярных матриц-паттернов размерности  $I \times J$  (рекомендуемое число пикселей  $IJ \sim 20 \dots 40$ ). Произвести векторизацию матриц. Провести настройку весов РНС Хопфилда согласно правилу ассоциативного обучения (Хебба). Задать функцию активации и реализовать алгоритм функционирования РНС Хопфилда в синхронном или асинхронном режиме. Протестировать РНС на запомненных эталонных образах. Проверит функционирование РНС Хопфилда на искаженных паттернах (изменены порядка 10% пикселей).

## 3. Практическая часть

	Режим работы РНС Хопфилда	Запоминаемые образы
	Асинхронный	0 2 7

Матрица весов:

0	-1	1	3	3	3	-3	1	-3	1	3	3	1	-1	1
-1	0	1	-1	-1	-1	1	-3	1	1	-1	-1	1	3	1
1	1	0	1	1	1	-1	-1	-1	3	1	1	3	1	3
3	-1	1	0	3	3	-3	1	-3	1	3	3	1	-1	1
3	-1	1	3	0	3	-3	1	-3	1	3	3	1	-1	1
3	-1	1	3	3	0	-3	1	-3	1	3	3	1	-1	1
-3	1	-1	-3	-3	-3	0	-1	3	-1	-3	-3	-1	1	-1
1	-3	-1	1	1	1	-1	0	-1	-1	1	1	-1	-3	-1
-3	1	-1	-3	-3	-3	3	-1	0	-1	-3	-3	-1	1	-1
1	1	3	1	1	1	-1	-1	-1	0	1	1	3	1	3
3	-1	1	3	3	3	-3	1	-3	1	0	3	1	-1	1
3	-1	1	3	3	3	-3	1	-3	1	3	0	1	-1	1
1	1	3	1	1	1	-1	-1	-1	3	1	1	0	1	3
-1	3	1	-1	-1	-1	1	-3	1	1	-1	-1	1	0	1
1	1	3	1	1	1	-1	-1	-1	3	1	1	3	1	0

Рисунок 1. Матрица весов

Рабочие вектора длины 15:

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1); \\ X^{(2)} &= (1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 1); \\ X^{(3)} &= (1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1); \end{aligned}$$

```

_____ Подача рабочих векторов на вход_____

Вход нейронной сети:

$$$
$ $
$ $
$ $
$$$

Результат работы нейронной сети:

$$$
$ $
$ $
$ $
$$$

Вход нейронной сети:

$$$
  $
$$$
$
$$$

Результат работы нейронной сети:

$$$
  $
$$$
$
$$$

```

**Рисунок 2.** Подача рабочих векторов на вход

```

Вход нейронной сети:

$$$
  $
  $
$
$

Результат работы нейронной сети:

$$$
  $
  $
$
$

```

**Рисунок 3.** Подача рабочих векторов на вход

Искаженные вектора длины 15:

$$\begin{aligned}\tilde{X}^{(1)} &= (-1,-1,1,1,1,1,-1,-1,-1,1,1,1,1,1,1); \\ \tilde{X}^{(2)} &= (-1,-1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,1,1,-1,-1); \\ \tilde{X}^{(3)} &= (1,-1,-1,1,-1,1,-1,1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1);\end{aligned}$$

```

____Подача искаженных векторов на вход____
Вход нейронной сети:
  $$
   $
$ $
$ $
$$$

Результат работы нейронной сети:
$$$
$ $
$ $
$ $
$$$

Вход нейронной сети:
  $$
   $
$$$
$
$$

Результат работы нейронной сети:
$$$
  $
$$$
$
$$$

```

**Рисунок 4.** Подача искаженных векторов на вход

```

Вход нейронной сети:
$$$
  $
$

Результат работы нейронной сети:
$$$
  $
$
$
$

```

**Рисунок 5.** Подача искаженных векторов на вход

## **4. Вывод**

Таким образом, была исследована процедура обучения и функционирования рекуррентной нейронной сети (РНС) Хопфилда в качестве устройства автоассоциативной памяти.