

## Лабораторная работа №5 Сеть Хемминга

**Задача** - обучить сеть Хемминга идентифицировать свои инициалы (3 буквы).

1. Подготовить образцы: эталонные образцы выбранных букв, «зашумленные» изображения, изображение дополнительной буквы. Преобразовать образцы в бинарные вектора.

2. Определить гиперпараметры сети: количество распознаваемых образов  $K$  – эталонных образцов, количество нейронов  $M$ , количество эпох обучения. Активационная функция

$$y = f(s) = \begin{cases} 0, & s < 0 \\ s, & 0 \leq s < T, \quad T = \frac{M}{2} \\ T, & s \geq T \end{cases}$$

2. На основе загружаемых изображений-образцов сформировать бинарную матрицу эталонных изображений  $X = \{x_{ij}\}$ ,  $i=1, \dots, K$ ,  $j=1, \dots, M$ .

3. Определить размерность и инициализировать матрицу начальных весов  $W$  первого слоя по правилу

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{2}.$$

4. Определить матрицу весов обратных связей нейронов второго слоя в виде элементов квадратной матрицы размера  $K \times K$ :

$$\varepsilon_{jp} = \begin{cases} 1, & j = p, \\ -\varepsilon, & j \neq p \end{cases} \quad \varepsilon \in (0, \frac{1}{K}]$$

5. Установить максимально допустимое значение нормы разности выходных векторов на двух последовательных итерациях  $E_{\max}$ , требующееся для оценки стабилизации решения. Обычно достаточно принимать  $E_{\max} = 0,1$ .

6. Протестировать работу сети:

6.1 На входы сети подается зашумленный вектор сигналов  $x^*$  (оригинальная или поддельная подпись)

6.2 Рассчитываются состояния и выходные значения нейронов первого слоя. Для расчета состояний нейронов используется соотношение:

$$s_{1j} = \sum_{i=1}^M w_{ij} x_i^* + T$$

6.3 Для расчета выходов нейронов первого слоя  $y_1$  к полученным значениям состояний применяется активационная функция (п. 1).

6.4 Выходам нейронов второго слоя в качестве начальных величин присваиваются значения выходов нейронов первого слоя, полученные на предыдущем шаге:

$$y_2^{(0)} = y_1$$

6.5 Для каждой итерации рассчитываются новые значения состояний и выходов нейронов второго слоя. Состояния нейронов определяются по соотношению:

$$s_{2j}^{(q+1)} = y_{2j}^{(q)} - \varepsilon \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq j}}^K y_{2p}^{(q)}$$

Новые выходные значения  $y_2^{(q+1)}$  определяются в результате применения пороговой активационной функции к соответствующим состояниям нейронов  $s_2^{(q+1)}$ .

6.6 Цикл в п. 6.5 повторяется до стабилизации выходного вектора в соответствии с условием:

$$||y^{(q+1)} - y^{(q)}|| \leq E_{max}$$

7. Результат работы сети — вывод класса (буква), к которому относится загружаемое изображение, либо сообщение, что изображение не идентифицировано. Также возможен вывод вероятности ошибки в процентах.