

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. СЕТИ И СИСТЕМЫ**

УДК 621.397

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В ДВУНАПРАВЛЕННОЙ АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ**

*Жээнбеков А.А., кандидат технических наук, доцент, Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Ельцина, 720045, Кыргызская Республика, г.Бишкек, пр.Чуй, 44, e-mail: [aaieenbekov@gmail.com](mailto:aaieenbekov@gmail.com)*

*Сарыбаева А.А., и.о.доцента, Институт электроники и телекоммуникаций при Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г.Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: [aasarybaeva@mail.ru](mailto:aasarybaeva@mail.ru).*

В данной работе предлагается метод распознавания изображений в с использованием алгоритма ортогональных проекций для улучшения производительности двунаправленной ассоциативной памяти. Проведено исследование эффективности предложенного метода, реализованного в виде программы, на примере решения задачи распознавания изображений при различной степени искажения. Результаты сравнительного анализа показателей точности распознавания в сопоставлении с показателями предыдущих исследований с использованием существующих алгоритмов распознавания изображений подтверждает, что предложенный метод обеспечивает достаточно большую точность распознавания и в среднем точность распознавания достигла до 90% даже при распознавании изображений, искаженных до 20%. А также предложена оптическая схема двунаправленной ассоциативной памяти для решения задач распознавания изображений. За счет использования голографической пластинки в качестве синаптической матрицы и двух жидкокристаллических пространственно-временных модуляторов света можно увеличить емкость памяти. Результаты проведенных экспериментов по распознаванию изображений размером 512x512 пикселей показывают, что точность распознавания увеличилась в 1,6 раза по сравнению с результатами предыдущих экспериментов. Предложенный метод распознавания изображений позволяет повысить как устойчивость к шуму, так и скорость работы двунаправленной ассоциативной памяти.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, двунаправленная ассоциативная память, фурье-голограммы, распознавание изображений.

**AN ACCURACY ASSESSMENT OF IMAGE RECOGNITION  
IN TWO-DIRECTIONAL ASSOCIATIVE MEMORY**

*Jeenbekov A.A., Ph.D., Associate Professor, Kyrgyz-Russian Slavic University, 720045, Kyrgyz Republic, Bishkek city, Chui Ave., 44, e-mail: [aaieenbekov@gmail.com](mailto:aaieenbekov@gmail.com)*

*Sarybaeva A.A., Institute of Electronics and Telecommunications, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, 720044, Kyrgyz Republic, Bishkek city, Ch.Aitmatov Ave., 66, e-mail: [aasarybaeva@mail.ru](mailto:aasarybaeva@mail.ru).*

In this paper, we propose a method for recognizing images using the orthogonal projection algorithm to improve the performance of bidirectional associative memory. The efficiency of the proposed method realized in the form of a program is investigated using the example of solving the problem of image recognition at various degrees of distortion. The results of a comparative analysis of the accuracy of recognition in comparison with the previous studies using existing image recognition algorithms confirm that the proposed method provides a sufficiently high recognition accuracy and, on average, the recognition accuracy reaches up to 90% even when recognizing

images distorted to 20%. Also, an optical scheme of bidirectional associative memory for image recognition is proposed. By using a holographic plate as a synaptic matrix and two liquid-crystal space-time light modulators, memory capacity can be increased. The results of the experiments on recognition of images with a size of 512x512 pixels show that the recognition accuracy increased 1.6 times in comparison with the results of previous experiments.

**Key words:** neural network, bi-directional associative memory, Fourier holograms, image recognition.

**Введение**

В последние годы внимание исследователей уделено проблемам создания систем распознавания изображений на принципах нейронных сетей, так как использование принципов нейронных сетей может привести к улучшению качества распознавания. Как показывают результаты исследований [1, 3], среди таких систем по производительности особо выделяется двунаправленная ассоциативная память (ДАП) и она совместима с оптическими системами. Как отмечалось в работах [3-4] двунаправленная ассоциативная память отличается не только вышеуказанными достоинствами, а также можно выделить следующий недостаток: относительно низкую точность распознавания, хотя процесс формирования синаптических весов взаимосвязи самый простой и быстрый. Для решения данной проблемы предложен метод ускорения скорости алгоритма распознавания изображений в двунаправленной ассоциативной памяти, а также сравнительная количественная оценка достоверности распознавания.

**1. Модель двунаправленной ассоциативной памяти**

В работах [1, 5] было предложено модифицированная модель двунаправленной ассоциативной памяти (МДАП) на принципах нейронных сетей (рис.1).

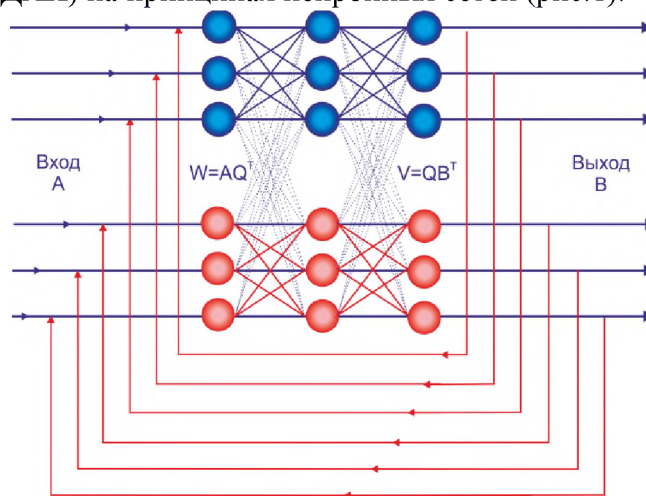


Рисунок 1. Структурная схема модифицированной двунаправленной ассоциативной памяти

Как показано на рис.1, МДАП содержит нейронные слои *A* и *B*, соединенные синаптическими матрицами *W* и *V*. Нами предлагается использовать промежуточную ортогональную матрицу *Q* (2) для ассоциативного связывания нейронные слои *A* и *B*:

$$W = A \cdot Q^T ; V = Q \cdot B^T \tag{1}$$

где *Q* - промежуточная ортогональная матрица размером *n*×*n*:

$$Q = 1 - 2 \cdot u \cdot u^T , \tag{2}$$

а *u* - вектор из *n* компонент, представленный в виде  $u_i = 1/n^{1/2}$ .

Восстановление векторов изображений *A* и *B* в процессе распознавания изображений выражено в виде следующей формулы:

$$\begin{aligned} B &= f^*(A^t \cdot W) \cdot V \\ A &= f^*(B^t \cdot V^t) \cdot W^t \end{aligned} \quad (3)$$

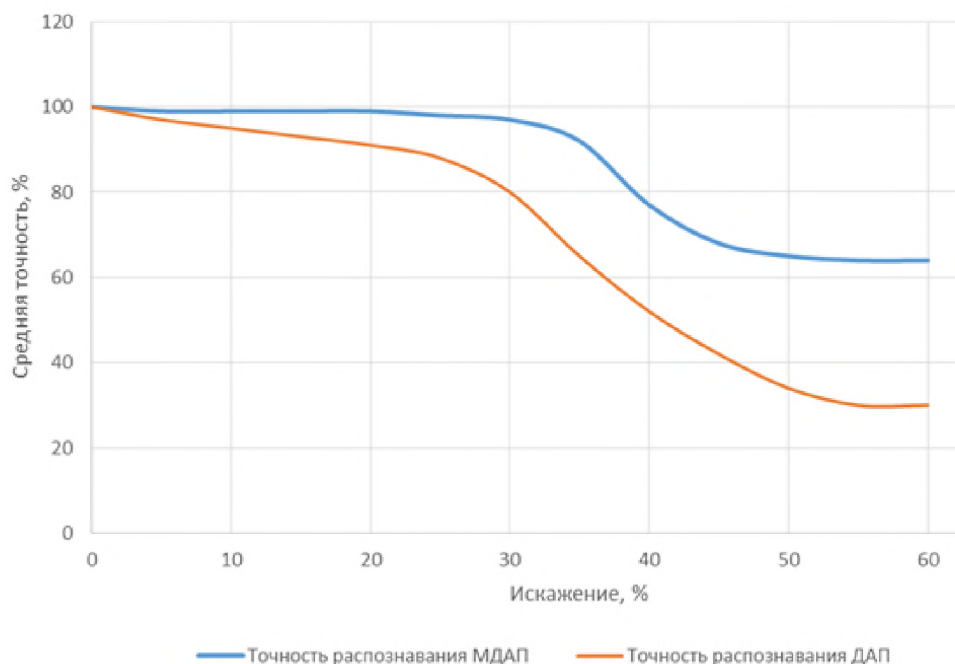
Наличие скрытого слоя нейронов и использование порогового фильтра, выраженного в следующем виде:

$$f^*(x) = \begin{cases} 1 - 2 \cdot u_i^2, & \text{при } x \geq 0, \\ -2 \cdot u_i^2, & \text{при } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

увеличивает точность распознавания изображений, и точность так же обеспечивается при достижении минимального значения среднеквадратической ошибки.

Было проведено исследование эффективности предложенной модели двунаправленной ассоциативной памяти на примере решения задачи распознавания искаженных изображений. Для оценки эффективности предложенного метода проведен сравнительный анализ показателей точности с результатами предыдущих исследований, в которых использовались стандартные алгоритмы распознавания изображений. В результате сопоставления данных сделали вывод об эффективности предложенного метода: он обеспечивает достаточно большую точность распознавания и в среднем точность распознавания достигла до 90% (90-95% успешно распознанных изображений). А также подтверждена, что точность распознавания зависит не только от степени искаженности изображения (рис. 2а), но и от количества обучающей выборки (рис. 2б), наилучшая точность достигается при искажении изображений до 20%.

Результаты моделирования



а)



б)

Рисунок 2. Результаты сравнительного анализа точности распознавания изображений: а) в зависимости от степени искажений; б) в зависимости от количества обучающей выборки

Для того чтобы улучшить показатели точности распознавания изображений предложена схема оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти.

### 2. Схема оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти

Предложена принципиальная оптическая схема распознавания изображений на принципах двунаправленной ассоциативной памяти (рис.3).

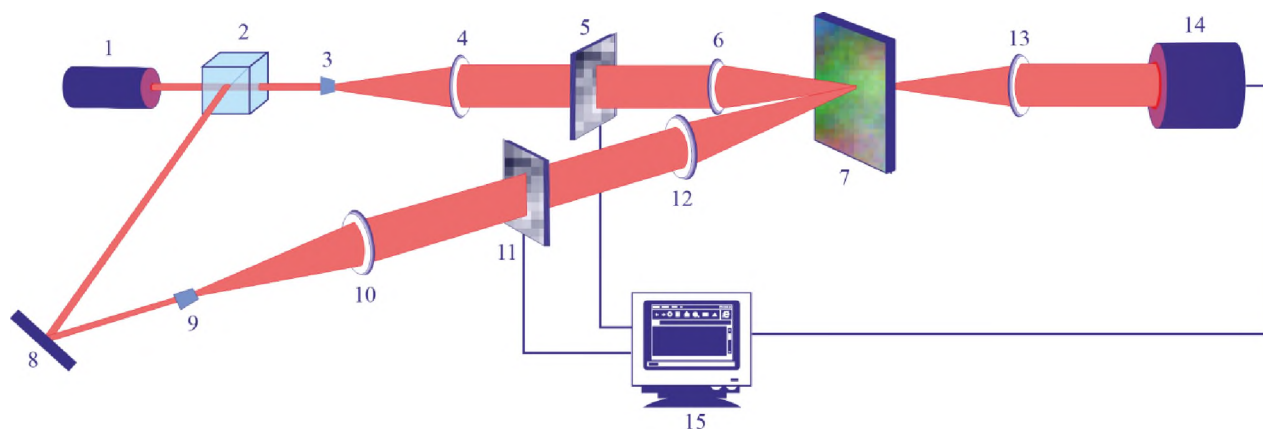


Рисунок 3. Оптическая схема системы распознавания изображений на принципах двунаправленной ассоциативной памяти:

1 — лазер; 2 — светоделитель, 3,9 — микро-объективы; 4,6,10,12 — объективы Фурье; 5,11 — ПВМС; 13 — объектив; 7 — голографическая пластина; 8 — зеркало; 14 — ПЗС матрица; 15 — ПК.

В данной схеме в качестве источника излучения используется полупроводниковый лазер ( $\lambda = 0,638$  мкм), а в качестве синаптической матрицы используется голографическая пластина 7 ПФГ-03М [5]. Для ввода синтезированной голограммы в оптическую схему использованы две пространственно-временные модуляторы света (ПВМС 5,11) на основе ЖК матрицы, размер пикселя модулятора 32 мкм, размерность модулятора 1024x768

пикселя. Запись модулированной информации из ПВМС на голографический носитель 7 осуществляется объективами Фурье 6 и 12, с фокусным расстоянием  $f = 250$  мм. Особенностью данного способа записи информации заключается в том, что опорная волна тоже несет информацию, одновременно записывая объективом 13 ( $f = 250$  мм). При считывании информация с голографической пластины фокальной плоскости объектива 13, осуществляет пространственную фильтрацию спектра структуры ПВМС и восстановленного поля голограммы.

Результаты проведенных экспериментов по распознаванию изображений размером 512x512 пикселей, которые подвергаются случайному шуму показаны на рис. 4.

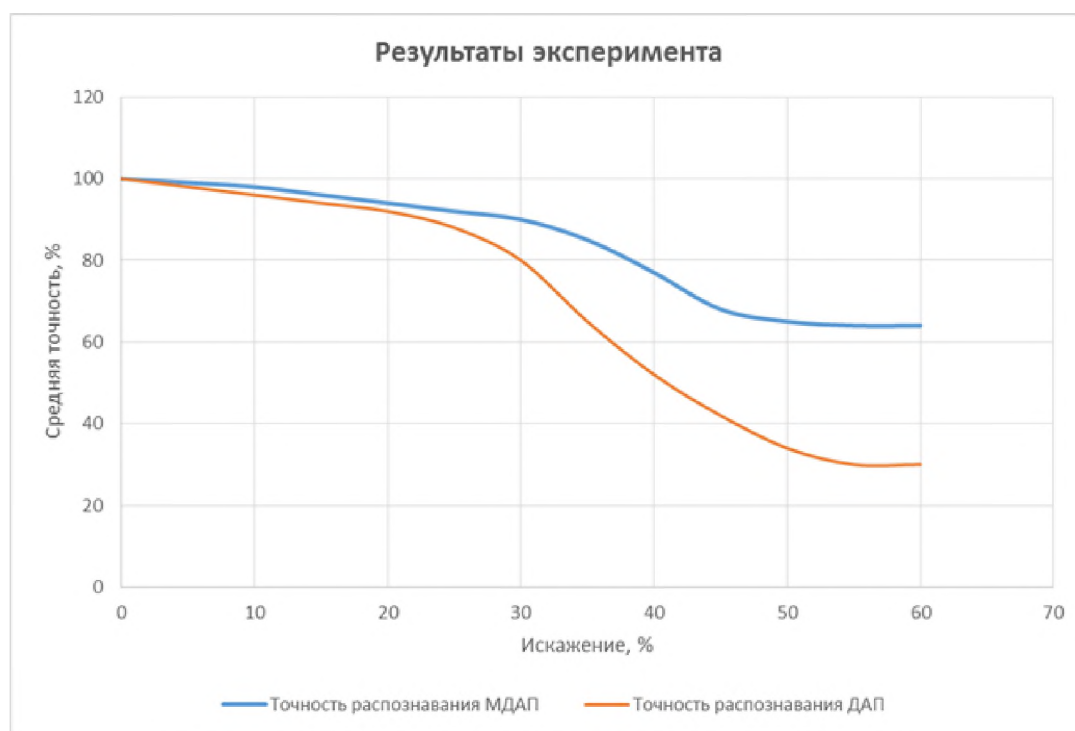


Рисунок 4. Результаты экспериментальных исследований

Как показано на рис. 4, точность распознавания составила в среднем 95%, что увеличилась в 1,6 раза по сравнению с результатами предыдущих экспериментов [3].

### Заключение

Рассмотрены методы моделирования и оптической реализации двунаправленной ассоциативной памяти на принципах голографии. Проведен сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований для оценки точности распознавания изображений. Предложенный метод распознавания изображений позволяет повысить как устойчивость к шуму, так и скорость работы двунаправленной ассоциативной памяти.

### Список литературы

1. Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. Особенности применения модели ортогональной проекции в ассоциативной памяти //Наука и новые технологии, №1, 1998г., г.Бишкек. С. 7-12.
2. Жээнбеков А.А., Сарыбаева А.А. Оптимальные условия для сходимости алгоритма обратного распространения ошибки //Наука и новые технологии, №1, 2001 г., г.Бишкек. - С. 97-100
3. Сарыбаева А.А. Оптические методы реализации двунаправленной ассоциативной памяти. Современные тенденции развития науки и технологий, № 1-2, с.58-

## **Известия КГТУ им. И.Раззакова 46/2018**

---

62, - 2016 //Периодический научный сборник по материалам X Международной научно-практической конференции г.Белгород, 31 января 2016 г.

4. Электронный ресурс <http://www.slavich.ru>

### **References**

1. Jeenbekov A.A., Sarybaeva A.A. Features of application of orthogonal projection model in associative memory // Science and new technologies, N1, 1998, Bishkek, p. 7-12.

2. Jeenbekov A.A., Sarybaeva A.A. Optimal conditions for the convergence of the back propagation error algorithm // Science and new technologies, N1, 2001, Bishkek, p. 97-100

3. Sarybaeva A.A. Optical methods for implementing bi-directional associative memory. Modern trends in the development of science and technology, N1-2, p.58-62, - 2016 // Periodic scientific collection of materials X International scientific-practical conference, Belgorod, 31 January, 2016.

4. <http://www.slavich.ru>