



## Литература

1. Филиппович А.Ю. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования // ООО Эликс+. -2003. – 300 с.
2. Eliyahu M. Goldratt. Late Night Discussions on the Theory of Constraints // . – 1998 – 502с
3. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) // Project Management Institute. – 2008. – 464с.

А.В. Мазаев, И.В. Лёзина

## РАСПОЗНАВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ СИМВОЛОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ВАМ

(Самарский университет)

Задача распознавания символов, на сегодняшний день является распространенной. Определение номерных знаков, показаний с фотографий бытовых счётчиков, оцифровка бумажных документов – вот лишь малый спектр её применения. Одним из методов решения данной задачи является применение нейронной сети ВАМ.

Нейронная сеть ВАМ считается двунаправленным ассоциативным запоминающим устройством и обобщением нейронной сети Хопфилда[1][2] на случай двухслойной рекуррентной структуры, позволяющей запоминать множества двух взаимосвязанных векторов. Структура сети ВАМ представлена на рисунке 1[1].

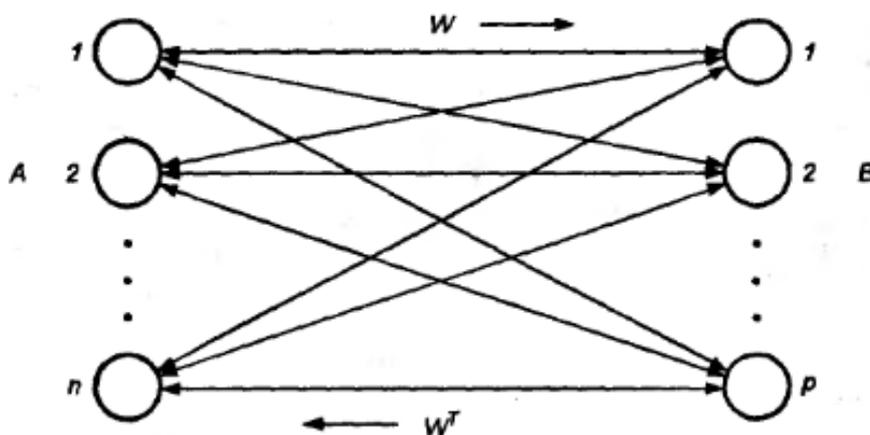


Рисунок 1 – Структура нейронной сети ВАМ

Функция активации нейронов имеет пороговый характер и может быть двоичной или биполярной. Также как и в случае нейронной сети Хопфилда обучение сети производится путем формирования матрицы весовых коэффициентов  $W$ , которая связывает обе части сети и является действительной и сим-



метричной. В соответствии с определением Б. Коско, матрица весов формируется на основе множества  $\{(x_i, y_i)\}$ , как матрица корреляции[1]:

$$W = \sum_{i=1}^m x_i^T y_i \quad (1)$$

где

$x_i$  – биполярное представление входного вектора А;

$y_i$  – биполярное представление входного вектора В.

Процесс распознавания заключается в нахождении векторов  $x_f$  и  $y_f$ , свидетельствующих о достижении стабильного состояния сети.

На каждой промежуточной итерации процесса формирования векторов ( $x_k, y_k$ ) можно сопоставить энергетическую функцию  $E_k$ , определяемую в виде выражения[1]:

$$E_k = -x_k W y_k^T \quad (2)$$

где

$-x_k$  – биполярное представление входного вектора А;

$y_k^T$  – биполярное представление входного вектора В;

W – матрица весовых коэффициентов.

Каждое очередное изменение состояния переходного процесса ведет к уменьшению значения энергетической функции, вплоть до достижения локального минимума. Этот минимум достигается за конечное количество итераций, и имеет значение минимума функции (2). При выполнении некоторых дополнительных условий парой становится одна из обучающих пар, участвующих в формировании матрицы W, которая наиболее подобна паре, определяющей начальное состояние.

Была разработана программа, реализующая работу нейронной сети ВАРМ. Интерфейс программы представлен на рисунке 2.

Пользователь может обучать систему, а также распознавать символы, введенные в рабочие окна. Разработанная программа решает задачу распознавания печатных цифр от 0 до 9.

На рисунке 3 представлены примеры использования системы в режиме распознавания образов. После многократных тестирований программы с изображениями различной степени искажения, можно сказать, что процент удачных распознаваний составляет 85–90 %. Статистика велась по проценту верно распознанных образов.

Результаты работы нейронной сети ВАРМ сходны с результатами работы нейронной сети Хопфилда [2] и нейронной сети Хемминга [3].

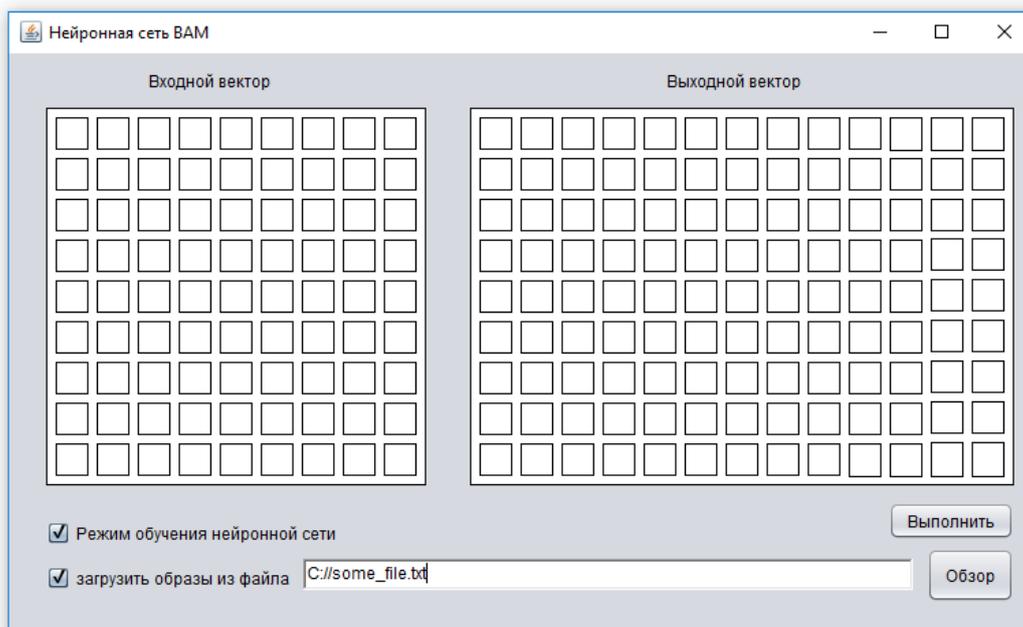


Рисунок 2 – Интерфейс программы

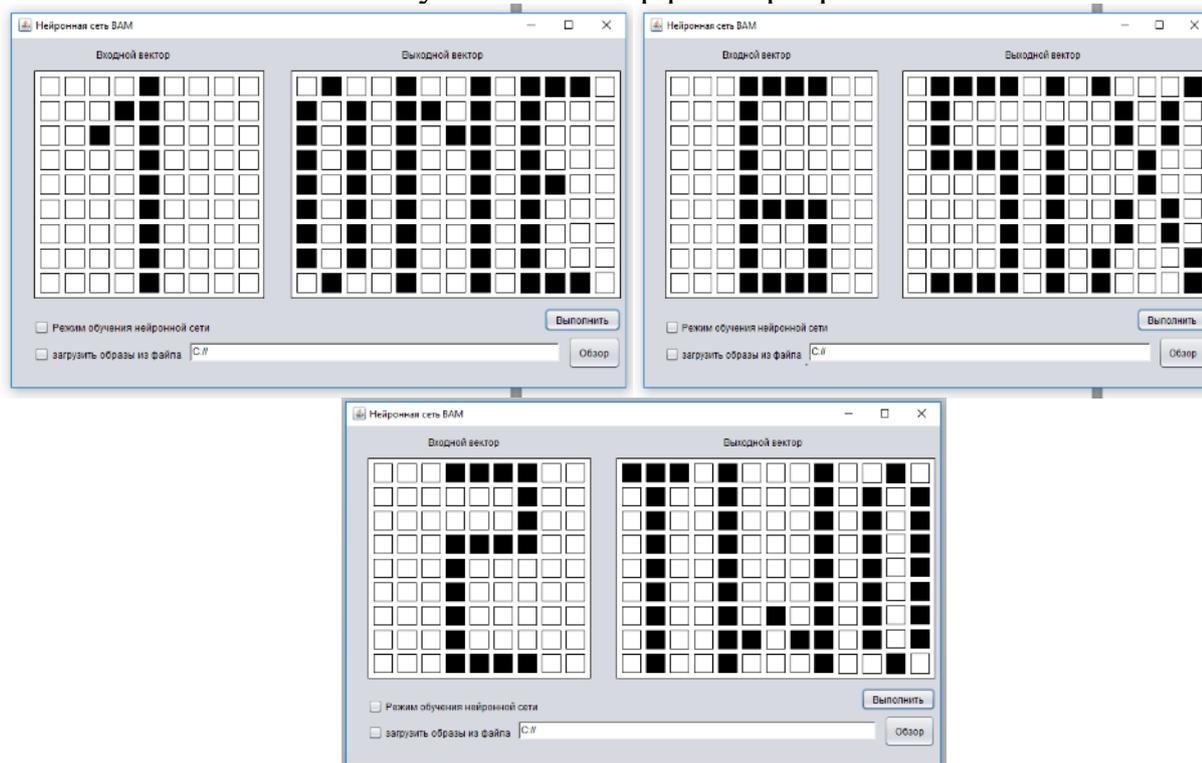


Рисунок 3 – Примеры использования программы  
в режиме распознавания изображений

### Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
2. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды международной научно-технической конференции. Лезина И.В., Мазаев А.В.



Автоматизированная система распознавания печатных символов нейронной сетью Хопфилда [Текст] /Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014 – 534 с.

3. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015): труды международной научно-технической конференции. Том 1. Лезина И.В., Мазаев А.В. Распознавания печатных символов нейронной сетью Хемминга [Текст] /Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015 – 530 с.

А.Н. Максимов, Н.А. Максимов

## РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОКЛАДКИ МАРШРУТА ПОЛЕТА ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(Московский авиационный институт)

За последние десятилетия накоплен большой опыт в разработке и применении беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для решения военных задач. Однако в настоящее время большое внимание стало уделяться исследованию возможности применения беспилотной авиации при чрезвычайных ситуациях, стихийных бедствиях, а также для обеспечения телекоммуникаций, метеорологических измерений, мониторинга трубопроводов, патрулирования границ, и других задач гражданского назначения [1].

Эффективность использования БЛА значительно повышается при организации групповых полетов. Однако наряду с этим, возникает сложная проблема, связанная с обеспечением управления полетом группы. В настоящее время оно осуществляется одним из двух способов [2]:

- автономное - по заложенной в памяти бортового компьютера программе полета;
- централизованное - с помощью одного или нескольких операторов, обеспечивающих оперативное планирование полета в реальном времени со стационарного или переносного пункта.

Однако и тот, и другой способ имеют свои недостатки. При автономном управлении не могут быть учтены возникающие в полете непрогнозируемые заранее изменения внешних условий, а также появление новых целей, исключена возможность при необходимости перепланирования действий. При быстром обновлении текущей полетной информации и большом ее объеме при централизованном способе управления, нагрузка на оператора возрастает многократно, и принятие им оперативного решения становится затруднительным. Таким образом, задача координации действий более одного БЛА является практически неразрешимой ни одним из этих двух способов.

В данной работе сделана попытка решить эту задачу комбинированным способом, при котором первоначальное планирование полета группы производится на земле до вылета, а оперативное перепланирование – бортовыми сред-