

УДК 004.896, 004.942

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕТИ КОХОНЕНА ПРИ РЕШЕНИИ  
ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ**

© Морозов И.С., Лёзина И.В.

e-mail: morozzz689@yandex.ru

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Для оцифровки рукописного текста при распознавании могут применяться различные на концептуальном уровне нейронные сети и алгоритмы. Задача распознавания образа является одной из множества возможных сфер применения сетей типа самоорганизующаяся карта.

Целью работы является разработка автоматизированной системы, функционал которой позволяет проводить эксперименты по распознаванию рукописных символов нейронной сетью Кохонена, хранить и выводить результат для изучения возможностей сети и сравнения с другими нейронными алгоритмами при решении данной задачи.

Входные сигналы нейросети будут заданы бинарным вектором, формируемым в ходе обработки изображения символа при помощи алгоритмов пороговой бинаризации и векторизации.

Значения входных векторов будут нормализованы, для обеспечения связного разделения пространства данных [1].

С учетом проведенной нормализации инициализация синаптических весов сети выполняется в соответствии с условием [2]:

$$0,5 - \frac{1}{\sqrt{M}} \leq W_{ij} \leq 0,5 + \frac{1}{\sqrt{M}},$$

где  $W_{ij}$  – вес связи нейрона со входом сети,  $M$  – количество входов сети.

В ходе данного исследования в системе реализована самообучающаяся сеть Кохонена, использующая алгоритм “WinnerTakesAll” при корректировке весов, как один из наиболее широко используемых. В соответствии с ним коррекция весов производится по формуле [1]:

$$W = W + \eta(X - W),$$

где  $W$  – вектор весов связей нейрона победителя,  $X$  – входной вектор сети, а  $\eta$  – коэффициент скорости обучения.

Для определения нейрона – победителя в качестве меры использовался критерий минимума Евклидова расстояния, нейрон находится в соответствии с формулой [3]:

$$i = \operatorname{argmin}_j \|X - W_j\|, j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $W_j$  – вектор весов связей нейрона,  $X$  – входной вектор сети,  $n$  – количество нейронов сети, а  $i$  – нейрон – победитель.

Для последующего сравнения результатов работы сети с сетями других типов и задания прямого соответствия обучающего символа с одним кластером, при реализации сети Кохонена применен механизм утомления нейронов. На каждой эпохе обучения в конкуренцию могут вступать нейроны, уровень утомления которых выше минимального уровня, а усталость нейронов определяется формулой [1]:

$$p_i(k+1) = \begin{cases} p_i(k) + \frac{1}{n}, & (i \neq w) \\ p_i(k) - p_{min}, & (i = w) \end{cases},$$

где  $p_i$  – уровень утомления нейрона  $i$ ,  $p_{min}$  – минимальный уровень утомления,  $k$  – эпоха обучения сети,  $n$  – количество нейронов сети, а  $w$  – нейрон – победитель.

Этап обучения сети производится в несколько эпох, в каждой из которых производится коррекция весов сети в соответствии с описанными выше формулами. При подаче очередного обучающего вектора на вход сети, с учетом критерия минимума Евклидова расстояния и механизма утомления определяется нейрон – победитель, соответствующий кластеру символа. Для данного нейрона производится корректировка весовых коэффициентов.

Коэффициент скорости обучения зависит от эпохи обучения и задается малым значением, уменьшающимся с каждой эпохой [3].

Для сбора статистики о корректности результата распознавания, после процесса обучения на вход сети будут поданы обучающие символы. По результату распознавания будут установлено соответствие между победившим кластером и обучающим символом.

На этапе функционирования сети на вход подается вектор распознаваемого символа. При помощи определения критерия минимума Евклидова расстояния, определяется кластер – победитель. По установленному ранее соответствию с обучающим символом, делается вывод о корректности распознавания.

По результатам экспериментов, проведенных в системе (таблица 1), можно сделать вывод, что сеть Кохонена может достаточно эффективно применяться в задаче распознавания рукописных символов.

Таблица 1. Сеть Кохонена

Символ	Отношение	% успеха
Все	111 / 140	79,29
а	14 / 20	70
г	19 / 20	95
е	18 / 20	90
к	17 / 20	85
л	15 / 20	75
н	16 / 20	80
ч	12 / 20	60

Таблица 2. Сеть Хемминга

Символ	Отношение	% успеха
Все	108 / 140	77,14
а	15 / 20	75
г	18 / 20	90
е	19 / 20	95
к	15 / 20	75
л	15 / 20	75
н	16 / 20	80
ч	10 / 20	50

В сравнении с результатами нейронной сети Хемминга [4] (таблица 2), исследуемая сеть показала сопоставимую точность распознавания.

### Библиографический список

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
2. Нейронные сети Кохонена [электронный ресурс] // Neuronus.com Портал знаний об искусственном интеллекте URL: <https://neuronus.com/theory/nn/955-nejronnye-seti-kokhonena.html>
3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2е издание [Текст] / С. Хайкин – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006 – 1104 с.
4. Морозов, И.С., Сравнение возможностей сетей Хопфилда и Хемминга при решении задачи распознавания рукописных символов [Текст] / И.С. Морозов, И.В. Лёзина // Международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии (ПИТ-2018)». – 2018. – С. 131–132.