

*РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХОПФИЛДА***В.А. ЧАСТИКОВА, А.С. ПОЛИКАРЕНКОВ, А.И. МИЩЕНКО**

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: 11figura11@mail.ru*

В данной работе было проведено исследование применения алгоритма на основе нейронной сети Хопфилда для решения задачи распознавания графической информации. В ходе работы на языке С# был создан программный комплекс распознавания образов «Scadi». Его особенностью является собирание «логов» работы комплекса в текстовом документе output.txt, а также невысокие системные требования. Особое внимание уделяется практическому применению комплекса и высокому качеству распознавания, что подтверждено исследованиями на примере распознавания символов. Далее разработанный программный продукт может найти свое применение в различных системах распознавания, например, распознавание отпечатков пальцев или проведение анализа подписи.

Ключевые слова: сеть Хопфилда, распознавание образов, искусственная нейронная сеть, аксон.

Нервная система и мозг человека состоят из нейронов, соединенных между собой нервными волокнами. Нервные волокна способны передавать электрические импульсы между нейронами. Все процессы передачи раздражений от нашей кожи, ушей и глаз к мозгу, процессы мышления и управления действиями - все это реализовано в живом организме как передача электрических импульсов между нейронами. Взяв за основу механизм нейронной сети человека, исследователи пришли к идее создания искусственной нейронной сети.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) — математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети У. Маккалока и У. Питтса [3].

ИНС представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие

процессоры обычно довольно просты (особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи. Обучение нейронных сетей — это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации. Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных.

Алгоритмы ИНС нашли свое применения в следующих областях:

1. кластеризация и поиск зависимостей;
2. задачи прогнозирования;
3. аппроксимация – вычисление значения любой непрерывной функции с заданной точностью при помощи линейных операций и каскадного соединения из произвольного нелинейного элемента;
4. сжатие данных и ассоциативная память;
5. распознавание образов и др.

В настоящее время идет активное развитие систем искусственного интеллекта; в том числе всесторонне рассматривается возможность применения искусственных нейронных сетей в обработке значительных объемов данных. Одной из перспективных областей исследования является разработка серверного оборудования и создание алгоритмов работы суперкомпьютеров [4].

Рассматриваемый в данной работе алгоритм нейронных сетей Хопфилда (Hopfield networks) предложен Джоном Джозефом Хопфилдом (John Joseph Hopfield) в 1982 году и актуален по сегодняшний день.

Нейронная сеть Хопфилда — полносвязная нейронная сеть с симметричной матрицей связей. В процессе работы динамика таких сетей сходится (конвергирует) к одному из положений равновесия. Эти положения равновесия являются локальными минимумами функционала, называемого энергией сети (в простейшем случае — локальными минимумами отрицательно определённой квадратичной формы на n -мерном кубе). Такая сеть может быть использована как автоассоциативная память, как фильтр, а также для решения некоторых задач оптимизации. В отличие от многих нейронных сетей, работающих до получения ответа через определённое количество тактов, сети Хопфилда работают до достижения равновесия, когда следующее состояние сети в точности равно предыдущему: начальное состояние является входным образом, а при равновесии получают выходной образ [5].

Целью данной работы является разработка и исследование эффективности алгоритмов на основе нейронной сети Хопфилда для распознавания символов.

Материалы и методы исследования.

Алгоритм использует следующую модель поведения: имеется полносвязная нейронная сеть с симметричной матрицей связей, состоящая из 3-х слоёв (*входной, слой Хопфилда и выходной*). Сеть функционирует до достижения равновесия, когда следующее состояние сети в точности равно предыдущему: начальное состояние является *входным образом*, при равновесии получают *выходной образ*.

Задача ассоциативной памяти, решаемая с помощью данной сети, обычно выглядит следующим образом — есть некоторый набор двоичных сигналов, которые считаются идеальными. Сеть должна уметь из произвольного входного сигнала выделить тот идеальный образ, который наиболее похож на поданный

сигнал или же выдать сообщение о том, что поданный сигнал ни с чем не ассоциируется [4].

Входной сигнал описывается вектором y_i , где $i \in [1; \infty)$. Каждый нейрон системы может принимать одно из двух состояний.

$$y_i = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

В случае сети Хопфилда процедура обучения для одного входного образца (процедура сохранения образца) представляет собой расчет весовых коэффициентов по определенной формуле:

$$W = y \times y^T, \quad (2)$$

где W — это матрица весов, y — входной образец, а y^T — транспонированный вектор (получается из исходного вектора заменой строк на столбцы). Если необходимо сохранить несколько образцов (k), то проводятся вычисления по этой формуле для каждого из образцов по отдельности, а затем складываются полученные матрицы.

$$W_k = W_1 + W_2 + \dots + W_k \quad (3)$$

Расчет промежуточного состояния нейронов:

$$s_j(p+1) = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} y_i(p), \quad j = 0, \dots, n-1 \quad (4)$$

где p - номер итерации, w_{ij} – весовой коэффициент между нейронами, $y_i(p)$ – значения выходов нейрона i в предыдущий момент времени.

Выходные значения нейронов можно вычислить, прибегнув к данной формуле

$$y_j(p+1) = f(s_j(p+1)) \quad (5)$$

где $s_j(p+1)$ – промежуточное состояние нейрона, f – активационная функция в виде скачка. На рисунке 1 представлен вид функции активации.

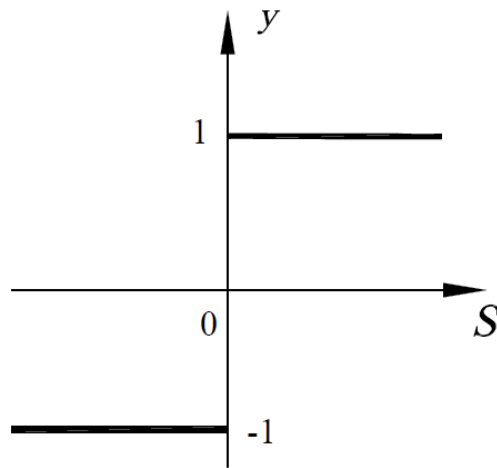


Рисунок 1 – Функция активации

$$y_i = f(s_i) = \begin{cases} 1, & \text{при } s_i \geq 0 \\ -1, & \text{при } s_i < 0 \end{cases} \quad (6)$$

В общем виде нейронная сеть Хопфилда имеет следующий вид (рис. 2).

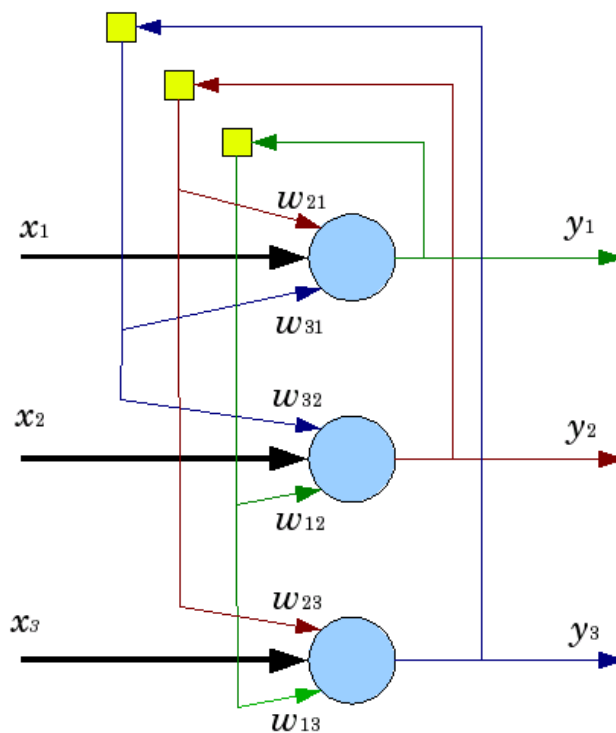


Рисунок 2 – Нейронная сеть Хопфилда

Разработанный алгоритм нейронной сети Хопфилда для решения задачи распознавания образов можно разбить на следующие шаги.

Шаг 1. На входы сети подается неизвестный сигнал. Фактически его ввод осуществляется непосредственной установкой значений аксонов:

$$y_i = x_i \quad i = 0..n-1 \quad (7)$$

Шаг 2. Рассчитывается промежуточное состояние нейронов путем сложения произведений весового коэффициента на значение нейрона в предыдущий момент времени.

Шаг 3. Рассчитываются выходные значения нейронов посредством функции активационного скачка.

Шаг 4. Осуществляется проверка входных значений аксонов на их изменение за последнюю итерацию, (если значения изменились, то происходит переход к шагу 2. Если значения не были изменены, то происходит сравнение выходных значений нейронов с идеальными образами).

Шаг 5. Вывод результатов и сохранение всех этапов работы программы в файле output.txt.

В данной работе на основе приведенного алгоритма был реализован программный комплекс, который позволяет производить распознавание символа из заданного набора предварительно загруженных идеальных образов.

Исследования показали, что алгоритм на основе нейронной сети Хопфилда корректно распознает образы при 67% оригинала, а также при добавлении 30% битых пикселей, не относящихся к идеальному образу. Это дает основания полагать, что программа способна довольно точно распознать введенный входной образ в соответствии с идеалом.

Однако у нейронной сети Хопфилда есть ряд недостатков.

1. Относительно небольшой объём памяти, величину которого можно оценить выражением:

$$M \approx \frac{N}{2 \log_2 N} \quad (8)$$

Попытка записи большего числа образов приводит к тому, что нейронная сеть перестаёт их распознавать.

2. Достижение устойчивого состояния не гарантирует правильный ответ сети. Это происходит из-за того, что сеть может сойтись к так называемым «химерам» (как правило, «химеры» склеены из фрагментов различных образов).

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный алгоритм на основе нейронной сети Хопфилда характеризуется высокой скоростью работы и точностью распознавания. Учитывая тот факт, что данный алгоритм достаточно прост в концепции и реализации, следует, что он также может быть эффективно применен для других задач ассоциативной памяти, например, для задач оптимизации работы баз данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павловская Т. А. С#. Программирование на языке высокого уровня. Учебник для вузов. - СПб.: ООО "Питер Пресс", 2009. - 432 с.

2. Шильд Г. Полный справочник по С# : пер. с англ. / Г. Шилдт. – М. : Вильямс, 2004 . – 752 с.

3. Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных. – NEUROPROJECT. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.neuroproject.ru/neuro.php>

4. Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга. - [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.codenet.ru/progr/alg/ai/htm/gl3_5.php

5. Вороновский Г.К. Махотило К.В. Петрашев С.Н. Сергеев С.А. «Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности», «ОСНОВА», 2010 г. 112 с.

6. Медведев В.С., Потемкин В.Г. «Нейронные сети. MATLAB 6», «ДИЛОГ-МИФИ», 2002 г. 496 с.

REFERENCES

1. Pavlovskaya T. A. S#. Programmirovaniye na yazyke vysokogo urovnya. Uchebnyk dlya vuzov. - SPb.: OOO "Piter Press", 2009. - 432 s.

2. Shild G. Polnyy spravochnik po C# : per. s angl. / G. Shildt. – M. : Vilyams, 2004 . – 752 s.

3. Analiticheskie tekhnologii dlya prognozirovaniya i analiza dannykh. – NEUROPROJECT. – [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.neuroproject.ru/neuro.php>

4. Neyronnye seti Khopfilda i Khemminga. - [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: http://www.codenet.ru/progr/alg/ai/htm/gl3_5.php

5. Voronovskiy G.K. Makhotilo K.V. Petrashev S.N. Sergeev S.A. «Geneticheskie algoritmy, iskusstvennye neyronnye seti i problemy virtualnoy realnosti», «OSNOVA», 2010 g. 112 s.

6. Medvedev V.S., Potemkin V.G. «Neyronnye seti. MATLAB 6», «DILOG-MIFI», 2002 g. 496 s.

IMAGES RECOGNITION BASED ON HOPFIELD NEURAL NETWORK

V.A. CHASTIKOVA, A.S. POLIKARENKO, A.I. MISHCHENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: 11figural1@mail.ru*

In the given work, to solve the problem of graphic information recognition there was carried out the research of the algorithm based on Hopfield neural network application. In the work process there was created a pattern recognition program package «Scadi» written on C# language. A special feature of the program is collecting the "logs" of the program package into a text document output.txt as well as low system requirements. In the given paper the main area of Hopfield network application: pattern recognition and relevance for the set task was also considered. Particular attention is paid to the practical application of the package and high quality of recognition, which was confirmed by the example studies of the character recognition. In prospect, the given product may find its application in various recognition systems, such as fingerprint recognition or signature analysis.

Key words: Hopfield network, recognize images, synthetic neural network, axon.