

С.Ю. Леонов

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АДРЕСАЦИЕЙ ПАМЯТИ

Разработана многослойная двунаправленная ассоциативная память, способная запоминать и воспроизводить цепочки ассоциаций, а также выполнять адресацию памяти как с помощью отдельных входных изображений, так и с помощью последовательностей ассоциативных изображений. Предложенная архитектура нейронной сети построена по архитектуре двунаправленной ассоциативной памяти, позволяет по адресу хранения в памяти определять входное изображение.

Ключевые слова: нейронная сеть, двунаправленная ассоциативная память, входное изображение, ассоциации, адресация памяти.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

В настоящее время искусственные нейронные сети широко применяются для решения различных задач распознавания, управления и классификации, нахождения ассоциативных образов, выполнения поиска и запоминания ассоциативной информации, для адресации памяти и т.д. [1 – 9]. Для решения этих задач существуют различные алгоритмы, которые часто требуют больших временных затрат и сложной программной реализации. Однако универсальный подход к решению перечисленных задач на основе алгоритмов обучения все же позволяет эффективно решать многие задачи с помощью нейронных сетей [7 – 11]. Если рассматривать трехслойный перцептрон (рис. 1) как пример обычной нейронной сети, то он реализует отображение

$$Z^q = f(X^q),$$

где $Z^q = (z_1^q, z_2^q, \dots, z_m^q)$ – выходной вектор нейронной сети для q -го входного вектора сети $X^q = (x_1^q, x_2^q, \dots, x_m^q)$; $q = \overline{1, L}$; L – число пар векторов (X^q, Z^q) , $X^q \in R^n$, $Z^q \in R^m$. При этом выходной вектор может рассматриваться как ассоциация входному вектору. Перцептрон с бинарными выходными нейронами может использоваться и для определения адреса в памяти компьютера по входному вектору X^q [11]. Однако трудоемкое обучение перептрона делает его малопривлекательным для получения такой адресации памяти. Для этих целей необходимо использовать нейронные сети с более простыми алгоритмами обучения. Кроме того, как ассоциативная память, перцептрон обладает и еще одним недостатком – он не может по выходному вектору определить входной ассоциативный вектор. Альтернативой трехслойному перцептрону может служить двунаправленная ассоциативная память (ДАП) (рис. 1).

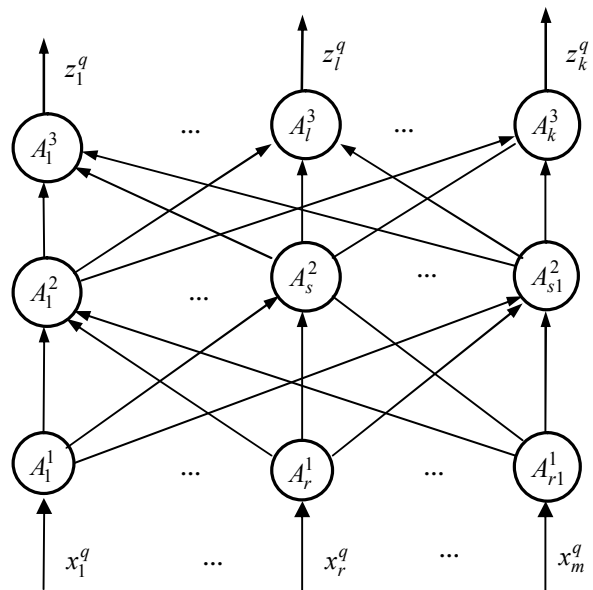


Рис. 1. Трехслойный перцептрон

Двунаправленная ассоциативная память (рис. 2) состоит из двух слоев нейронов, связанных парами двунаправленных взвешенных связей.

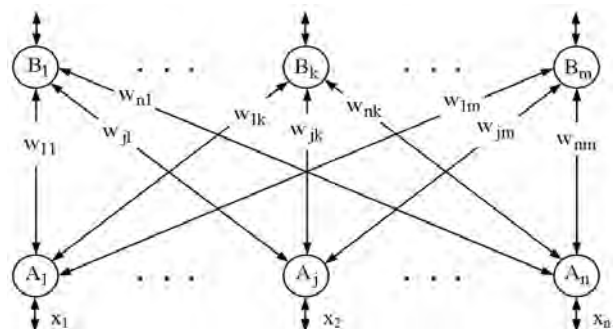


Рис. 2. Двунаправленная ассоциативная память

Изображения (или n -мерные либо m -мерные входные вектора) могут подаваться соответственно на входы А- или В-элементов. При этом не предполагается подача изображений на оба слоя элементов одновременно.

Сеть способна запоминать пары ассоциированных друг с другом изображений

$$X^N = (s_1^q, \dots, s_n^q), Z^N = (t_1^q, \dots, t_m^q)$$

из некоторых заданных множеств образов

$$X = \{X^1, \dots, X^q, \dots, X^L\}, Z = \{Z^1, \dots, Z^q, \dots, Z^L\},$$

L – число ассоциированных пар. Сеть имеет два слоя A и B нейронов, но каждый из них можно использовать и как входной, например, для векторов X^q ($q = \overline{1, L}$), которые вызывают на втором слое появление векторов Z^q ($q = \overline{1, L}$), так и как выходной, когда на входы второго слоя подаются вектора Z^q ($q = \overline{1, L}$), вызывающие на выходах нейронов первого слоя появление векторов X^q ($q = \overline{1, L}$). Двухнаправленная ассоциативная память (ДАП) имеет несложный алгоритм обучения [2, 4], поскольку матрицы весов связей сети определяются с помощью простых соотношений. В частности, элементы матрицы

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & \dots & w_{1k} & \dots & w_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{jl} & \dots & w_{jk} & \dots & w_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{nl} & \dots & w_{nk} & \dots & w_{nm} \end{pmatrix}$$

весов связей, передающих сигналы из слоя A -нейронов в слой B -нейронов при использовании бинарных элементов, вычисляется по соотношению

$$w_{ij} = \sum_{p=1}^L (2X_i^p - 1)(2Z_j^p - 1), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Если в нейронной сети используются биполярные нейроны, то веса связей вычисляются с помощью выражения

$$w_{ij} = \sum_{p=1}^L X_i^p t_j^p, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Матрица W_1 весов связей, передающих сигналы из B -слоя в A -слой имеет вид $W_1 = W^T$. В связи с простым алгоритмом обучения ДАП, ее удобно использовать не только для запоминания ассоциативных изображений, но и для адресации памяти. Однако ДАП не может запоминать цепочки ассоциаций.

Целью статьи является разработка нейросетевой многослойной двухнаправленной ассоциативной памяти, способной запоминать и восстанавливать цепочки ассоциаций и выполнять адресацию памяти.

Основная часть

Трехслойные перцептроны (рис. 1) можно рассматривать как сети, которые реализуют не только прямые ассоциации между векторами X^q и Z^q

($q = \overline{1, L}$), но и скрытые ассоциации между входными векторами $X^q = (x_1^q, x_2^q, \dots, x_n^q)$ и векторами $A^{2q} = (A_1^{2q}, A_2^{2q}, \dots, A_s^{2q}, \dots, A_{s1}^{2q})$ выходных сигналов скрытого слоя нейронов, а также между векторами A^{2q} и векторами Z^q ($q = \overline{1, L}$). И в этом случае перцептрон реализует только прямые ассоциации

$$X^q \rightarrow A^{2q}, A^{2q} \rightarrow Z^q \quad \text{и} \quad X^q \rightarrow Z^q. \quad (1)$$

Реализовать ассоциации

$$Z^q \rightarrow X^q, Z^q \rightarrow A^{2q} \quad \text{и} \quad A^{2q} \rightarrow X^q \quad (2)$$

с помощью нейронной сети, изображенной на рис. 1, невозможно. Однако это можно сделать с помощью трехслойной нейронной сети, изображенной на рис. 3.

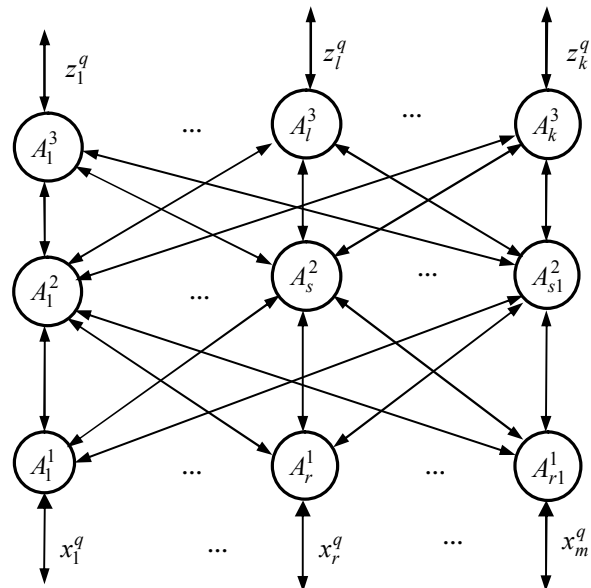


Рис. 3. Трехслойная двухнаправленная ассоциативная память

Слои нейронов A^1 и A^2 , A^2 и A^3 являются слоями двух нейронных сетей ДАП. Расчет весов связей в каждой из этих ДАП выполняется также, как и в обычной дискретной ДАП, если известны вектора выходных сигналов на выходах нейронов A^2 -слоя. Нейронная сеть обеспечивает получение как ассоциаций вида (1), так и ассоциаций вида (2).

В многослойном перцептроне, содержащем входной A^1 -слой, выходной A^{N+1} -слой и N скрытых – $A^2, A^3, \dots, A^N, A^{N+1}$ -слоев нейронов, с каждым скрытым слоем нейронов можно связать скрытые ассоциации, порождаемые входными векторами X^q ($q = \overline{1, L}$), и рассматривать цепочки ассоциаций вида

$$X^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ } A^2}^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ } A^3}^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ } A^N}^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ } A^{N+1}}^q \rightarrow Z^q. \quad (3)$$

Получить с помощью многослойного перцептрона цепочку ассоциаций вида (3), но с обращенными стрелками невозможно, однако это можно

сделать с помощью нейронной сети (рис. 4), где каждые два соседних слоя сети образуют двунаправленную ассоциативную память, и к цепочке ассоциаций (3) можно добавить и цепочку

$$Z^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ}_A}^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ}_A}^q \rightarrow \dots \rightarrow U_{\text{ВЫХ}_A}^q \rightarrow U_{\text{ВЫХ}_A}^q \rightarrow X^q.$$

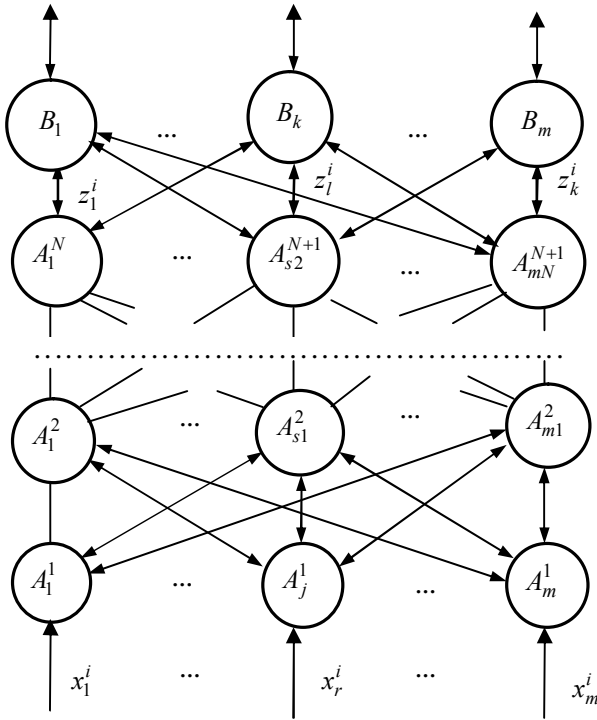


Рис. 4. Многослойная ассоциативная память

Двух-, трех- и многослойные перцептроны могут использоваться для определения местоположения адресуемой памяти [11]. Замена перцептронов, особенно многослойных, на многослойные сети ДАП позволит ускорить обучение нейронной сети и упростить общую структуру, обеспечивающую генерацию кода, определяющего местоположение адресуемой памяти. Кроме того, многослойные ДАП открывают возможность запоминания в памяти и цепочек ассоциаций.

НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ АДРЕСАЦІЄЮ ПАМ'ЯТІ

С.Ю. Леонов

Розроблена багатошарова двоскерована асоціативна пам'ять, яка здатна запам'ятовувати і відтворювати ланцюжка асоціацій, а також виконувати адресацію пам'яті як за допомогою окремих вхідних зображень, так і за допомогою послідовностей асоціативних зображень. Запропонована архітектура нейронної мережі побудована за архітектурою двобічної асоціативної пам'яті, дозволяє за адресою зберігання в пам'яті визначати вхідне зображення.

Ключові слова: нейронна мережа, двоскерована асоціативна пам'ять, вхідне зображення, асоціації, адресація пам'яті.

NEURAL NETWORK FOR MEMORY ADDRESSING CONTROL

S.Yu. Leonov

Designed multilayer bidirectional associative memory, which can store and reproduce the chain of associations, as well to perform memory addressing with help to use individual input images as well as using sequences associative images. The proposed architecture of the neural network is built on the architecture of bidirectional associative memory and allows to store the address in the memory to determine the input image.

Keywords: neural network, bidirectional associative memory, input image, association, memory addressing.

Выводы

Таким образом, впервые разработана многослойная двунаправленная ассоциативная память, способная запоминать и воспроизводить цепочки ассоциаций, а также выполнять адресацию памяти как с помощью отдельных входных изображений, так и с помощью последовательностей ассоциативных изображений.

Список литературы

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 288 с.
2. Дмитриенко В.Д. Основы теории нейронных сетей / В.Д. Дмитриенко, Н.И. Корсунов. – Белгород: БИИММАП, 2001. – 159 с.
3. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 94 с.
4. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применение / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко. – Харьков: ТЕЛТЕХ, 2004. – 372 с.
5. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры и их применение на рубеже тысячелетий в Китае: в 2 т. / А.И. Галушкин. Т. 1. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 367 с.
6. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А.Б. Барский. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
8. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории / А.И. Галушкин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 496 с.
9. Рутковский Лешек. Методы и технологии искусственного интеллекта / Лешек Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 520 с.
10. Дмитриенко В.Д. Моделирование и оптимизация процессов управления движением дизель-поездов / В.Д. Дмитриенко, А.Ю. Заковоротный. – Харьков: Изд. центр НТМТ, 2013. – 248 с.
11. Seung K. Ahn Neural network and method for operating the same / K. Ahn Seung, Wang Bo H., Ko B. Seok, K. Lee Yoon // United States Patent, 5,634,063.

Поступила в редколлегию 1.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Д. Дмитриенко, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.