

**В.Д. ДМИТРИЕНКО**, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПІ",  
**А.Ю. ЗАКОВОРОТНЫЙ**, д-р техн. наук, доц., НТУ "ХПІ",  
**С.Ю. ЛЕОНОВ**, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПІ"

## НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ХЕММИНГА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С НЕСКОЛЬКИМИ РЕШЕНИЯМИ

В статье изложены результаты анализа особенностей функционирования дискретной нейронной сети Хемминга, которая не может распознавать входные чернотелые изображения, находящиеся на одинаковом минимальном расстоянии от двух или большего числа эталонных изображений. Проанализированы недостатки нейронных сетей, использующих расстояние Хемминга и решающих эту задачу для изображений, находящихся на границах двух или трех классов изображений. Предложена модификация нейронной сети Хемминга, распознающей изображения на границах нескольких классов. Ил.: 2. Библиогр.: 9 назв.

**Ключевые слова:** нейронная сеть Хемминга; эталонные изображения; изображения на границах нескольких классов.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** При распознавании изображений с помощью нейронных сетей почти всегда получают одно решение даже в тех случаях, когда имеется несколько равноценных решений. Это объясняется тем, что во многих нейронных сетях, например, в перцептронах, сетях Ворда, ассоциативной памяти, нейронных сетях Элмана, Кохонена и др. [1 – 4] решение определяется не одним, а множеством выходных нейронов. В случае, если в нейронной сети решение определяется единственным выходным нейроном, имеется потенциальная возможность получения нескольких решений (нескольких реакций сети на входное изображение) [5 – 8]. Такая потенциальная возможность есть у нейронной сети Хемминга [1, 2, 6], изображенной на рис. 1. Сеть имеет четыре слоя нейронов:

1. Входной слой  $S$ -нейронов, на входы которых подаются биполярные  $m$ -разрядные векторы:  $D_1 = (d_{11}, \dots, d_{1m}), \dots, D_h = (d_{h1}, \dots, d_{hm}), \dots, D_r = (d_{r1}, \dots, d_{rm})$ .

2. Слой  $Z$ -нейронов, имеющих функции активации  $g_2(U_{\text{вх}})$ , описываемые соотношением

$$g_z(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} \leq 0, \\ k_1 U_{\text{вх}}, & \text{если } 0 \leq U_{\text{вх}} \leq U_{\text{п}}, \\ U_{\text{п}}, & \text{если } U_{\text{вх}} > U_{\text{п}}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $U_{\text{вх}}$  – входной сигнал нейрона  $Z$ -слоя;  $k_1, U_{\text{п}}$  – константы.

Элементы  $Z$ -слоя рассчитывают свои входные сигналы по формуле

$U_{\text{вх}Z_i} = m/2 + \sum_{k=1}^m d_{hk} w_{ki} = m/2 + \sum_{k=1}^m d_{hk} z_{ik}$ , где  $U_{\text{вх}Z_i}$  – входной сигнал нейрона  $Z_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ), определяемый с помощью функции активации (1);  $n$  – число элементов  $Z$ -слоя;  $D_h = (d_{h1}, \dots, d_{hm})$  – биполярный  $m$ -разрядный входной вектор;  $(z_{i1}, \dots, z_{im})$  –  $m$ -разрядный вектор, хранимый в весах связей нейрона  $Z_i$  ( $i = \overline{1, n}$ );  $w_{ki}$  – вес связи между нейронами  $S_k$  и  $Z_i$ .

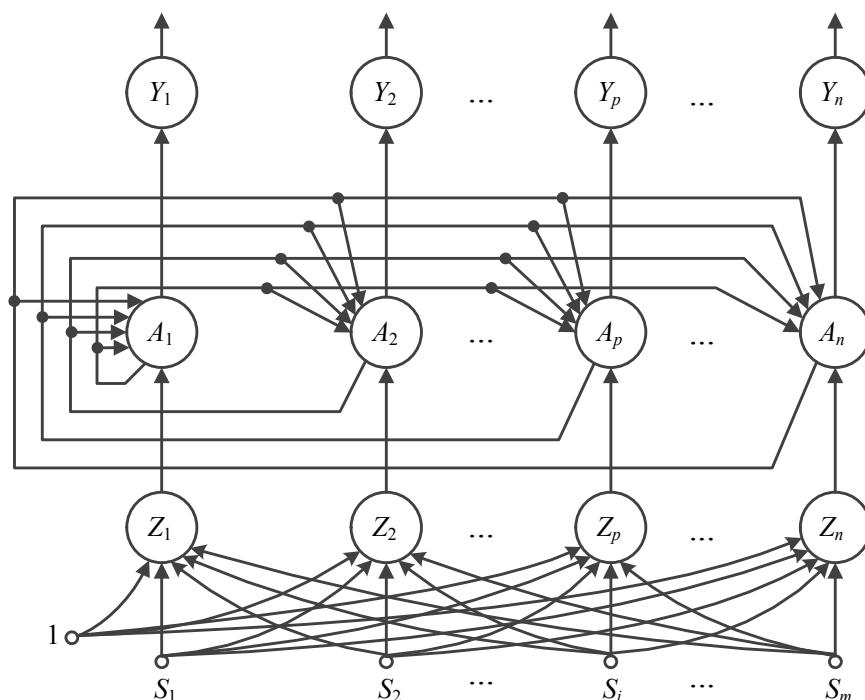


Рис. 1. Нейронная сеть Хемминга

3. Слой  $A$ -нейронов, с помощью которого выделяется максимальный сигнал  $a_{i \max}$  с выходов  $Z$ -нейронов. Слой  $A$ -нейронов функционирует циклически. Динамика изменения выходных сигналов  $A$ -нейронов  $U_{\text{вых}A_i}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) описывается итерационным выражением

$$U_{\text{вых}A_j}(t+1) = g(U_{\text{вх}A_j}) = g(U_{\text{вых}A_j}(t) - (\varepsilon \sum_{k=1, k \neq j}^n U_{\text{вых}A_k}(t))), \quad j = \overline{1, n} \quad (2)$$

при начальных условиях

$$U_{\text{вх}A_j}(0) = U_{\text{вх}Z_j}, \quad j = \overline{1, n},$$

где  $g(U_{\text{вх}A_j})$  – функция активации нейрона  $A_j$ ;  $\varepsilon$  – положительная константа, удовлетворяющая неравенствам  $0 < \varepsilon \leq 1/n$ .

При этом функции активации  $A$ -элементов и веса их связей задаются следующими соотношениями:

$$g(U_{\text{вх}A_j}) = \begin{cases} U_{\text{вх}A_j}, & \text{если } U_{\text{вх}A_j} > 0, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх}A_j} \leq 0, \end{cases}$$

$$w_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если } k = j, \\ -\varepsilon, & \text{если } k \neq j, \quad k, j = \overline{1, n}. \end{cases}$$

Если среди выходных сигналов  $U_{\text{вх}Z_i}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) имеется один наибольший сигнал  $U_{\text{вх}Z_i} = \max_i U_{\text{вх}Z_i}$ , в результате итерационного процесса в слое  $A$ -элементов останется только один нейрон  $A_j$  с положительным выходным сигналом.

4. Слой  $Y$ -элементов – слой выходных нейронов сети Хемминга, которые имеют функции активации вида

$$g_Y(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх}} > 0, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх}} \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Если в слое  $A$ -элементов останется только один нейрон  $A_j$  с положительным выходным сигналом  $U_{\text{вх}A_j}$ , то и на выходе нейронной сети Хемминга только один нейрон  $Y_j$  будет иметь единичный сигнал на своем выходе, что и будет указывать на то, что входной вектор наиболее близок по расстоянию Хемминга к вектору, хранящемуся в весах связей нейрона  $Z_j$ .

Однако, если входной вектор сети Хемминга находится на одинаковом минимальном расстоянии Хемминга от двух или более эталонных векторов, хранящихся в весах связей нейронов  $Z$ -слоя, то слой  $A$ -нейронов не может выделить единственный максимальный сигнал и в результате его функционирования на выходах всех  $A$ - и  $Y$ -нейронов появятся нулевые сигналы.

Этот заметный недостаток нейронной сети Хемминга был преодолен в работах [6, 9], в которых описана нейронная сеть, использующая расстояние Хемминга и позволяющая выделять эталонные вектора, которые находятся на одинаковом расстоянии

Хемминга от двух или трех векторов, хранящихся в памяти сети. Недостаток предложенной разработки – заметное усложнение сети при увеличении число  $d$  ( $d \geq 3$ ) эталонных векторов, находящихся на одинаковом минимальном расстоянии Хемминга от входного вектора.

**Цель статьи** – разработка нейронной сети, использующей расстояние Хемминга и распознающей изображения, находящиеся на минимальном расстоянии Хемминга от одного до  $k$  эталонных изображений, хранящихся в весах связей нейронной сети, при однотипной архитектуре сети при любом  $k \geq 2$ .

**Основная часть.** Архитектура нейронной сети, использующей расстояние Хемминга и способной распознавать изображения, находящиеся на минимальном расстоянии Хемминга от одного, двух, трех и четырех эталонных изображений, хранящихся в памяти нейронной сети, приведена на рис. 2. Перед началом распознавания входного изображения все нейроны сети по цепям установки нейронов в ноль переводятся в пассивное состояние.

Нейроны  $\Sigma_k$ ,  $k = \overline{1, 4}$  имеют функцию активации вида

$$U_{\text{вых} \Sigma k} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх} \Sigma k} = k, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх} \Sigma k} \neq k, \end{cases} \quad (4)$$

то есть на выходе нейрона  $\Sigma_4$  появляется единичный выходной сигнал только в том случае, когда на выходах любых четырех нейронов  $Y$ -слоя имеются единичные выходные сигналы. Эти сигналы появляются в случае, если в результате итерационного процесса в  $A$ -слое осталось только четыре  $A$ -нейрона с ненулевыми выходными сигналами, которые по соотношению (3) обеспечивают единичные выходные сигналы на выходах соответствующих  $Y$ -нейронов, например  $Y_{k1}$ ,  $Y_{k2}$ ,  $Y_{k3}$ ,  $Y_{k4}$ .

Нейроны слоя  $Y^1$  имеют функции активации вида

$$U_{\text{вых} Y^1} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх} Y^1} \geq 2, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх} Y^1} < 2. \end{cases} \quad (5)$$

Поэтому единичные выходные сигналы нейронов  $Y_{k1}$ ,  $Y_{k2}$ ,  $Y_{k3}$ ,  $Y_{k4}$  и  $\Sigma_k$  переводят нейроны  $Y_{k1}^1$ ,  $Y_{k2}^1$ ,  $Y_{k3}^1$ ,  $Y_{k4}^1$  в состояние с единичным выходным сигналом. Все остальные нейроны этого слоя будут иметь нулевые выходные сигналы. Единичные выходные сигналы с выходов нейронов  $Y_{k1}^1$ ,  $Y_{k2}^1$ ,  $Y_{k3}^1$ ,  $Y_{k4}^1$  по цепям обратных связей фиксируют единичные выходные сигналы этих нейронов. Если в

результате итерационного процесса в слое  $A$ -элементов на выходах  $A$ -нейронов  $A_{k1}$ ,  $A_{k2}$ ,  $A_{k3}$ ,  $A_{k4}$  одновременно появятся нулевые выходные сигналы, то единичные сигналы на выходах нейронов  $Y_{k1}^1$ ,  $Y_{k2}^1$ ,  $Y_{k3}^1$  и  $Y_{k4}^1$  будут указывать на то, что входное изображение находится на одинаковом минимальном расстоянии Хемминга от четырех эталонных изображений, хранящихся в весах связей нейронов  $Z_{k1}$ ,  $Z_{k2}$ ,  $Z_{k3}$ ,  $Z_{k4}$ . Если сигналы на выходах нейронов  $A_{k1}$ ,  $A_{k2}$ ,  $A_{k3}$ ,  $A_{k4}$  не все одинаковы, тогда при продолжении итерационного процесса в слое  $A$ -нейронов возможно появление следующих трех ситуаций:

1. Три из четырех выходных сигналов  $U_{\text{вых}Ak1}$ ,  $U_{\text{вых}Ak2}$ ,  $U_{\text{вых}Ak3}$ ,  $U_{\text{вых}Ak4}$  становятся одновременно нулевыми. Без потери общности можно положить, что  $U_{\text{вых}Ak1} = 1$ ,  $U_{\text{вых}Ak2} = U_{\text{вых}Ak3} = U_{\text{вых}Ak4} = 0$ . В этом случае только один нейрон  $Y_{k1}$  слоя  $Y$ -нейронов будет иметь единичный выходной сигнал, который переведет нейрон  $\Sigma_1$  в активное состояние. Единичный выходной сигнал нейрона  $\Sigma_1$  поступит на входы установки в ноль всех нейронов  $Y^1$ -,  $Y^2$ -,  $Y^3$ -слоев и нейронов  $\Sigma_2$ ,  $\Sigma_3$ ,  $\Sigma_4$ ,  $\Sigma_5$  и  $\Sigma_6$ . Установка в ноль большей части этих нейронов (за исключением нейронов  $Y_{k2}^1$ ,  $Y_{k3}^1$ ,  $Y_{k4}^1$ ) является излишней, но если перед этим выходные сигналы  $A$ -нейронов  $U_{\text{вых}Ak2}$ ,  $U_{\text{вых}Ak3}$ ,  $U_{\text{вых}Ak4}$  обнулялись не одновременно, а последовательно, то необходим сброс в ноль и нейроны слоев  $Y^2$  или  $Y^3$ . Для упрощения алгоритма функционирования нейронной сети здесь и далее сигналы установки в ноль подаются на входы всех нейронов слоев  $Y^1$ ,  $Y^2$ ,  $Y^3$  и нейроны  $\Sigma_2$ , ...,  $\Sigma_6$ .

В данном случае входное изображение находится на минимальном расстоянии Хемминга только от одного эталонного изображения, хранящегося в весах связей нейрона  $Z_{k1}$ .

2. Два из четырех выходных сигналов  $U_{\text{вых}Ak1}$ ,  $U_{\text{вых}Ak2}$ ,  $U_{\text{вых}Ak3}$ ,  $U_{\text{вых}Ak4}$  во время итерационного процесса в слое  $A$ -нейронов одновременно становятся нулевыми. В этом случае два нейрона  $Y$ -слоя будут иметь единичные выходные сигналы. Функционирование нейронной сети в этой ситуации будет рассмотрено далее.

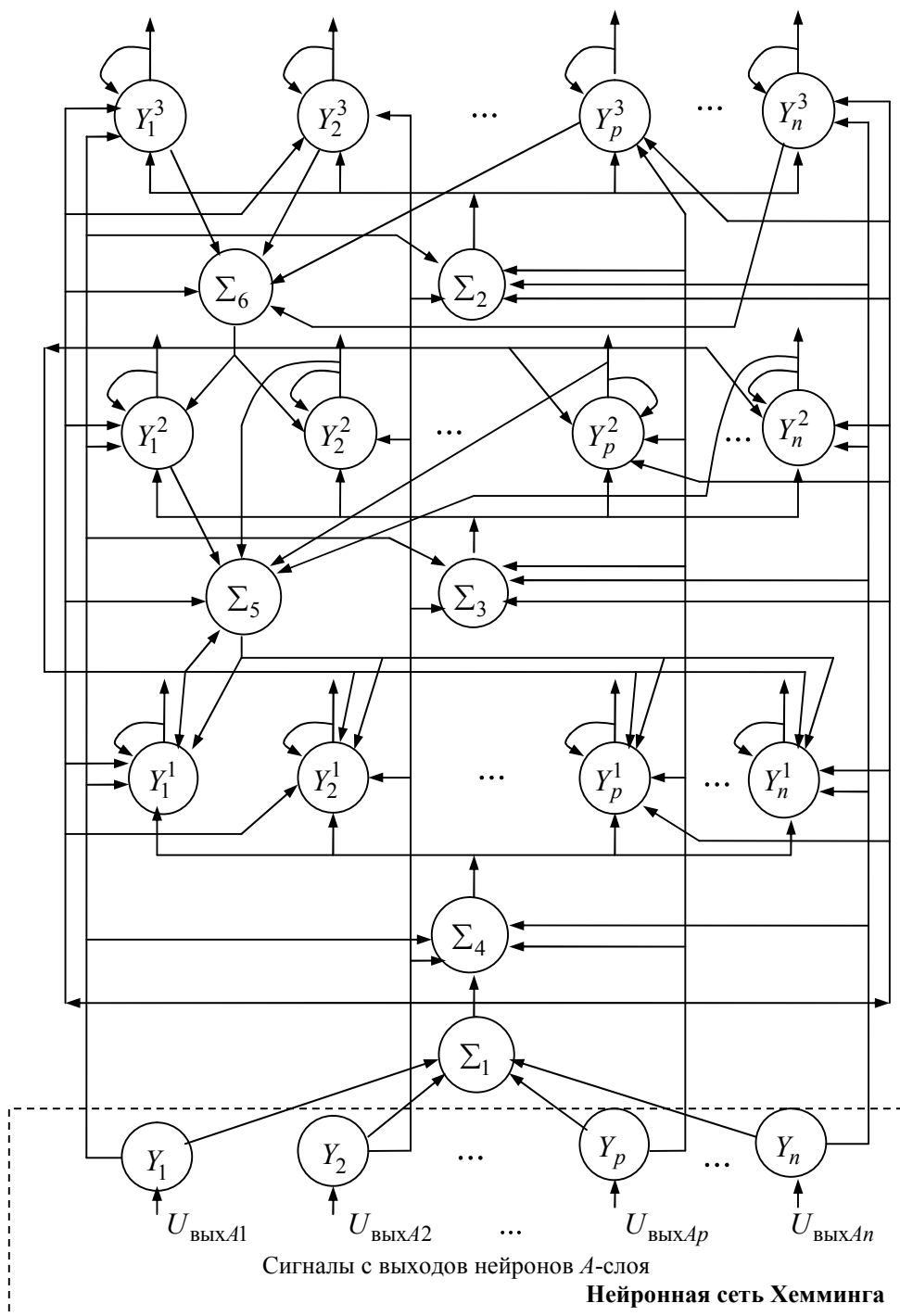


Рис. 2. Нейронная сеть для распознавания изображений, находящихся на минимальном расстоянии Хемминга от одного до четырех эталонных изображений

3. Один из четырех выходных сигналов  $U_{\text{вых}Ak1}$ ,  $U_{\text{вых}Ak2}$ ,  $U_{\text{вых}Ak3}$ ,  $U_{\text{вых}Ak4}$  становится нулевым. Без потери общности можно положить, что  $U_{\text{вых}Ak4} = 0$ . В этом случае три единичных сигнала с выходов нейронов  $Y$ -слоя переводят нейрон  $\Sigma_3$ , имеющий функцию активации вида (4) при  $k = 3$ , в единичное состояние. Поскольку нейроны  $Y^2$ -слоя имеют такие же функции активации (5), что и нейроны слоя  $Y^1$ , то единичные выходные сигналы нейронов  $Y_{k1}$ ,  $Y_{k2}$ ,  $Y_{k3}$ , и  $\Sigma_3$  переводят нейроны  $Y_{kj}^2$  ( $j = 1, 2, 3$ ) в активное состояние. Единичные выходные сигналы элементов  $Y_{kj}^2$  ( $j = 1, 2, 3$ ) по цепям обратных связей фиксируют свои единичные выходные сигналы и переводят в пассивное состояние все нейроны  $Y^1$ -слоя с помощью нейрона  $\Sigma_5$ , который имеет функцию активации вида

$$U_{\text{вых}\Sigma_5} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх}} \geq 1, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх}} < 1. \end{cases} \quad (6)$$

Единичные выходные сигналы нейронов  $Y_{kj}^2$  ( $j = 1, 2, 3$ ) переводят нейрон  $\Sigma_5$  в активное состояние, и его единичный выходной сигнал поступает на входы сброса в нуль всех нейронов  $Y^1$ -слоя. Таким образом, единичные выходные сигналы останутся только на выходах трех нейронов:  $Y_{k1}^2$ ,  $Y_{k2}^2$ ,  $Y_{k3}^3$ . Если при продолжении итерационного процесса в слое  $A$ -элементов на выходах всех активных  $A$ -нейронов одновременно появятся нулевые выходные сигналы (при этом во время итерационного процесса не перейдут в активное состояние нейроны  $\Sigma_2$  и  $\Sigma_1$ ), то единичные сигналы на выходах нейронов  $Y_{k1}^2$ ,  $Y_{k2}^2$ ,  $Y_{k3}^3$  будут указывать на то, что входное изображение находится на одинаковом расстоянии Хемминга от трех изображений, хранящихся в весах связей  $Z$ -элементов  $Z_{k1}$ ,  $Z_{k2}$ ,  $Z_{k3}$ .

Если при продолжении итерационного процесса в слое  $A$ -нейронов еще один выходной сигнал  $A$ -нейронов становится нулевым, например, без потери общности можно показать, что  $U_{\text{вых}Ak3} = 0$ , то в этом случае только два  $Y$ -нейрона ( $Y_{k1}$  и  $Y_{k2}$ ) будут иметь единичные выходные сигналы. Эти сигналы переводят нейрон  $\Sigma_2$ , имеющий функцию активации

$$U_{\text{вых}\Sigma_2} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{\text{вх}\Sigma_2} = 2, \\ 0, & \text{если } U_{\text{вх}\Sigma_2} \neq 2, \end{cases}$$

в активное состояние. Поскольку элементы  $Y^3$ -слоя имеют такие же функции активации (5), что и нейроны слоев  $Y^1$  и  $Y^2$ , то единичные выходные сигналы нейронов  $Y_{k1}$ ,  $Y_{k2}$  и  $\Sigma_2$  переводят нейроны  $Y_{k1}^3$  и  $Y_{k2}^3$  в активное состояние. Сигналы  $U_{\text{вых}Y_{k1}^3}$ ,  $U_{\text{вых}Y_{k2}^3}$  по цепям обратных связей фиксируют единичные выходные сигналы нейронов  $Y_{k1}^3$  и  $Y_{k2}^3$  и поступают на входы нейрона  $U_{\Sigma_6}$ , имеющего функцию активации вида (6). Единичный выходной сигнал нейрона  $\Sigma_6$  поступает на входы сброса в ноль всех нейронов  $Y^1$ - и  $Y^2$ -слоев и нейрона  $\Sigma_5$ , переводя их в пассивное состояние. Нулевые сигналы будут и на выходах нейронов  $\Sigma_3$  и  $\Sigma_4$ , поскольку их функции активации описываются соотношением (4), а на выходах слоя  $Y$ -нейронов будет только два единичных сигнала. Если при продолжении итерационного процесса в слое  $A$ -элементов на выходах нейронов  $A_{k1}$  и  $A_{k2}$  одновременно появятся нулевые выходные сигналы, то единичные выходные сигналы  $Y_{k1}^3$  и  $Y_{k2}^3$  будут указывать, что входное изображение находится на одинаковом расстоянии Хемминга от двух эталонных изображений, хранящихся в весах связей нейронов  $Z_{k1}$  и  $Z_{k2}$ .

Аналогично, если при продолжении итерационного процесса в слое  $A$ -нейронов еще один выходной сигнал  $A$ -элемента становится нулевым, например,  $U_{\text{вых}A_{k2}} = 0$ , то в этом случае только один нейрон  $Y_{k1}$  будет иметь единичный выходной сигнал, который переведет нейрон  $\Sigma_1$  в активное состояние. Единичный выходной сигнал нейрона  $\Sigma_1$  поступает на входы сброса в ноль всех нейронов  $Y^1$ -,  $Y^2$ -,  $Y^3$ -слоев и нейронов  $\Sigma_5$  и  $\Sigma_6$ , переводя их в пассивное состояние. В этом случае входное изображение находится на минимальном расстоянии Хемминга от эталонного изображения, хранящегося в весах связей нейрона  $Z_{k1}$ .

Таким образом, рассмотрен алгоритм получения от одного до четырех решений при распознавании изображений, находящихся на минимальном расстоянии от одного до четырех эталонных изображений, хранящихся в весах связей  $Z$ -нейронов. При этом описан наиболее трудоемкий алгоритм, когда вначале с помощью итерационного процесса в слое  $A$ -нейронов выделяются четыре

нейрона-кандидата в  $Y$ -слое, а затем последовательно анализируются возможности отнесения входного изображения к четырем, трем или двум различным классам изображений. Если входное изображение не находится на одинаковом расстоянии Хемминга от нескольких эталонных изображений, то выделяется единственное эталонное изображение, находящееся на минимальном расстоянии Хемминга от входного.

Аналогичным образом может быть проиллюстрировано функционирование нейронной сети и для других случаев, например, когда вначале выделяется не четыре, а три или два  $A$ -нейрона с положительными выходными сигналами, когда вначале выделяется четыре  $A$ -нейрона, а затем – два или один и т.д.

**Выводы.** Таким образом, разработана дискретная нейронная сеть, использующая расстояние Хемминга при распознавании черно-белых изображений и способная распознавать изображения, находящиеся на минимальном расстоянии Хемминга от одного до четырех эталонных изображений, хранящихся в весах связей нейронов  $Z$ -слоя. Сеть имеет однотипную наращиваемую с помощью дополнительных слоев нейронов архитектуру, которую можно обобщить и на распознавание изображений, находящихся на одинаковом расстоянии Хемминга от произвольного числа  $k$  ( $k \geq 5$ ) эталонных изображений.

**Список литературы:** 1. Ямпольський Л.С. Нейротехнології та нейросистеми / Л.С. Ямпольський. – К.: Монографія. – "Дорадо-Друк, 2015. – 508 с. 2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. 3. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А.Б. Барский. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с. 4. Fausett L. Fundamentals of Neural Network. Architectures, Algorithms and Applications / L. Fausett. – New Jersey: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p. 5. Dmitrienko V.D. Neural Networks Art: Solving problems with multiple solutions and new teaching algorithm / V.D. Dmitrienko, A.Yu. Zakovorotnyi, S.Yu. Leonov, I.P. Khavina // Open Neurology Journal. – 2014. – Vol. 8. – P. 15-21. 6. Дмитрієнко В.Д. Моделирование и оптимизация процессов управления движением дизель-поездов / В.Д. Дмитрієнко, А.Ю. Заковоротный. – Харьков: Изд-во "НТМТ", 2013. – 248 с. 7. Дмитрієнко В.Д. Вычислительная сеть для решения задач распознавания с несколькими решениями / В.Д. Дмитрієнко, И.П. Хавина // Вестник НТУ "ХПИ". – 2007. – № 19. – С. 58-63. 8. Grossberg S. Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance / S. Grossberg // Cognitive Science. – 1987. – Vol. 11. – P. 23-63. 9. Дмитрієнко В.Д. Нейронная сеть, использующая расстояние Хемминга для распознавания изображений на границах нескольких классов / В.Д. Дмитрієнко, А.Ю. Заковоротный // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2013. – № 39 (1012). – С. 57-67.

**References:**

1. Yampolsky, L.S. (2015). *Neurotechnology and Neurosystems*. Monograph, Dorado-Print, Kiev, 508 p.

2. Haykyn, S. (2006), *Neural networks: full course*. Publishing House "Williams", Moscow, 1104 p.
3. Barsky, A.B. (2004), *Neural networks: recognition, management, decision-making*. Finance and statistics, Moscow, 176 p.
4. Fausett, L. (1994), *Fundamentals of Neural Network. Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 461 p.
5. Dmitrienko, V.D., Zakovorotnyi, A.Yu., Leonov, S.Yu., and Khavina, I.P. (2014), "Neural Networks Art: Solving problems with multiple solutions and new teaching algorithm", *Open Neurology Journal*, Vol. 8, pp. 15-21.
6. Dmitrienko, V.D., and Zakovorotnyi, A.Yu., (2013), *Modeling and optimization of processes of control of movement of diesel trains*, Publishing house "NTMT", Kharkov, 248 p.
7. Dmitrienko, V.D., and Khavina, I.P., (2007), "A computer network for solving recognition problems with several solutions", *Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling*, Vol. 19, pp. 58-63.
8. Grossberg, S., (1987), "Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance", *Cognitive Science*, Vol. 11, pp. 23-63.
9. Dmitrienko, V.D., and Zakovorotnyi, A.Yu., (2013), "Neural network using the Hamming distance to recognize images at the boundaries of several classes", *Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling*, Vol. 39, pp. 57-67.

*Поступила (received) 03.11.2017*

*Статью представил д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель Украины, зав. кафедрой "Системы информации" НТУ "ХПИ" Серков А.А.*

Dmitrienko Valerii, Dr. Tech. Sci., Professor  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"  
Str. Kirpichova, 21, Kharkov, Ukraine, 61002  
Tel.: +38 (057) 707-61-98, e-mail: valdmitrienko@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0003-2523-595x

Zakovorotnyi Alexandr, , Dr. Tech. Sci., Docent  
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"  
Str. Kirpichova, 21, Kharkov, Ukraine, 61002  
Tel.: +38 (067) 546-35-27, e-mail: zakovorotnyi@kpi.kharkov.ua  
ORCID ID: 0000-0003-4415-838x

Leonov Sergey, Dr. Tech. Sci., Professor  
National Technical University "Kharkiv Politechnical Institute"  
Str. Kirpichova, 21, Kharkov, Ukraine, 61002  
Tel.: (099) 911-911-3, e-mail: serleomail@gmail.com  
ORCID ID 0000-0001-8139-0458

УДК 519.71:004.89

**Нейронна мережа Хеммінга для вирішення завдань з декількома рішеннями / Дмитрієнко В.Д., Заковоротний О.Ю., Леонов С.Ю.** // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2017. – № 50 (1271). – С. 119 – 129.

У статті викладені результати аналізу особливостей функціонування дискретної нейронної мережі Хеммінга, яка не може розпізнавати вхідні чорно-білі зображення, що знаходяться на однаковій мінімальній відстані від двох або більшого числа еталонних зображень. Проаналізовано недоліки нейронних мереж, що використовують відстань Хеммінга і вирішують цю задачу для зображень, які перебувають на кордонах двох або трьох класів зображень. Запропоновано модифікація нейронної мережі Хеммінга, що розпізнає зображення на кордонах кількох класів. Іл.: 2. Бібліогр.: 9 назв.

**Ключові слова:** нейронна мережа Хеммінга; еталонні зображення; зображення на кордонах кількох класів.

УДК 004.89

**Нейронная сеть Хемминга для решения задач с несколькими решениями / Дмитриенко В.Д., Заковоротный А.Ю., Леонов С.Ю.** // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2017. – № 50 (1271). – С. 119 – 129.

В статье изложены результаты анализа особенностей функционирования дискретной нейронной сети Хемминга, которая не может распознавать входные черно-белые изображения, находящиеся на одинаковом минимальном расстоянии от двух или большего числа эталонных изображений. Проанализированы недостатки нейронных сетей, использующих расстояние Хемминга и решающих эту задачу для изображений, находящихся на границах двух или трех классов изображений. Предложены модификация нейронной сети Хемминга, распознающей изображения на границах нескольких классов. Ил.: 2. Библиогр.: 9 назв.

**Ключевые слова:** нейронная сеть Хемминга; эталонные изображения; изображения на границах нескольких классов.

UDC 519.71:004.89

**The Hamming neural network for solving problems with several solutions / Dmitrienko V.D., Zakovorotnyi A.Y., Leonov S.Yu.** // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2017. – № 50 (1271). – P. 119 – 129.

The article presents the results of an analysis of the features of the functioning of the discrete neural network of Hamming, which can not recognize input black-and-white images that are at the same minimum distance from two or more reference images. The shortcomings of neural networks using the Hamming distance and solving this problem for images located on the boundaries of two or three classes of images are analyzed. A modification of the neural network of Hamming, recognizing images on the boundaries of several classes. Figs.: 2. Refs.: 9 titles.

**Keywords:** neural network of Hamming; reference images; images on the boundaries of several classes.