



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108949** (13) **C2**  
(51) МПК

**G06G 7/60** (2006.01)  
**G06N 3/04** (2006.01)  
**G06F 15/18** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

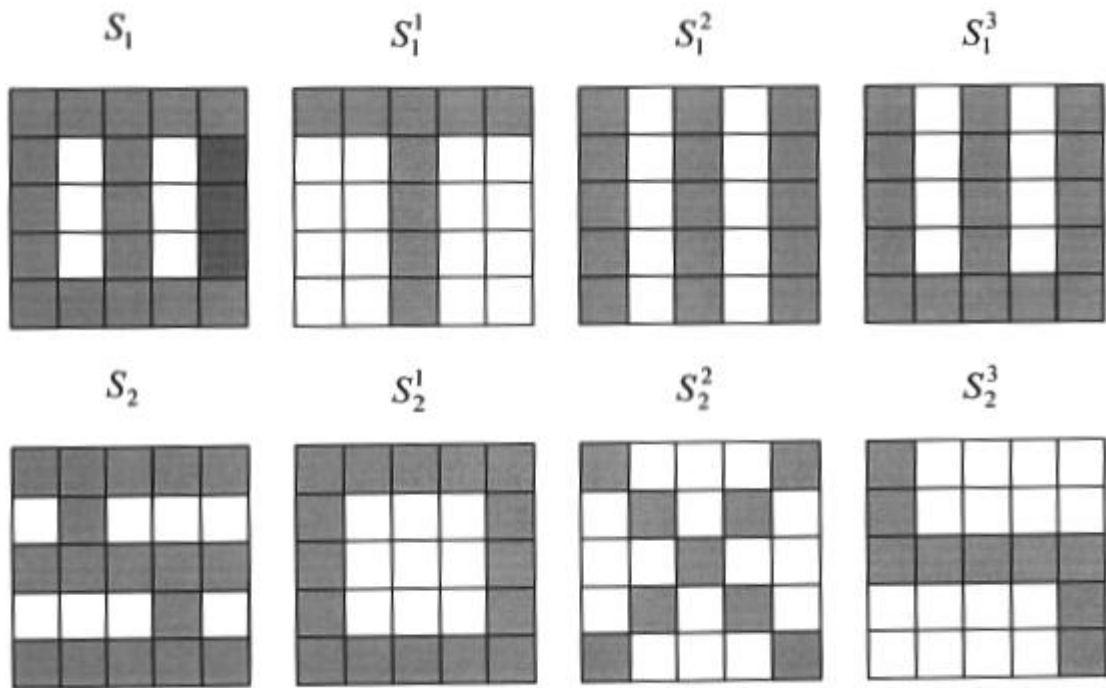
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2014 02642</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>17.03.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.06.2015</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.12.2014, Бюл.№ 23</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.06.2015, Бюл.№ 12</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Дмитрієнко Валерій Дмитрович (UA), Заковоротний Олександр Юрійович (UA), Бречко Вероніка Олександрівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 344 с UA 18624 U, 15.11.2006 UA 47481 U, 10.02.2010 UA 62606 U, 12.09.2011 UA 33321 U, 10.06.2008 US 5313558 A, 17.05.1994 US 5634063 A, 27.05.1997 US 4979126 A, 18.12.1990 JPH 06161981 A, 10.06.1994 JPH 0447482 A, 17.02.1992</p>
--	--

**(54) ПРИСТРІЙ N-НАПРАВЛЕНОЇ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ**

**(57) Реферат:**

Пристрій N-направленої асоціативної пам'яті належить до вимірювальної техніки і може бути використаний при побудові систем керування або діагностики такого складного технічного об'єкта як дизель-поїзд з тяговими асинхронними електроприводами. Пристрій має можливість зберігання та відновлення з пам'яті множинних асоціацій завдяки тому, що в структуру мережі було введено додаткові вихідні шари нейронів. Технічним результатом є здатність відновлювати одному вхідному вектору N вихідних асоціативних зображень.

UA 108949 C2



Фиг. 2

Винахід належить до обчислювальної техніки, зокрема до області побудови автоматизованих систем керування та діагностики складних технічних об'єктів.

Винахід може бути використаний при побудові систем керування або діагностики такого складного технічного об'єкта як дизель-поїзд з тяговими асинхронними електроприводами.

5 Відомий пристрій гетероасоціативної пам'яті складається з двох сенсорних шарів нейронів та однонаправлених зв'язками між ними. Якщо в мережі число вхідних нейронів більше числа вихідних, то мережа може використовуватись як гетероасоціативна пам'ять, а якщо в мережі число вхідних нейронів рівне числу вихідних, то мережа використовується як автоасоціативна пам'ять [1].

10 Недоліком відомого пристрою є те, що він не передбачає двонаправленого відновлення асоціативних зображень зі своєї пам'яті.

Відомий пристрій двонаправленої асоціативної пам'яті, що складається з двох сенсорних шарів нейронів та відрізняється тим, що в нього уведено два керуючі нейрони, зв'язані вихідними зв'язками з керуючими нейронами відповідних модулів та вхідними зв'язками з усіма нейронами в проміжному шарі, елементи якого зв'язані парами двонаправлених зв'язків з відповідними їм елементами розпізнавальних шарів двох однотипних паралельно працюючих модулів, кожний з яких являє собою дискретну нейронну мережу адаптивної резонансної теорії, що містить у собі шари інтерфейсних елементів, нейрони яких пов'язані з відповідними їм елементами сенсорних шарів парами бінарних двонаправлених зв'язків, шари розпізнавальних елементів, нейрони яких пов'язані з кожним з елементів у відповідних їм інтерфейсних шарах парами двонаправлених зв'язків з безперервними ваговими коефіцієнтами, вирішуючі нейрони, які зв'язані збудливими вхідними зв'язками з усіма елементами сенсорних шарів, гальмуючими вхідними зв'язками з усіма елементами інтерфейсних шарів та збудливими вихідними зв'язками з усіма елементами розпізнавальних шарів й керуючі нейрони модулів, які зв'язані збудливими вхідними зв'язками з усіма елементами сенсорних шарів, збудливими вихідними зв'язками з усіма елементами інтерфейсних шарів та гальмуючими вхідними зв'язками з усіма елементами розпізнавальних шарів, а також зв'язані вхідними зв'язками з відповідними керуючими нейронами мережі [2].

30 При порівнянні з першим аналогом даний пристрій здатен здійснювати двонаправлене відновлення асоціативних зображень зі своєї пам'яті. Однак недоліком розглянутого пристрою двонаправленої асоціативної пам'яті є складність його апаратної реалізації.

Найбільш близьким до заявленого пристрою є пристрій нейронної мережі, що одержала назву двонаправленої асоціативної пам'яті й складається з двох сенсорних шарів елементів, нейрони яких зв'язані між собою парами зв'язаних двонаправлених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами [3].

40 При порівнянні з відомими аналогами пристрій-прототип (двонаправлена асоціативна пам'ять) має спрощену структурну реалізацію й здатен здійснювати двонаправлене відновлення асоціативних зображень (векторів) зі своєї пам'яті. Однак у розглянутого прототипу для кожного вхідного зображення в пам'яті зберігається лише одне асоціативне йому вихідне зображення, тобто відсутня можливість зберігання та відновлення з пам'яті пристрою N асоціативних вхідному вектору зображень.

Таким чином, недоліком прототипу є те, що він не в змозі для кожного вхідного зображення зберігати та відновлювати зі своєї пам'яті N асоціативних зображень, які є асоціативними вхідному вектору.

45 Задачею винаходу - розробка пристрою N-направленої асоціативної пам'яті, що має можливість зберігання та відновлення з пам'яті пристрою N асоціативних вхідному вектору зображень.

50 Задача вирішується завдяки тому, що пристрій двонаправленої асоціативної пам'яті, який складається з двох сенсорних шарів елементів, нейрони яких зв'язані між собою парами зв'язаних двонаправлених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами, перебудовується шляхом введення в його структуру додаткових (N-1) сенсорних шарів нейронів, що пов'язані з першим шаром сенсорних елементів парами двонаправлених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами.

55 У результаті додавання в структуру нейронної мережі перерахованих вище сенсорних шарів нейронів досягається можливість зберігання та відновлення з пам'яті пристрою множинних асоціацій. Це стає можливим завдяки тому, що вхідний сенсорний шар нейронів пов'язаний одразу з N шарами елементів, що дозволяє одному вхідному зображенню асоціювати N вихідних.

Винахід ілюструється рисунком (фіг. 1), на якому наведена схема пристрою N-направленої асоціативної пам'яті, що розроблена на основі нейронних мереж двонаправленої асоціативної пам'яті.

Винахід складається з вхідного сенсорного шару нейронів  $X_i (i=1, \dots, n)$  та N вихідних  $Y_{q_1}^1 (q_1=1, \dots, g_1), Y_{q_2}^2 (q_2=1, \dots, g_2), \dots, Y_{q_{N-1}}^{N-1} (q_{N-1}=1, \dots, g_{N-1})$  та  $Y_{q_N}^N (q_N=1, \dots, g_N)$ , елементи яких пов'язані парами двонаправлених зважених зв'язків з ваговими коефіцієнтами  $W_{iq_1}^{11}, W_{iq_1}^{12} (i=1, \dots, n; q_1=1, \dots, g_1), W_{iq_2}^{21}, W_{iq_2}^{22} (i=1, \dots, n; q_2=1, \dots, g_2), \dots, W_{iq_{N-1}}^{(N-1)1}, W_{iq_{N-1}}^{(N-1)2} (i=1, \dots, n; q_{N-1}=1, \dots, g_{N-1})$  та  $W_{iq_N}^{N1}, W_{iq_N}^{N2} (i=1, \dots, n; q_N=1, \dots, g_N)$  відповідними їм елементами вихідних шарів нейронів, де верхні індекси матриць вагових коефіцієнтів - це номер вихідного шару, з яким з'єднує матриця та номер самої матриці відповідно. Перший верхній індекс показує, що нейрони вхідного шару з'єднані з нейронами відповідного вихідного шару, другий: 1, коли матриця зв'язків передає сигнали нейронів X-шару нейронам відповідного вихідного шару, й 2, навпаки, коли матриця зв'язків передає сигнали вихідного шару нейронам X-шару. Перші нижні індекси вказують на нейрони, що видають сигнали, а другі - на нейрони, що приймають сигнали.

Розроблена N-направлена асоціативна пам'ять функціонує відповідно до двох алгоритмів: навчання й розпізнавання. Алгоритм навчання являє собою процес визначення навчального набору зображень й побудови матриць вагових коефіцієнтів між вхідним та вихідними шарами нейронів.

Навчання проводиться з використанням навчального набору зображень. Процес навчання реалізовується в формі обчислень, це означає, що спочатку обчислюється N вагових матриць за формулою:

$$W_{iq_k}^{1k} = \sum_{p=1}^L S_i^p t_j^{pk}, \quad i = \overline{1, n}, \quad q_k = \overline{1, g_k}, \quad (1)$$

де  $W_{iq_k}^{1k}$  - елемент матриці зв'язків від шару X-нейронів до  $Y_{q_k}^k$ -шару ( $k = \overline{1, N}$ ) нейронів,  $S_i^p$ ,  $t_j^{pk}$  - пари асоціативних зображень, P - номер набору асоціативних зображень, L - загальна кількість наборів.

Для біполярних вхідних зображень функції активації  $f_p(U_{вх.р})$  для елементів X- і Y-шарів задаються виразом:

$$U_{вх.р}(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } U_{вх.р}(t) > \theta_p, \\ U_{вх.р}(t), & \text{якщо } U_{вх.р}(t) = \theta_p, \\ 0, & \text{якщо } U_{вх.р}(t) < \theta_p, \end{cases} \quad (2)$$

де  $\theta_p$  - поріг P-го елемента.

Розглянемо приклад навчання мережі з біполярними нейронами для запам'ятовування двох наборів асоціативних зображень  $(S_1, S_1^1, S_1^2, S_1^3)$  та  $(S_2, S_2^1, S_2^2, S_2^3)$ , де  $S_1, S_2$  - вхідні зображення,  $S_1^1, S_1^2, S_1^3$  та  $S_2^1, S_2^2, S_2^3$  - асоціативні зображення для першого та другого вхідних зображень відповідно, що представлені на фіг. 2, та описуються двійковими векторами:

$S_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1)$ ,  
 $S_1^1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1)$ ,  
 $S_1^2 = (1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1)$ ,  
 $S_1^3 = (1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$  та  
 $S_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1)$ ,  
 $S_2^1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1)$ ,  
 $S_2^2 = (1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1)$ ,  
 $S_2^3 = (1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$ .

При цьому матриці вагових коефіцієнтів, що розраховуються за допомогою формули (1), представлені в таблицях 1-3.

Таблиця 1

Матриця вагових коефіцієнтів  $W_{iq_1}^1$  між вхідним та першим вихідним шаром нейронів N-направленої асоціативної пам'яті

2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
-2	-2	-2	-2	-2	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	-2	0	0
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	2	0	2	2
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	2	0	2	2
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
-2	-2	-2	-2	-2	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	-2	0	0
0	0	0	0	0	-2	0	0	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	0	2	0	-2	-2	-2	0	-2	-2
0	0	0	0	0	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	0	-2	0	2	2	2	0	2	2
-2	-2	-2	-2	-2	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	-2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0
2	2	2	2	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	2	0	0

- 5      Перевірка працездатності роботи N-направленої асоціативної пам'яті. При поданні на вхід вектору  $S_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$ , асоційованого вектора  $S_1^1$  отримаємо:  
 $S_1 W_{iq_1}^1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1) \cdot W_{iq_1}^1 = (30, 30, 30, 30, 30, -14, -28, 4, -28, -14, -14, -28, 14, -28, -14, -14, -28, 14, -28, -14, -14, -14, 30, -14, -14)$ .

Таблиця 2

Матриця вагових коефіцієнтів  $W_{iq_2}^1$  між вхідним та другим вихідним шаром нейронів N-направленої асоціативної пам'яті

2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
0	0	0	0	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0
0	0	-2	0	0	-2	2	-2	2	-2	-2	0	0	0	-2	-2	2	-2	2	-2	0	0	-2	0
0	0	2	0	0	2	-2	2	-2	2	2	0	0	0	2	2	-2	2	-2	2	0	0	2	0
-2	2	0	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	0	2	-2
0	0	2	0	0	2	-2	2	-2	2	2	0	0	0	2	2	-2	2	-2	2	0	0	2	0
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
0	0	-2	0	0	-2	2	-2	2	-2	-2	0	0	0	-2	-2	2	-2	2	-2	0	0	-2	0
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
0	0	2	0	0	2	-2	2	-2	2	2	0	0	0	2	2	-2	2	-2	2	0	0	2	0
2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	2	2
0	0	2	0	0	2	-2	2	-2	2	2	0	0	0	2	2	-2	2	-2	2	0	0	2	0
0	0	-2	0	0	-2	2	-2	2	-2	-2	0	0	0	-2	-2	2	-2	2	-2	0	0	-2	0
0	0	2	0	0	2	-2	2	-2	2	2	0	0	0	2	2	-2	2	-2	2	0	0	2	0
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2
2	-2	0	-2	2	0	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	0	0	0	0	2	-2	0	-2	2

Таблиця 3

Матриця вагових коефіцієнтів  $W_{iq_3}^1$  між вхідним та третім вихідним шаром нейронів N-направленої асоціативної пам'яті

2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	-2	0	-2	0	2	0	2	0	0	2	2	2	2	0
0	0	-2	0	-2	0	0	-2	0	0	0	2	0	2	0	-2	0	-2	0	0	-2	-2	-2	-2	0
-2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	2	-2	2	-2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	2	2
2	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0
0	0	-2	0	-2	2	0	-2	0	2	2	2	2	2	2	-2	0	-2	0	2	-2	-2	-2	-2	2
2	-2	0	-2	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0
0	0	-2	0	-2	2	0	-2	0	2	2	2	2	2	2	-2	0	-2	0	2	-2	-2	-2	-2	2
0	0	-2	0	-2	2	0	-2	0	2	2	2	2	2	2	-2	0	-2	0	2	-2	-2	-2	-2	2
0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	2	-2	2	-2	2	2	0	2	0	2	2	2	2	2	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2
2	-2	0	-2	0	2	-2	0	-2	2	2	0	2	0	2	0	-2	0	-2	2	0	0	0	0	2

Використовуючи функцію активації (2) при нульовому порозі, визначаємо вектор  $S_1^1 = (1,1,1,1,1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1)$ .

При поданні на вхід вектора  $S_1 = (1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,-1,-1,1,1,1,1,1,1,1)$ , асоційованого вектору  $S_2^1$  отримаємо:

$$S_1 W_{iq_2}^{21} = (1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,1,1,1) \cdot W_{iq_2}^{21} =$$

$$= (30, -30, 18, -30, 30, 18, -20, 18, -20, 18, 18, -30, 30, -30, 18, 18, -20, 18, -20, 18, 30, -30, 18, -30, 30).$$

Використовуючи функцію активації (2) при нульовому порозі, визначаємо вектор

$$S_2^1 = (1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1).$$

При поданні на вхід вектора  $S_1 = (1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,1,1,1)$ , асоційованого

5 вектора  $S_3^1$  отримаємо:

$$S_1 W_{iq_3}^{31} = (1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,-1,1,-1,1,1,1,1,1,1) \cdot W_{iq_3}^{31} =$$

$$= (30, -30, 20, -30, 20, 16, -30, 20, -30, 16, 16, -20, 16, -20, 16, 20, -30, 20, -30, 30, 20, 20, 20, 20, 16).$$

Використовуючи функцію активації (2) при нульовому порозі, визначаємо вектор

$$S_2^1 = (1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1).$$

10 В алгоритмах функціонування пристрою N-направленої асоціативної пам'яті прийняті наступні позначення:

$r$  - максимальне число наборів асоціативних зображень;

$n$  - число бінарних компонентів у вхідному векторі;

$g_k$  - число бінарних компонентів у  $k$ -му вихідному векторі  $Y_{q_k}^k$ -шару ( $k = \overline{1, N}$ ) нейронів;

$L$  - число наборів асоціативних зображень, що запам'ятовуються;

15  $W_{iq_k}^{k1}, W_{q_{ki}^k}^{k2} (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, N}; q_k = \overline{1, g_k})$  - ваги зв'язків від елементів вхідного шару до елементів  $k$ -го вихідного шару;

$U_{вх.X_i}$  - вхідний сигнал  $i$ -го елемента вхідного шару нейронної мережі ( $i = \overline{1, \dots, n}$ );

$U_{вих.X_i}$  - вихідний сигнал  $i$ -го елемента вхідного шару нейронної мережі ( $i = \overline{1, \dots, n}$ );

$U_{вх.Y_{q_k}^k}$  - вхідний сигнал  $q$ -го елемента  $k$ -го вихідного шару нейронної мережі ( $q_k = \overline{1, \dots, g_k}$ );

20  $U_{вих.Y_{q_k}^k}$  - вихідні сигнал  $q$ -го елемента  $k$ -го вихідного шару нейронної мережі ( $q_k = \overline{1, \dots, g_k}$ );

$(S_1, S_1^1, \dots, S_1^{N-1}, S_1^N), (S_2, S_2^1, \dots, S_2^{N-1}, S_2^N), \dots, (S_r, S_r^1, \dots, S_r^{N-1}, S_r^N)$  - набори асоціативних зображень, які запам'ятовуються модулями N-направленої асоціативної пам'яті;

$S_v = (S_{v1}, \dots, S_{vn})$  - бінарний вхідний вектор  $v$ -го набору асоціативних зображень,  $v = \overline{1, \dots, n}$ .

25 Алгоритм роботи N-направленої асоціативної пам'яті в режимі визначення асоціативних зображень, передбачає виконання наступних кроків:

Крок 1. Задається початковий час:  $t=0$ . Ініціюються нульовими вхідними сигналами всі нейрони мережі:

$$U_{вх.X_i}(0) = 0; U_{вих.X_i}(0) = f_i(U_{вх.X_i}) = 0, i = \overline{1, n};$$

$$U_{вх.Y_q^1}(0) = 0; U_{вх.Y_q^2}(0) = 0; U_{вх.Y_h^{N-1}}(0) = 0; U_{вх.Y_1^N}(0) = 0;$$

$$30 U_{вих.Y_q^1}(0) = f_q(U_{вх.Y_q^1}) = 0; U_{вих.Y_q^2}(0) = f_q(U_{вх.Y_q^1}) = 0;$$

$$\dots \dots \dots U_{вих.Y_h^{N-1}}(0) = f_h(U_{вх.Y_h^{N-1}}) = 0; U_{вих.Y_1^N}(0) = f_1(U_{вх.Y_1^N}) = 0, q = \overline{1, g}; h = \overline{1, m};$$

$$l = \overline{1, d}; k = \overline{1, p}.$$

Крок 2. На входи нейронів X-шару подається зображення  $S_v = (S_{v1}, \dots, S_{vn})$ . Для даного 35 вхідного зображення  $S_v = (S_{v1}, \dots, S_{vn})$  виконуються кроки 3-8, коли на кожному з  $k$  шарів Y-нейронів отримується одне зображення, асоціативне вхідному, де  $k = \overline{1, N}$ .

Крок 3. Ініціюються ваги зв'язків  $W_{iq_k}^1, W_{iq_k}^{1T} (i = \overline{1, n}; q_k = \overline{1, g_k})$ . Задається час:  $t = t_0^{(0+k)}$ .

Крок 4. Задаються вхідні сигнали нейронів X-шарів мережі

$$U_{вх.X_i}(0) = S_{vi}, i = \overline{1, n}.$$

40 Задається час  $t = t_1^{(0+k)}$  та обчислюються вихідні сигнали X-елементів:

$$U_{\text{вих.}X_i}(t_1^{(0+k)}) = f_i(U_{\text{вих.}X_i}(t_0^{(0+k)})), \quad i = \overline{1, n}.$$

Крок 5. Доки не встановляться вихідні сигнали всіх  $X$  - та  $Y_{q_k}^k$  -нейронів, виконуються кроки 6-8.

Крок 6. Адаптується активність елементів  $Y_{q_k}^k$  -шару. Обчислюються вхідні та вихідні сигнали  $Y_{q_k}^k$  -елементів:

$$U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_1^{(0+k)}) = \sum_{i=1}^n W_{iq_k}^{k1} U_{\text{вих.}X_i}(t_1^{(0+k)}), \quad q_k = \overline{1, g_k}.$$

$$U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_2^{(0+k)}) = f_{q_k}(U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_1^{(0+k)})), \quad q_k = \overline{1, g_k}.$$

Вихідні сигнали  $Y_{q_k}^k$  -нейронів посилаються на входи елементів  $X$  -шару.

Крок 7. Адаптується активність елементів  $X$  -шару. Обчислюються вхідні та вихідні сигнали  $X$  -елементів.

$$U_{\text{вих.}X_i}(t_2^{(0+k)}) = \sum_{q_k=1}^{g_k} W_{q_k i}^{k2} U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_2^{(0+k)}), \quad i = \overline{1, n}.$$

Вихідні сигнали  $X$  -нейронів посилаються на входи елементів  $Y_{q_k}^k$  -шару та обчислюються вхідні та вихідні сигнали  $Y_{q_k}^k$  -елементів:

$$U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_3^{(0+k)}) = \sum_{i=1}^n W_{iq_k}^{k1} U_{\text{вих.}X_i}(t_3^{(0+k)}), \quad q_k = \overline{1, g_k}.$$

$$U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_4^{(0+k)}) = f_{q_k}(U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_3^{(0+k)})), \quad q_k = \overline{1, g_k}.$$

Крок 8. Перевіряється тест на збіжність. Порівнюються вихідні сигнали  $X$  -нейронів  $U_{\text{вих.}X_i}(t_3^{(0+k)})$  та  $U_{\text{вих.}X_i}(t_1^{(0+k)})$   $i = \overline{1, n}$ , відповідно, а також  $Y_{q_k}^k$  -нейронів  $U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_2^{(0+k)})$  та  $U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_4^{(0+k)})$   $q_k = \overline{1, g_k}$ , відповідно, які отримані на поточній та попередній ітераціях. Якщо не виконана хоч одна рівність

$$U_{\text{вих.}X_i}(t_3^{(1+k)}) = U_{\text{вих.}X_i}(t_1^{(1+k)}), \quad i = \overline{1, n};$$

$$U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_2^{(1+k)}) = U_{\text{вих.}Y_{q_k}^k}(t_4^{(1+k)}), \quad q_k = \overline{1, g_k},$$

то перехід до кроку 6 алгоритму, якщо  $k+1 \leq N$ , то блокуються ваг зв'язку  $W_{iq_k}^1$ ,  $W_{iq_k}^{1T}$  ( $i = \overline{1, n}; q_k = \overline{1, g_k}$ ),  $k = k+1$  та перехід до кроку 3, в іншому випадку – до кроку 9.

Крок 9. Останов.

В результаті поєднання в структурі  $N$ -направленої асоціативної пам'яті сенсорних шарів нейронів досягається можливість відновлення множинних асоціацій по одному вхідному вектору.

Таким чином, розроблений пристрій  $N$ -направленої асоціативної пам'яті здатен відновлювати по вхідному вектору  $N$  асоціативних йому зображень.

Джерела інформації:

1. Дмитриенко В.Д., Корсунов Н.И. Основы теории нейронных сетей. - Белгород: БИИММАП, 2001. - 159 с.

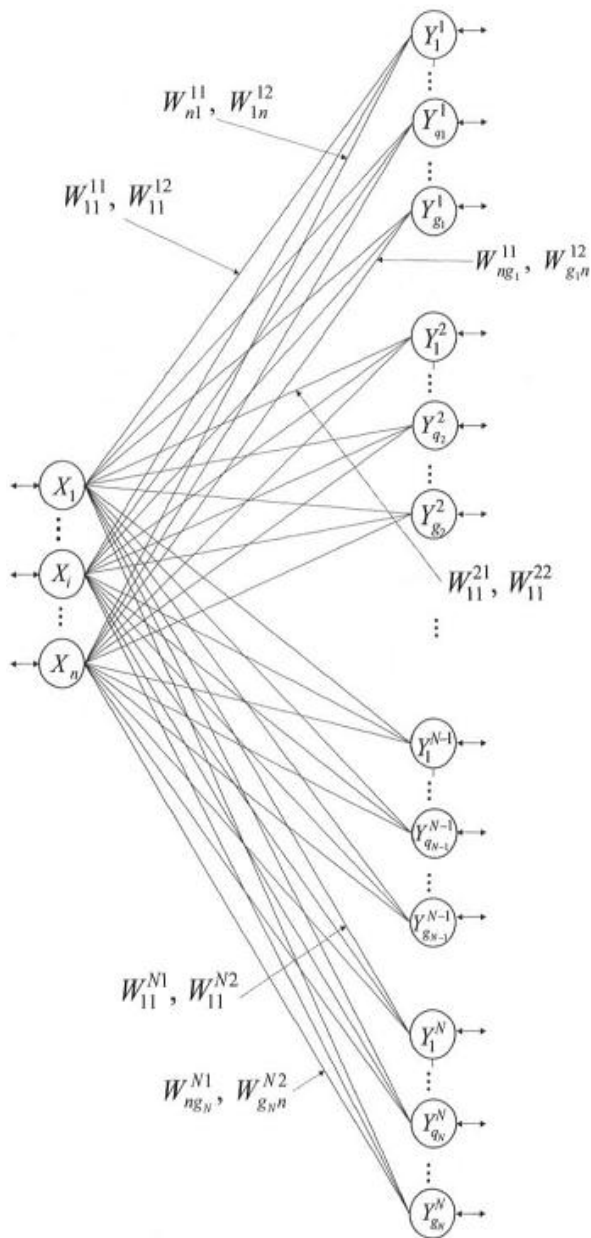
2. Пат. 18624 України МПК G06G 7/00. Пристрій двонаправленої асоціативної пам'яті / Дмитриєнко В.Д., Заковоротний О.Ю.; замовник та власник патенту Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". - № u200605460, заявлено 19.05.2006; опубліковано 15.11.2006, Бюл. № 11.

3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 344 с.

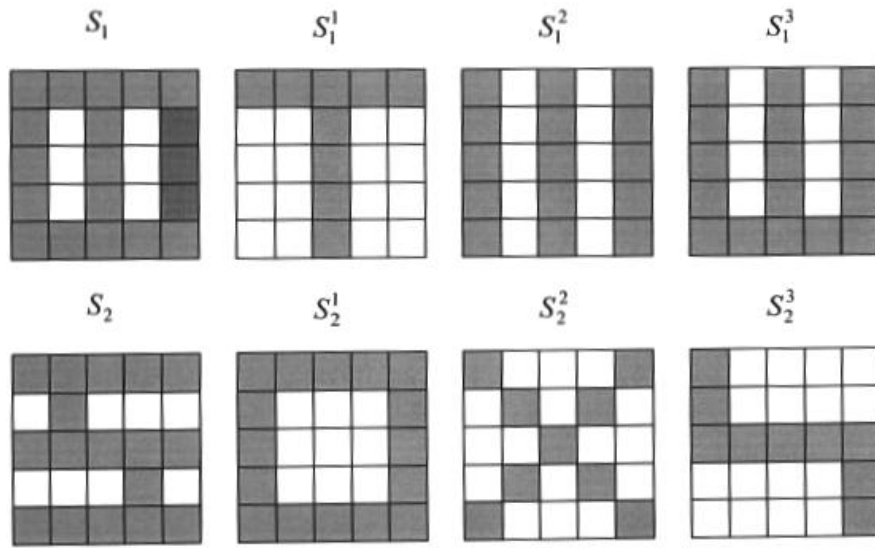


ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5 Пристрій N-направленої асоціативної пам'яті, що складається з двох сенсорних шарів елементів, нейрони яких зв'язані між собою парами зважених двонаправлених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами, який **відрізняється** тим, що введені додаткові (N-1) сенсорних шарів нейронів, що з'єднані з першим шаром сенсорних елементів парами двонаправлених зважених зв'язків з відповідними ваговими коефіцієнтами.



Фіг. 1



Фиг. 2

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601