



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108712** (13) **C2**
(51) МПК

G06G 7/60 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

G06F 15/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

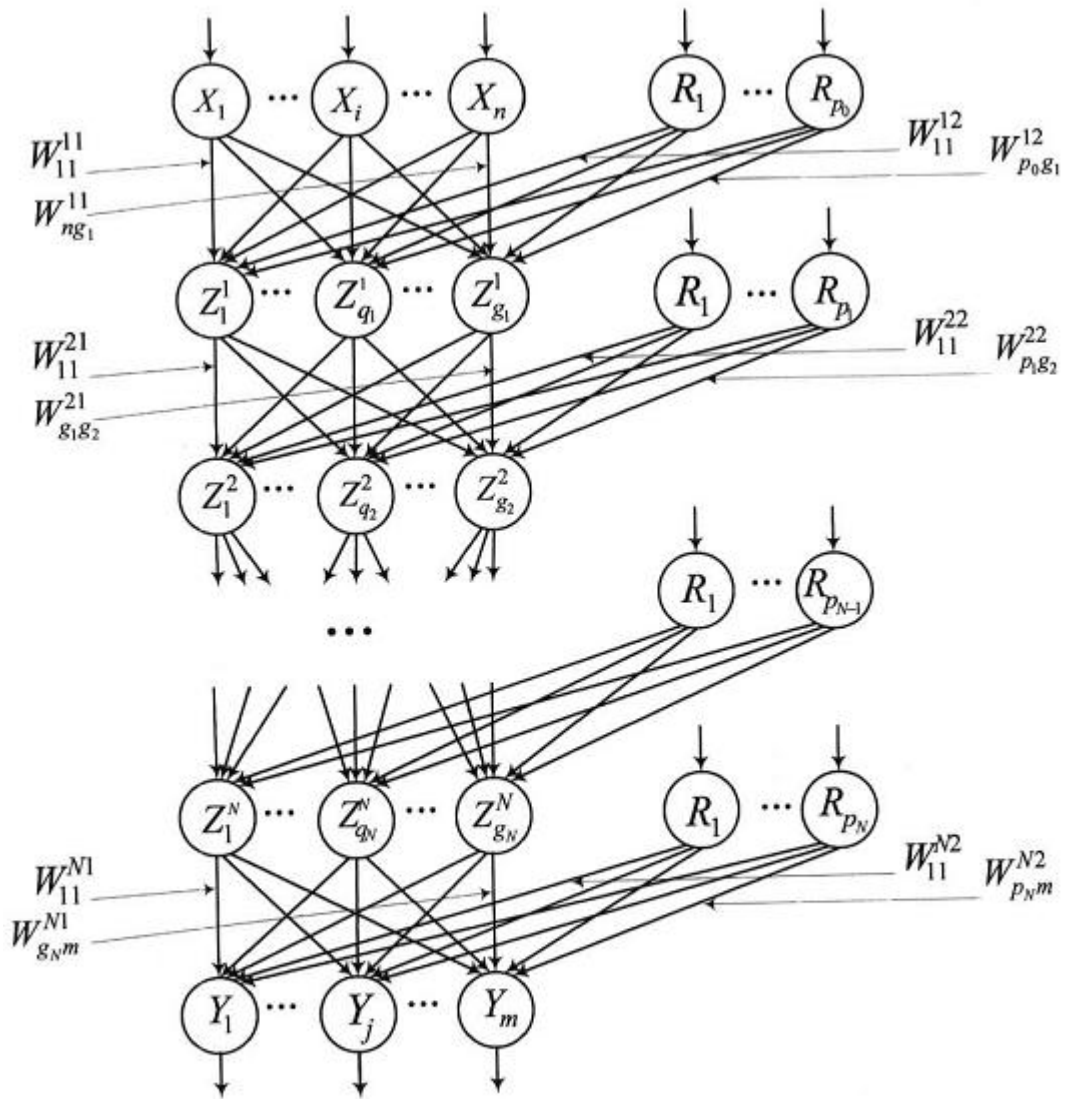
<p>(21) Номер заявки: а 2014 04330</p> <p>(22) Дата подання заявки: 22.04.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.05.2015</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.11.2014, Бюл.№ 22</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.05.2015, Бюл.№ 10</p>	<p>(72) Винахідник(и): Дмитрієнко Валерій Дмитрович (UA), Заковоротний Олександр Юрійович (UA), Хавіна Інна Петрівна (UA), Бречко Вероніка Олександрівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 18624 U, 15.11.2006 UA 33321 U, 10.06.2008 JPH 06161981 A, 10.06.1994 US 5167007 A, 24.11.1992 US 5313558 A, 17.05.1994 US 5636327 A, 03.06.1997</p> <p>Дмитрієнко В.Д. Гібридна ієрархічна нейронна мережа для зберігання знань технологічного процесу механообробки / Дмитрієнко В.Д., Хавіна І.П. // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2013. - №39(1012).- С. 68-72.</p>
--	---

(54) ПРИСТРІЙ БАГАТОШАРОВОЇ АСОЦІАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ З КЕРУЮЧИМИ НЕЙРОНАМИ

(57) Реферат:

Пристрій багат шарової асоціативної пам'яті з керуючими нейронами може бути використаний при побудові баз знань технологічних процесів та систем підтримки прийняття рішень. Розроблений пристрій може будувати асоціації з урахуванням керуючих даних завдяки тому, що в структуру мережі було введено шари керуючих нейронів. Розроблений пристрій здатен зберігати та відновлювати зі своєї пам'яті асоціативні зображення та будувати ланки асоціації з урахуванням додаткових даних.

UA 108712 C2



Фиг. 1

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 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 даного пристрою є неможливість коригування результатів за допомогою керуючих нейронів.

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 зважених 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 зважених 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].

У порівнянні з попереднім аналогом, даний пристрій містить керуючі нейрони. Однак 30 недоліком розглянутого пристрою є складність його апаратної реалізації та неможливість побудови ланцюгів асоціацій.

Найбільш близьким до заявленого пристрою є пристрій нейронної мережі, що складається з шару вхідних нейронів, шару вихідних нейронів та (N-1) шарів нейронів між ними, що послідовно з'єднані один з одним вихідними зв'язками [3].

35 При порівнянні з відомими аналогами пристрій-прототип (нейронна мережа) здатен відновлювати ланцюги асоціацій зі своєї пам'яті, але у нього відсутня можливість коригування результатів за допомогою керуючих нейронів, тобто по одному вхідному зображенню отримувати декілька асоціативних в залежності від даних керуючих нейронів.

40 Таким чином, недоліком прототипу є те, що він не в змозі отримувати декілька асоціативних зображень одному вхідному зображенню в залежності від даних керуючих нейронів.

Задача винаходу - розробка пристрою асоціативної пам'яті, що має можливість побудови асоціацій з урахуванням додаткової інформації з керуючих нейронів.

45 Задача вирішується завдяки тому, що пристрій багатошарової нейронної мережі перебудовується шляхом введення в структуру мережі (N-1) проміжних шарів обробляючих нейронів, кожен нейрон вхідного шару з'єднаний з кожним обробляючим нейроном першого проміжного шару вихідними зв'язками, кожен обробляючий нейрон кожного проміжного шару з'єднаний з кожним обробляючим нейроном наступного проміжного шару вихідними зв'язками, кожен обробляючий нейрон останнього проміжного шару з'єднаний з кожним нейроном вихідного шару вихідними зв'язками, та відрізняється тим, що у вхідний та всі проміжні шари обробляючих нейронів введено керуючі нейрони, кожен керуючий нейрон вхідного шару з'єднаний з кожним обробляючим нейроном першого проміжного шару вихідними зв'язками, кожен керуючий нейрон кожного проміжного шару пов'язаний з кожним обробляючим нейроном наступного шару вихідними зв'язками, кожен керуючий нейрон останнього проміжного шару пов'язаний з кожним обробляючим нейроном вихідного шару вихідними зв'язками.

55 У результаті додавання в структуру нейронної мережі перерахованих вище керуючих нейронів досягається можливість побудови асоціацій з урахуванням додаткової інформації.

Це стає можливим завдяки тому, що керуючі нейрони пов'язані з шарами нейронної мережі і при поданні інформації на будь-який з шарів, отримуємо скориговані асоціативні дані з урахуванням інформації керуючих нейронів.

Винахід пояснюється кресленням (фіг. 1), на якому наведена схема пристрою багат шарової асоціативної пам'яті з керуючими нейронами розробленої на основі багат шарової нейронної мережі.

Винахід складається з вхідного сенсорного шару нейронів $X_i (i = \overline{1, n})$, що містить керуючі нейрони $R_{h_0}^0 (h_0 = \overline{1, p_0})$ та вихідного шару $Y_j (j = \overline{1, m})$, а також з N проміжних шарів: шару $Z_{q_1}^1 = (q_1 = \overline{1, g_1})$ з керуючими нейронами $R_{h_1}^1 = (h_1 = \overline{1, p_1})$, шару $Z_{q_2}^2 = (q_2 = \overline{1, g_2})$ з керуючими нейронами $R_{h_2}^2 = (h_2 = \overline{1, p_2}), \dots$, шару $Z_{q_N}^N = (q_N = \overline{1, g_N})$ з керуючими нейронами $R_{h_N}^N = (h_N = \overline{1, p_N}) R^{1\wedge}$. Кожен нейрон вхідного шару $X_i (i = \overline{1, n})$ пов'язаний з кожним нейроном Z^1 -шару вихідними зв'язками $W_{i q_1}^{11} (i = \overline{1, n}; q_1 = \overline{1, g_1})$, а також кожен з керуючих нейронів $R_{h_0}^0 (h_0 = \overline{1, p_0})$ пов'язаний з кожним нейроном Z^1 - шару вихідними зв'язками $W_{h_0 q_1}^{12} (h_0 = \overline{1, p_0}; q_1 = \overline{1, g_1})$, де верхні індекси зв'язків - це номер проміжного шару, з яким з'єднує матриця зв'язків та номер самої матриці відповідно, перший індекс 1 показує, що нейрони вхідного шару з'єднані з нейронами першого проміжного шару, другий індекс: 1, коли матриця з'єднує обробляючі нейрони X - шару з обробляючими нейронами першого проміжного шару Z^1 , і 2, коли матриця з'єднує керуючі нейрони X - шару з обробляючими нейронами першого проміжного шару Z^1 . Кожен нейрон Z^1 - шару пов'язаний з кожним нейроном Z^2 - шару вихідними зв'язками $W_{q_1 q_2}^{21} (q_1 = \overline{1, g_1}; q_2 = \overline{1, g_2})$, а також кожен з керуючих нейронів $R_{h_1}^1 = (h_1 = \overline{1, p_1})$ пов'язаний з кожним нейроном Z^2 - шару вихідними зв'язками $W_{h_1 q_2}^{22} (h_1 = \overline{1, p_1}; q_2 = \overline{1, g_2})$. По аналогії кожен наступний Z^k - шар пов'язаний з наступним $Z^{(k+1)}$ - шаром вихідними зв'язками $W_{q_k q_{k+1}}^{(k+1)2} (q_k = \overline{1, g_k}; q_{k+1} = \overline{1, g_{k+1}})$ та кожен керуючий нейрон $R_{h_k}^k = (h_k = \overline{1, p_k})$ пов'язаний з кожним нейроном $Z^{(k+1)}$ - шару вихідними зв'язками $W_{h_k q_{k+1}}^{(k+1)2} (h_k = \overline{1, p_k}; q_{k+1} = \overline{1, g_{k+1}})$, де перший верхній індекс зв'язків показує, що нейрони k-го шару пов'язані з нейронами шару (k+1), другий індекс: 1, коли матриця з'єднує обробляючі нейрони шару Z^k з обробляючими нейронами проміжного шару $Z^{(k+1)}$, і 2, коли матриця з'єднує керуючі нейрони проміжного шару Z^k з обробляючими нейронами проміжного шару $Z^{(k+1)}$. Нейрони останнього проміжного Z^N - шару пов'язані з кожним нейроном вихідного Y-шару вихідними зв'язками $W_{q_N j}^{N1} (q_N = \overline{1, g_N}; j = \overline{1, m})$ та кожен керуючий нейрон $R_{h_N}^N = (h_N = \overline{1, p_N})$ пов'язаний з кожним нейроном Y- шару вихідними зв'язками $W_{h_N j}^{N2} (h_N = \overline{1, p_N}; j = \overline{1, m})$.

Розроблена мережа функціонує відповідно до двох алгоритмів: навчання й розпізнавання. Алгоритм навчання являє собою процес визначення навчального набору зображень та побудови матриць вагових коефіцієнтів.

Навчання проводиться з використанням навчального набору зображень. Процес навчання реалізується в формі обчислень, це означає, що спочатку обчислюються вагові матриці по відомих формулах [1]. Вагові зв'язки для зв'язку першого сенсорного шару та першого проміжного шару розраховуються за формулами:

$$W_{d_0 q_1} = \sum_{v=1}^L S_{d_0}^v S_{q_1}^v, d_0 = \overline{1, n+p_0}, q_1 = \overline{1, g_1}; (1)$$

$$S_{d_0}^v = S_i^v + r_{h_0}^v, (2),$$

де $W_{d_0 q_1}$ - вагові зв'язки; $S_{d_0}^v S_{q_1}^v$ - пари асоціативних зображень; v - номер пари асоціативних зображень; L - загальна кількість пар асоціативних зображень; $r_{h_0}^v$ - керуючий вектор.

В загальному вигляді формула має вигляд:

$$W_{d_k q_{(k+1)}} = \sum_{v=1}^L S_{d_k}^v S_{q_{(k+1)}}^v, d_k = \overline{1, q_k + p_k}, q_{(k+1)} = \overline{1, g_{(k+1)}}; (3)$$

$$S_{dk}^v = S_{qk}^v + r_{hk}^v \quad (4).$$

Для біполярних вхідних зображень функції активації $f_p(U_{vx,p})$ для елементів X- і Y-шарів задаються виразом:

$$U_{вих.p}(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } U_{vx,p}(t) > \theta_p, \\ U_{вих.p}(t), & \text{якщо } U_{vx,p}(t) = \theta_p, \\ 0, & \text{якщо } U_{vx,p}(t) < \theta_p \end{cases} \quad (5)$$

5 де $U_{vx,v}$ $U_{вих.v}$ - вхідні та вихідні сигнали v-го елемента, θ_p - поріг p-го елемента, $p = \overline{1, L}$.

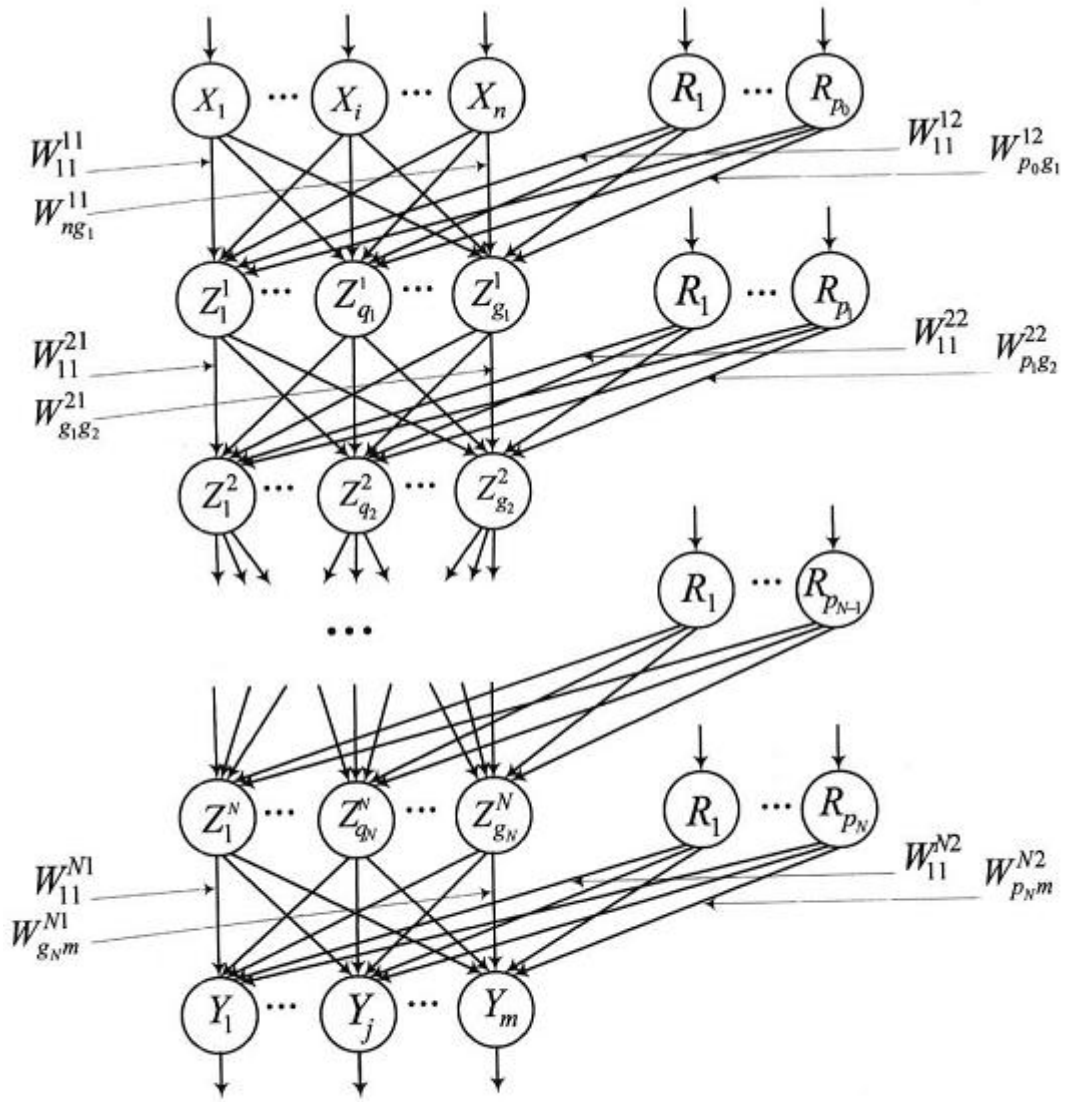
Приклад навчання мережі з біполярними нейронами для запам'ятовування двох асоціативних зображень на вхідному шарі, чотирьох - на першому проміжному шарі, вісьмох - на другому проміжному шарі та шістнадцятьох - на вихідному шарі з урахуванням керуючої інформації, представлених фіг. 2.

10 Всі запам'ятовувані образи можна представити двійковими біполярними векторами, які показані в таблиці 1, де вхідний вектор - це вектор, що подається на сенсорні нейрони вхідного шару, керуючий вектор 1 - вектор, що подається на керуючі нейрони вхідного шару, асоційований вектор 1 - вектор, що отримується на виході першого проміжного шару, керуючий вектор 2 - вектор, що подається на вхід керуючих нейронів першого проміжного шару, асоційований вектор 2 - вектор, що отримується на виході другого проміжного шару, керуючий вектор 3 - вектор, що подається на входи керуючих нейронів другого проміжного шару, асоційований вектор 3 - вектор, що отримується на виході вихідного шару нейронів.

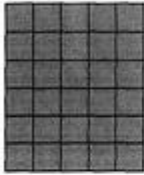

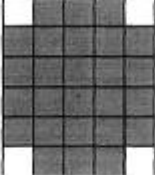

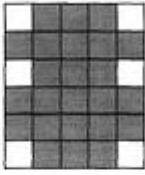

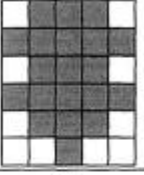

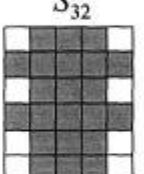

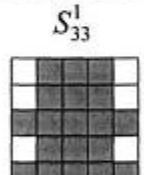

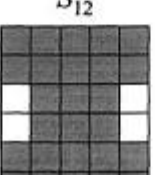

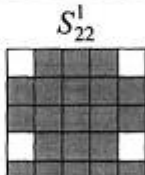

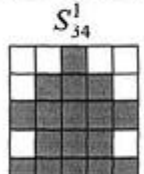

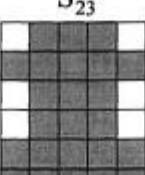

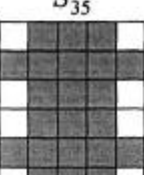
Таблиця 1

- Набори асоціативних зображень, представлених двійковими векторами


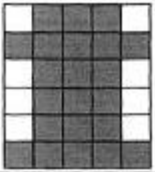

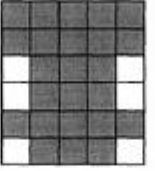

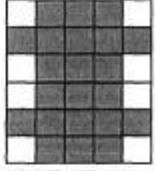

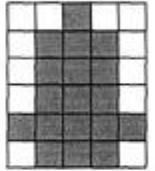
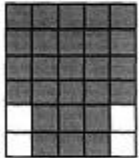

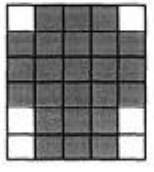

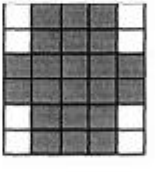

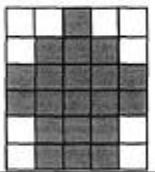

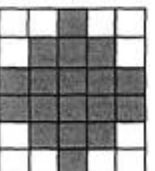

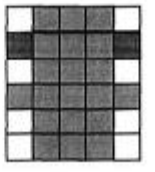

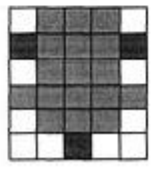
Вхідний вектор	Керуючий вектор 1	Асоційований вектор 1 (виходи першого проміжного шару)	Керуючий вектор 2	Асоційований вектор 2 (виходи другого проміжного шару)	Керуючий вектор 3	Асоційований вектор 3 (виходи третього проміжного шару)
1	2	3	4	5	6	7
$S^1 = (1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$	$r_{11} = (1,-1,-1,1,1)$	$S^1_{11} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$	$r_{21} = (-1,1,1,-1,1,1)$	$S^1_{21} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$	$r_{31} = (1,1,-1,-1,1,1)$	$S^1_{31} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$
					$r_{32} = (-1,1,-1,1,1)$	$S^1_{32} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$
			$r_{22} = (-1,1,1,1,-1)$	$S^1_{22} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$	$r_{31} = (1,1,-1,-1,1,1)$	$S^1_{33} = (-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$
					$r_{32} = (-1,1,-1,1,1)$	$S^1_{34} = (-1,-1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$




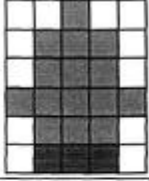

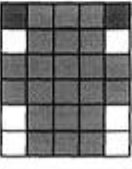



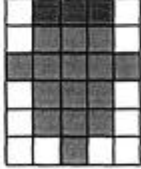

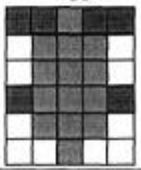

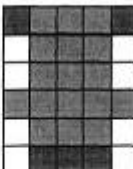

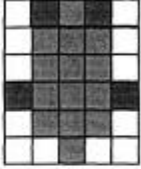

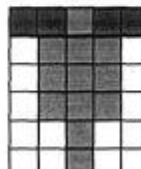
Фиг. 1

Вхідний вектор	Керуючий вектор 1-го шару	Асоційований вектор на шарі Z^1	Керуючий вектор 2-го шару	Асоційований вектор на шарі Z^2	Керуючий вектор 3-го шару	Асоційований вектор на шарі Z^3
1	2	3	4	5	6	7
S^1 	r_{11} 	S_{11}^1 	r_{21} 	S_{21}^1 	r_{31} 	S_{31}^1 
					r_{32} 	S_{32}^1 
					r_{31} 	S_{33}^1 
	r_{12} 	S_{12}^1 	r_{22} 	S_{22}^1 	r_{32} 	S_{34}^1 
			r_{21} 	S_{23}^1 	r_{31} 	S_{35}^2 

Фиг. 2

1	2	3	4	5	6	7
					r_{32} 	S_{36}^1 
			r_{22} 	S_{24}^1 	r_{31} 	S_{37}^1 
					r_{32} 	S_{38}^1 
S^2 	r_{11} 	S_{11}^2 	r_{21} 	S_{21}^2 	r_{31} 	S_{31}^2 
					r_{32} 	S_{32}^2 
			r_{22} 	S_{22}^2 	r_{31} 	S_{33}^2 

Продовження 1 фіг. 2

1	2	3	4	5	6	7
					r_{32} 	S_{34}^2 
	r_{12} 	S_{12}^2 	r_{21} 	S_{23}^2 	r_{31} 	S_{35}^2 
					r_{32} 	S_{36}^2 
			r_{22} 	S_{24}^2 	r_{31} 	S_{37}^2 
					r_{32} 	S_{38}^2 

Продовження 2 фіг. 2

