



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93316** (13) **U**  
(51) МПК  
**G06G 7/60** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

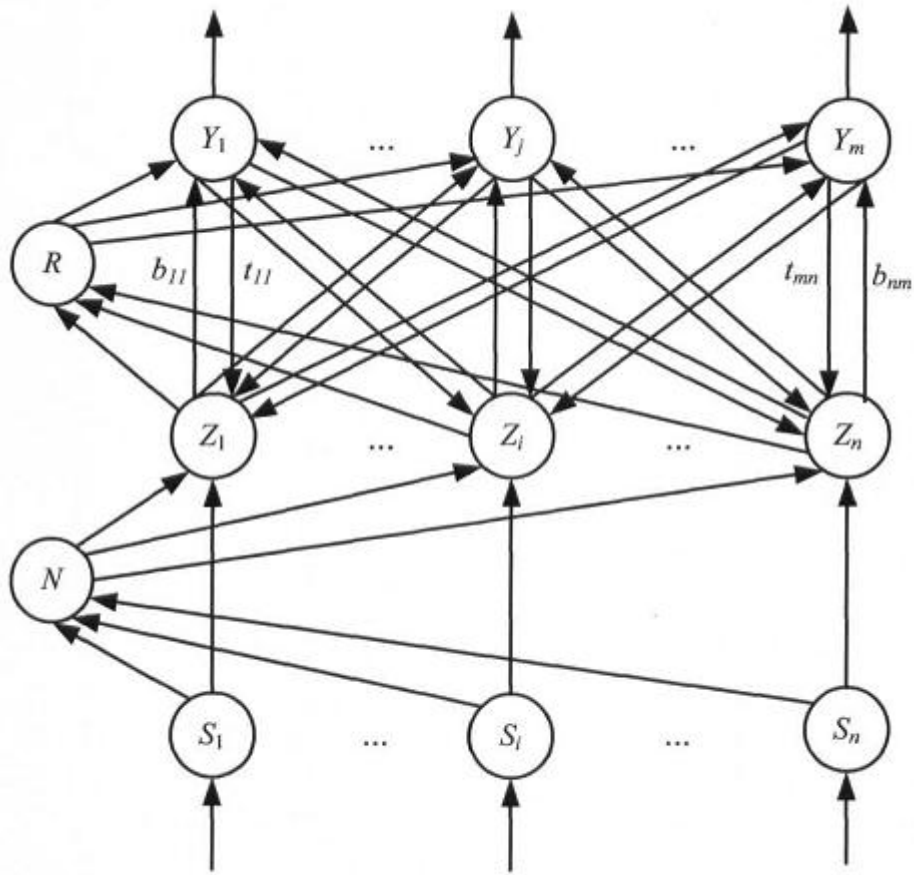
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 04328</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>22.04.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.09.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.09.2014, Бюл.№ 18</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Дмитрієнко Валерій Дмитрович (UA), Заковортний Олександр Юрійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b></p>
--	---

**(54) НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ**

**(57) Реферат:**

Нейромережевий пристрій для розпізнавання зображень, створений на основі безперервної нейронної мережі адаптивної резонансної теорії, складається з сенсорного та розпізнавального шарів нейронів. До його складу введено шар інтерфейсних нейронів, які зв'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном та відповідними сенсорними нейронами, а також вихідними зв'язками з керуючим нейроном та зваженими двонаправленими зв'язками з відповідними ваговими коефіцієнтами з кожним нейроном розпізнавального шару елементів, які, в свою чергу, пов'язані вхідними зв'язками з керуючим нейроном. Крім того, сенсорні нейрони пов'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном пристрою.

**UA 93316 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до обчислювальної техніки, зокрема до області побудови автоматизованих систем керування, а саме до напрямку побудови систем діагностики й керування складними технічними об'єктами.

5 Корисна модель може бути використана при побудові систем керування або діагностики такого складного технічного об'єкта як дизель-поїзд з тяговими асинхронними електроприводами.

Відомий пристрій для розпізнавання образів - багатоканальний комутатор, аналого-цифровий перетворювач, а логічні елементи I виконані в вигляді блока логічних елементів I, причому інформаційний вхід багатоканального комутатора є інформаційним входом пристрою, 10 адресні входи багатоканального комутатора підключені до виходів лічильника адрес та до адресних входів старших розрядів блока пам'яті, а вихід багатоканального комутатора підключений до інформаційного входу аналого-цифрового перетворювача, виходи якого підключені до адресних входів молодших розрядів блока пам'яті, виходи якого підключені безпосередньо до інформаційних входів блока реєстрів зсуву та до перших входів блока 15 логічних елементів I, другі входи якого об'єднані та підключені до виходу блока керування, а виходи підключені до відповідних зсувних входів блока реєстрів зсуву, а вхід блока керування є керуючим входом пристрою [1].

Недоліком відомого пристрою для розпізнавання образів є те що він накладає обмеження на послідовність пред'явлення навчальних зображень.

20 Відомий пристрій розпізнавання зображень містить: приймач зображення, виконаний на фотоелементах, вентиль, синхронізатор, два реєстри зсуву, два лічильники, генератор одиночних імпульсів, суматор по модулю два, блок пам'яті та блок порівняння, що відрізняються тим, що з метою підвищення вірогідності розпізнавання орієнтирів, зокрема антропогенних, за рахунок використання третьої незалежної ознаки кількості кутів зображення орієнтира в нього 25 включені два елементи затримки, три суматори по модулю два та лічильник, при цьому перший вхід вентиля приєднаний до виходу приймача зображення, другий вхід з виходом синхронізатора, а вихід з входом першого лічильника, а також з інформаційними входами другого реєстра зсуву та генератора одиночних імпульсів, керуючі входи якого приєднані до виходу синхронізатора; вихід генератора одиночних імпульсів підключений до першого входу 30 другого лічильника, вихід другого реєстра зсуву до інформаційного входу першого реєстра зсуву та першого входу першого суматора по модулю два; керуючий вхід першого реєстра зсуву підключений до виходу синхронізатора, а вихід до другого входу першого суматора по модулю два, вихід якого приєднаний до другого входу другого лічильника; крім того, виходи першого та другого реєстра зсуву приєднані до перших входів відповідно другого та третього суматорів по 35 модулю два безпосередньо, а з другими входами тих же суматорів по модулю два через елементи затримки, виходи другого та третього суматорів по модулю два приєднані до першого та другого входів четвертого суматора по модулю два, вихід якого приєднаний до виходу третього лічильника; виходи першого, другого та третього лічильників з'єднані з відповідними входами блока порівняння, четвертий вхід якого з'єднаний з виходом блока пам'яті, а вихід є 40 виходом пристрою [2].

При порівнянні з першим аналогом пристрій для розпізнавання зображень не накладає обмежень на послідовність пред'явлення навчальних зображень, однак у розглянутому пристрою відсутня можливість запам'ятовувати й відновляти з пам'яті пристрою зображень які 45 представлені у вигляді векторів з безперервними складовими, крім того, у розглянутому пристрою відсутня можливість донавчатися в процесі його функціонування.

Найбільш близьким до заявленого пристрою є безперервна нейронна мережа адаптивної резонансної теорії (АРТ-2), що містить у собі шар сенсорних елементів, нейрони якого зв'язані парами двонаправлених зв'язків з відповідними їм нейронами інтерфейсного шару, елементи якого зв'язані бінарними односпрямованими вхідними зв'язками з першим нормалізуючим 50 модулем і відповідними їм нейронами першого обробного шару, елементи якого, у свою чергу, зв'язані бінарними односпрямованими вхідними зв'язками з першим нормалізуючим модулем та бінарними односпрямованими вихідними зв'язками з відповідними їм нейронами другого обробного шару, які, у свою чергу, зв'язані бінарними односпрямованими вихідними зв'язками з 55 другим нормалізуючим модулем і відповідними їм нейронами четвертого обробного шару, елементи якого зв'язані бінарними односпрямованими вихідними зв'язками з відповідними їм нейронами інтерфейсного та керуючого шарів, а також бінарними односпрямованими вхідними зв'язками з другим нормалізуючим модулем, і парами двоспрямованих зважених зв'язків з безперервними ваговими коефіцієнтами з нейронами проміжного шару, при цьому кожний з нейронів керуючого шару зв'язаний бінарними односпрямованими вихідними зв'язками з 60 керуючим нейроном, що, у свою чергу, зв'язаний бінарними односпрямованими вихідними

зв'язками з кожним з нейронів розпізнавального шару, елементи якого зв'язані двоспрямованими зваженими зв'язками з безперервними ваговими коефіцієнтами з кожним з нейронів проміжного шару, відповідні елементи якого зв'язані бінарними односпрямованими вихідними зв'язками з відповідними їм нейронами керуючого шару елементів, третім нормалізуючим модулем, а також з відповідними їм нейронами третього обробного шару, елементи якого зв'язані бінарними односпрямованими вхідними зв'язками з третім нормалізуючим модулем, а також бінарними вихідними односпрямованими зв'язками з відповідними їм нейронами другого обробного шару [3].

При порівнянні з відомими аналогами пристрій-прототип (безперервна нейронна мережа адаптивної резонансної теорії) здатний донавчатися в процесі свого функціонування, та зберігати і відновлювати зі своєї пам'яті вектори які складаються з безперервних складових. Однак нормування компонент вхідного вектора, яке є у шарах безперервної нейронної мережі відносить зображення однакові за формою але різних за амплітудою належать до одного класу зображень.

Таким чином, недоліком прототипу є те, що нормування компонент вхідного вектора, яке закладене у шарах безперервної нейронної мережі відносить зображення однакові за формою але різних за амплітудою до одного класу зображень.

Задачею корисної моделі є розробка нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень, що не накладає обмеження на послідовність пред'явлення навчальних зображень, має можливість запам'ятовувати й відновляти з пам'яті пристрою зображень які представлені у вигляді векторів з безперервними складовими, відносить зображення однакові за формою але різні за амплітудою до різних класів зображень, та має можливість донавчатися в процесі свого функціонування

Поставлена задача вирішується тим, що безперервна нейронна мережа адаптивної резонансної теорії перебудовується шляхом введення в її структуру шар інтерфейсних нейронів, які зв'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном та відповідними сенсорними нейронами, а також вихідними зв'язками з керуючим нейроном та зваженими двонаправленими зв'язками з відповідними ваговими коефіцієнтами з кожним нейроном розпізнавального шару елементів, які, в свою чергу, пов'язані вхідними зв'язками з керуючим нейроном, крім того сенсорні нейрони пов'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном пристрою.

Корисна модель ілюструється кресленням, на якому приведена архітектура нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень, що розроблений на основі безперервної нейронної мережі адаптивної резонансної теорії.

Нова архітектура нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень включає три шари нейронів: шар сенсорних S-нейронів, сигнали яких нормуються за допомогою нормуючого нейрона N, шару інтерфейс них Z-нейронів та шару розпізнавальних Y-нейронів, а також керуючого нейрона R.

В основу навчання розробленої нейронної мережі покладено алгоритм швидкого навчання, який передбачає, що ваги Y-нейрона, що перемиг, досягають рівноважних значень при кожному пред'явленні навчального вектора.

В алгоритмі прийняті наступні позначення:

$m$  - максимальне число елементів у Y-шарі або максимальне число образів, що розпізнаються;

$n$  - число компонент у вхідному векторі;

$S^k$  -  $n$ -мірний вхідний вектор,  $k=1, \dots, q$ ;

$q$  - число вхідних векторів;

$P$  - параметр подібності, діапазон доступних значень параметра:  $0 < p < 1$ ;

$P_1$  - параметр подібності нейрона-переможця  $Y_j$ ;

$U_{вх.Y}$  -  $m$ -мірний вектор вхідних сигналів розпізнавального шару елементів;

$U_{вх.Z}$ ,  $U_{вих.Z}$  - відповідно вхідний та вихідний  $n$ -мірний вектор сигналів проміжного шару елементів;

$b_{ij}$  - вага зв'язку від елемента  $Z_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) до елемента  $Y_j$  ( $j=1, \dots, m$ ); початкове значення:  $b_{ij} = 1$ ;

$t_{ji}$  - вага зв'язку від елемента  $Y_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) до елемента  $Z_i$  ( $i=1, \dots, n$ ); початкове значення:  $t_{ji} = 1$ ;

Алгоритм навчання нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень, передбачає виконання наступних кроків:

Крок 1. Ініціюється загальний параметр  $P$  подібності зображень, максимально можливе значення  $S_{i\max}$  компонент для вхідних векторів нейронної мережі та ваги зв'язків  $b_{ij}$  та  $t_{ji}$  ( $i=1,\dots,n; j=1,\dots,m$ ).

Крок 2. Для кожного навчального вхідного вектора  $S^k$  ( $k=1,\dots,q$ ) виконуються кроки 3-13 алгоритму.

Крок 3. Задаються вхідні сигнали нейронів для всіх елементів  $Y$ -шару, які дорівнюють нулю:  $U_{\text{вх.}Y_j} = 0, j=1,\dots,m$ . Вхідним вектором  $S^k$  активуються всі  $S$ -елементи вхідного шару:

$$U_{\text{вх.}S_i} = S_i^k, i=1,\dots,n.$$

Крок 4. Нормуються вихідні сигнали всіх нейронів вхідного шару:

$$U_{\text{вх.}Z_i} = U_{\text{вх.}S_i} / U_{\text{вх.}S_{i\max}}, i=1,\dots,n$$

Крок 5. Формуються вихідні сигнали всіх елементів інтерфейсного шару:

$$U_{\text{вх.}Z_i} = U_{\text{вх.}Z_i}, i=1,\dots,n.$$

Крок 6. Для кожного  $Y$ -нейрона розраховується його вихідний сигнал:

$$U_{\text{вх.}Y_j} = U_{\text{вх.}Y_j} = \sum_{i=1}^n b_{ij} U_{\text{вх.}Z_i}, j=1,\dots,m.$$

Крок 7. Доки не знайдений  $Y$ -нейрон, ваговий вектор якого у відповідності з заданим значенням параметра подібності  $P$  відповідає вхідному вектору  $S^k$ , виконуються кроки 8-12 алгоритму.

Крок 8. В  $Y$ -шарі визначається нейрон  $Y_j$ , задовольняючий умову:  $U_{\text{вх.}Y_j} \geq U_{\text{вх.}Y_i}, j=1,\dots,m$ . Якщо таких елементів декілька, то обирається елемент з найменшим індексом. Якщо  $U_{\text{вх.}Y_j} = -1$ , то всі елементи загальмовані, і вихідне зображення не може бути класифіковане або збережене.

Крок 9. Вихідний сигнал нейрона-переможця  $Y_j$  задається рівним одиниці:  $U_{\text{вх.}Y_j} = 1$ .

Крок 10. Розраховуються вхідні сигнали всіх елементів інтерфейсного шару:  $U_{\text{вх.}Z_i} = U_{\text{вх.}Y_j} t_{ji}, i=1,\dots,n$ .

Крок 11. Визначається параметр подібності  $P_1$  для нейрона-переможця  $Y$ -шару -  $Y_j$ .

Крок 12. Перевіряється умова навчання виділеного нейрону  $Y_j$ . Якщо  $P_1 < P$ , то умова не виконується, нейрон  $Y_j$  гальмується ( $U_{\text{вх.}Y_j} = -1$ ) та виключається з подальшої участі в змаганнях при пред'явленні даного зображення, потім визначається новий нейрон-переможець (перехід до кроку 8 алгоритму). Якщо  $P_1 \geq P$ , то умова можливого навчання нейрона  $Y_j$  виконується та здійснюється перехід до наступного кроку алгоритму.

Крок 13. Визначаються ваги зв'язків елемента  $Y_j$ :  $b_{ij} = U_{\text{вх.}Z_i}, t_{ji} = U_{\text{вх.}Z_i}, i=1,\dots,n$ .

Крок 14. Останов.

В режимі розпізнавання, на відміну від режиму навчання, алгоритм функціонування нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень виконує тільки виділення нейрона-переможця  $Y_j$ , при цьому ваги зв'язків нейронної мережі не змінюються.

Таким чином, розроблена архітектура та алгоритми роботи нейромережевого пристрою для розпізнавання зображень, що не накладає обмеження на послідовність пред'явлення навчальних зображень, має можливість запам'ятовувати й відновляти з пам'яті пристрою зображення які представлені у вигляді векторів з безперервними складовими, відносить зображення однакові за формою але різні за амплітудою до різних класів зображень, та має можливість донавчатися в процесі свого функціонування.

Джерела інформації:

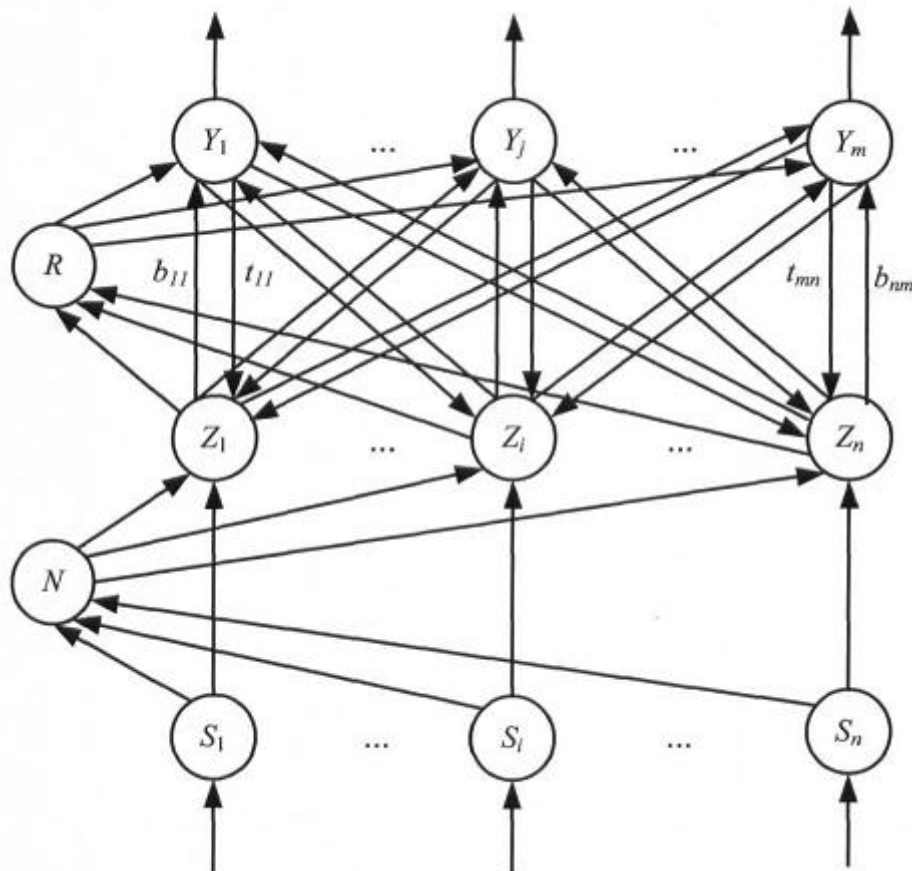
1. Патент Російської федерації на винахід № 2306605, кл. G06K 9/62, 2006 р.
2. Патент Російської федерації на винахід № 94015299, кл. G06K 9/00, 1996 р.

3. Дмитриенко В.Д. Вычислительное устройство для распознавания режимов функционирования динамических объектов / В.Д. Дмитриенко, А.Ю. Заковоротный, В.М. Терехина // Вісник НТУ "ХПІ", Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2004. - № 34. - С 70-81.

5

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Нейромережевий пристрій для розпізнавання зображень, створений на основі безперервної нейронної мережі адаптивної резонансної теорії, складається з сенсорного та розпізнавального шарів нейронів, який **відрізняється** тим, що до його складу введено шар інтерфейсних нейронів, які зв'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном та відповідними сенсорними нейронами, а також вихідними зв'язками з керуючим нейроном та зваженими двонаправленими зв'язками з відповідними ваговими коефіцієнтами з кожним нейроном розпізнавального шару елементів, які, в свою чергу, пов'язані вхідними зв'язками з керуючим нейроном, крім того, сенсорні нейрони пов'язані вхідними зв'язками з нормуючим нейроном пристрою.




---

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

---

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

---

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