



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **153889** (13) **U**  
(51) МПК (2023.01)  
**G06G 7/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2023 00515</b>	(72) Винахідник(и): <b>Мартинюк Тетяна Борисівна (UA), Круківський Богдан Ігорович (UA), М'якішев Олександр Андрійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>13.02.2023</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>14.09.2023</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>13.09.2023, Бюл.№ 37</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>

## (54) КЛАСИФІКАТОР

### (57) Реферат:

Класифікатор містить п'ять шарів взаємозв'язаних нейроподібних елементів, причому другий шар складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів, де  $m$  - кількість класів, кожен з  $n$  входів класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента першого шару, вихід кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднаний з входом прямого зв'язку відповідного нейроподібного елемента третього шару, причому входи кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднані з виходом всіх  $n$  сенсорних нейроелементів першого шару, крім того, четвертий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, а класифікатор містить групу  $m$  входів зміщення лінійних нейроподібних елементів другого шару і вхід збудження нейроподібних елементів четвертого шару, п'ятий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, причому вхід кожного нейроподібного елемента п'ятого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента четвертого шару, а його вихід є виходом рангу належності вхідних сигналів відповідному класу класифікатора, прямий вхід кожного з  $m$  нейроподібних елементів четвертого шару з'єднання з виходом відповідного нейроподібного елемента третього шару. Введено додатковий  $(m+1)$  нейроподібний елемент у четвертий шар,  $m$  входів якого з'єднані з додатковими виходами відповідних нейроподібних елементів четвертого шару, а його вихід підключений до входу збудження кожного нейроподібного елемента четвертого шару, крім того, вхід тактових імпульсів пристрою підключений до входу синхронізації кожного з  $m$  нейроподібних елементів третього шару, а перший і другий входи встановлення пристрою з'єднані з відповідними входами нейроподібних елементів четвертого і п'ятого шарів відповідно.

UA 153889 U

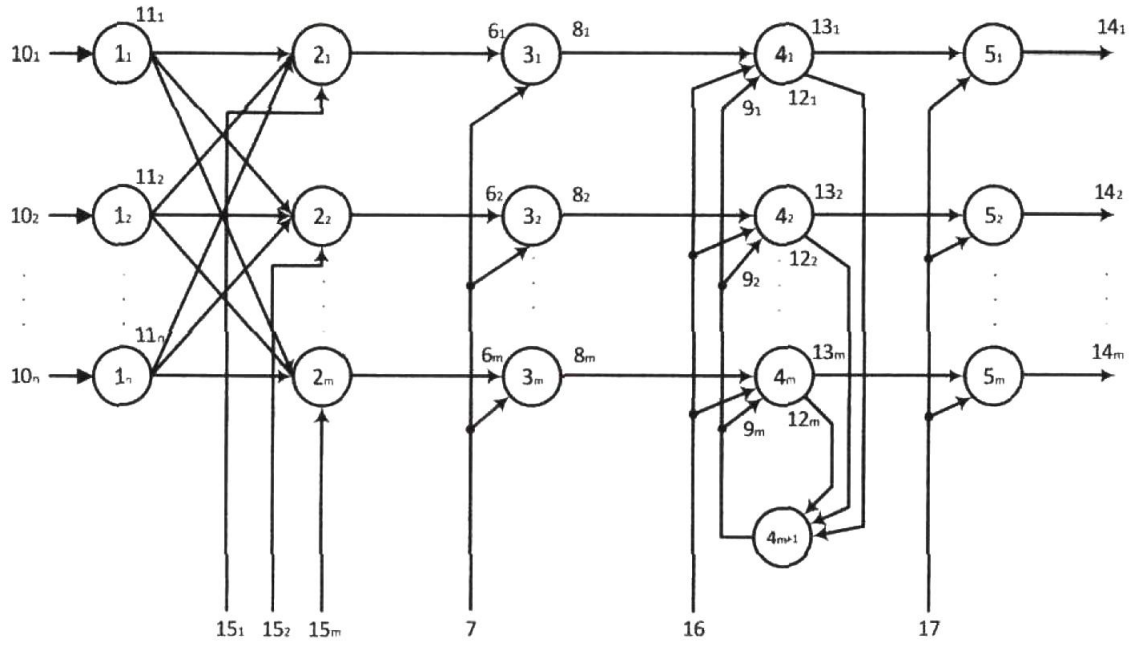


Fig. 1

Корисна модель належить до обчислювальної техніки і може бути використана для розпізнавання образів та діагностики систем.

Відомий класифікатор (патент України № 138749, м.кл. G06G 7/00, 2019 р., бюл. № 23), що містить чотири шари взаємозв'язаних нейроподібних елементів, латеральні зв'язки між 5 нейроподібними елементами третього шару, причому другий шар складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів, де  $m$  - кількість класів, кожен з  $n$  входів класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента першого шару, додатковий вихід кожного з  $m$  нейроподібних елементів третього шару з'єднаний з відповідним входом латерального зв'язку 10 кожного нейроподібного елемента цього шару, крім себе самого, вихід кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднаний з входом прямого зв'язку відповідного нейроподібного елемента третього шару, причому входи кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднані з виходом всіх  $n$  сенсорних нейроелементів першого шару, крім того, класифікатор містить четвертий шар з  $m$  бінарних нейроподібних елементів, групу  $m$  15 входів зміщення лінійних нейроподібних елементів другого шару, вхід збудження і вхід задання ваги латеральних зв'язків нейроподібних елементів третього шару і вхід збудження бінарних нейроподібних елементів четвертого шару, причому виходи бінарних нейроподібних елементів четвертого шару є виходами ознаки належності вхідних сигналів відповідному класу, а кожний з  $m$  нейроподібних елементів третього шару містить багатовходовий суматор, суматор, перший і 20 другий мультиплексори, регістр, інвертор та помножувач, а кожний з  $m$  бінарних нейроподібних елементів четвертого шару містить RS-тригер, причому  $(m-1)$  входи латеральних зв'язків кожного нейроподібного елемента третього шару з'єднані з відповідними входами багатовхідного суматора, вихід якого підключений до від'ємного входу суматора, прямий вхід якого з'єднаний з виходом першого мультиплексора, його вихід підключений до першого інформаційного входу другого мультиплексора, а його вихід ознаки підключений до адресного 25 входу та через інвертор до другого інформаційного входу другого мультиплексора, вихід якого з'єднаний з відповідним входом регістра, вхід прямого зв'язку нейроподібного елемента третього шару з'єднаний з другим інформаційним входом першого мультиплексора, а його вихід підключений до виходу ознаки суматора, крім того вихід регістра з'єднаний з першим інформаційним входом першого мультиплексора і першим входом помножувача, другий вхід 30 якого з'єднаний з входом задання ваги латеральних зв'язків класифікатора, а вихід помножувача підключений до додаткового виходу нейроподібного елемента третього шару класифікатора, вхід збудження четвертого шару класифікатора з'єднаний з S-входом RS-тригера нейроподібного елемента цього шару, а його вихід ознаки належності вхідних сигналів відповідному класу з'єднаний з прямим виходом RS-тригера, R-вхід якого підключений до 35 виходу нейроподібного елемента третього шару класифікатора.

Недоліком даного пристрою є обмежені функціональні можливості через невизначеність рангів вхідного образу стосовно його належності до конкретних класів.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є класифікатор (патент України №150621, м.кл. G06G 7/00, 2022 р., бюл. № 10), що містить чотири шари взаємозв'язаних нейроподібних 40 елементів, латеральні зв'язки між нейроподібними елементами третього шару, причому другий шар складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів, де  $m$  - кількість класів, кожен з  $n$  входів класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента першого шару, додатковий вихід кожного з  $m$  нейроподібних елементів третього шару з'єднаний з відповідним входом латерального зв'язку кожного нейроподібного елемента цього шару, крім себе самого, 45 вихід кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднаний з входом прямого зв'язку відповідного нейроподібного елемента третього шару, причому входи кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднані з виходом всіх  $n$  сенсорних нейроелементів першого шару, крім того, четвертий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, а класифікатор містить групу  $m$  входів зміщення лінійних нейроподібних елементів другого шару, вхід 50 збудження і вхід задання ваги латеральних зв'язків нейроподібних елементів третього шару і вхід збудження нейроподібних елементів четвертого шару, кожний з  $m$  нейроподібних елементів третього шару містить багатовходовий суматор, суматор, перший і другий мультиплексори, регістр, інвертор та помножувач, причому  $(m-1)$  входи латеральних зв'язків кожного нейроподібного елемента третього шару з'єднані з відповідними входами багатовходового суматора, вихід якого підключений до від'ємного входу суматора, прямий вхід якого з'єднаний з 55 виходом першого мультиплексора, його вихід підключений до першого інформаційного входу другого мультиплексора, а його вихід ознаки підключений до адресного входу та через інвертор до другого інформаційного входу другого мультиплексора, вихід якого з'єднаний з відповідним входом регістра, вхід прямого зв'язку нейроподібного елемента третього шару з'єднаний з 60 другим інформаційним входом першого мультиплексора, а його вихід підключений до виходу

ознаки суматора, крім того вихід регістра з'єднаний з першим інформаційним входом першого мультиплексора і першим входом помножувача, другий вхід якого з'єднаний з входом задання ваги латеральних зв'язків класифікатора, а вихід помножувача підключений до додаткового виходу нейроподібного елемента третього шару класифікатора, вхід збудження якого з'єднаний з адресним входом першого мультиплексора, крім того, класифікатор містить п'ятий шар з  $m$  нейроподібних елементів і вхід збудження нейроподібних елементів п'ятого шару, причому вхід кожного нейроподібного елемента п'ятого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента четвертого шару, а його вихід є виходом рангу належності вхідних сигналів відповідному класу класифікатора, прямий вхід кожного з  $m$  нейроподібних елементів четвертого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента третього шару, а його додатковий вихід з'єднаний з відповідним входом латерального зв'язку кожного нейроподібного елемента цього шару, крім себе самого.

Недоліком найближчого аналога є складність структури нейромережевого шару, що реалізує вибір максимальної із попередньо сформованих дискримінантних функцій, через наявність значної кількості латеральних зв'язків у нейроподібних елементах цього шару.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення класифікатора, в якому введення нових вузлів і зв'язків зменшує складність структури шару для вибору максимальної із сформованих дискримінантних функцій.

Поставлена задача вирішується тим, що у класифікатор, що містить п'ять шарів взаємозв'язаних нейроподібних елементів, причому другий шар складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів, де  $m$  - кількість класів, кожен з  $n$  входів класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента першого шару, вихід кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднаний з входом прямого зв'язку відповідного нейроподібного елемента третього шару, причому входи кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднані з виходом всіх  $n$  сенсорних нейроелементів першого шару, крім того, четвертий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, а класифікатор містить групу  $m$  входів зміщення лінійних нейроподібних елементів другого шару і вхід збудження нейроподібних елементів четвертого шару, п'ятий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, причому вхід кожного нейроподібного елемента п'ятого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента четвертого шару, а його вихід є виходом рангу належності вхідних сигналів відповідному класу класифікатора, прямий вхід кожного з  $m$  нейроподібних елементів четвертого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента третього шару, згідно із корисною моделлю, введено додатковий ( $m+1$ ) нейроподібний елемент у четвертий шар,  $m$  входів якого з'єднані з додатковими виходами відповідних нейроподібних елементів четвертого шару, а його вихід підключений до входу збудження кожного нейроподібного елемента четвертого шару, крім того, вхід тактових імпульсів пристрою підключений до входу синхронізації кожного з  $m$  нейроподібних елементів третього шару, а перший і другий входи встановлення пристрою з'єднані з відповідними входами нейроподібних елементів четвертого і п'ятого шарів відповідно.

На фіг. 1 наведено структурну схему класифікатора, на фіг. 2 наведено функціональну схему елементів третього (конкурентного), четвертого (маскувального) і п'ятого (вихідного) шарів.

Класифікатор (фіг. 1) складається з п'яти шарів: перший шар - вхідний шар з  $n$  сенсорних нейроелементів  $1_1, \dots, 1_n$ , де  $n$  - розмірність вхідного вектора; другий шар - прихований шар з  $m$  лінійних нейроподібних елементів  $2_1, \dots, 2_m$ , де  $m$  - кількість класів; третій шар - конкурентний шар з  $m$  нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$ ; четвертий шар - маскувальний шар  $m+1$  нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_{m+1}$ ; п'ятий шар - вихідний шар з  $m$  нейроподібних елементів  $5_1, \dots, 5_m$ .

Вихід кожного лінійного нейроподібного елемента  $2_1, \dots, 2_m$  другого шару з'єднаний з відповідним входом  $6_1, \dots, 6_m$  прямого зв'язку нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$  третього шару, входи синхронізації яких підключені до входу 7 тактових імпульсів пристрою. Виходи  $8_1, \dots, 8_m$  нейроподібних елементів  $3_1, \dots, 3_m$  третього шару з'єднані з відповідними прямими входами нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_m$  четвертого шару, відповідні входи  $9_1, \dots, 9_m$  збудження яких підключені до виходу нейроподібного елемента  $4_{m+1}$  цього шару.

Кожний з входів  $10_1, \dots, 10_n$  класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента  $1_1, \dots, 1_n$  першого шару, виходи  $11_1, \dots, 11_n$  яких з'єднані з входами кожного лінійного нейроподібного елемента  $2_1, \dots, 2_m$  другого шару. Додаткові виходи  $12_1, \dots, 12_m$  нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_m$  четвертого шару з'єднані з входами нейроподібного елемента  $4_{m+1}$  цього шару, а їх виходи  $13_1, \dots, 13_m$  з'єднані з входами відповідних нейроподібних елементів

5<sub>1</sub>,..., 5<sub>m</sub> п'ятого шару, виходи яких з'єднані з відповідними виходами 14<sub>1</sub>,...,14<sub>m</sub> рангів класифікатора.

Крім цього, лінійні нейроподібні елементи 2<sub>1</sub>,..., 2<sub>m</sub> Другого шару містять відповідні входи 15<sub>1</sub>,..., 15<sub>m</sub> зміщення, нейроподібні елементи 4<sub>1</sub>,..., 4<sub>m</sub> четвертого шару містять перший вхід 16 встановлення, а нейроподібні елементи 5<sub>1</sub>,...,5<sub>m</sub> п'ятого шару містять другий вхід 17 встановлення класифікатора.

Для прикладу розглянемо (фіг. 2) нейроподібний елемент 3<sub>i</sub>, де i=1,...,m, третього шару, який представляє собою лічильник 18, нейроподібний елемент 4<sub>i</sub> четвертого шару, який містить RS-тригер 19, елемент НІ 20, елементи І 21 та І 22, причому нейроподібний елемент 4<sub>m+1</sub> четвертого шару представляє собою елемент АБО 23, а нейроподібний елемент 5<sub>i</sub> п'ятого шару представляє собою лічильник 24 (фіг. 2).

Інформаційний вхід лічильника 18 нейроподібного елемента 3<sub>i</sub> з'єднаний з входом 6<sub>i</sub> прямого зв'язку цього нейроподібного елемента, його лічильний вхід як вхід синхронізації нейроподібного елемента 3<sub>i</sub> підключений до входу 7 тактових імпульсів пристрою, а його вихід 8<sub>i</sub> ознаки нуля з'єднаний з прямим входом нейроподібного елемента 4<sub>i</sub>.

S-вхід RS-тригера 19 нейроподібного елемента 4<sub>i</sub> з'єднаний з першим входом 16 встановлення класифікатора, а його R-вхід з'єднаний з виходом 8<sub>i</sub> ознаки нуля нейроподібного елемента 3<sub>i</sub>, з входом елемента НІ 20 і з першим входом елемента І 22, другий вхід якого з'єднаний з прямим виходом RS-тригера 19. Вихід елемента І 22 є додатковим виходом 12<sub>i</sub> нейроподібного елемента 4<sub>i</sub>, який з'єднаний з відповідним входом нейроподібного елемента 4<sub>m+1</sub>. Вихід елемента НІ 20 з'єднаний з першим входом елемента І 21, другий вхід якого з'єднаний з входом 9<sub>i</sub> збудження нейроподібного елемента 4<sub>i</sub>, який підключений до виходу елемента АБО 23 нейроподібного елемента 4<sub>m+1</sub>.

Вихід елемента І 21 с виходом 13<sub>i</sub> нейроподібного елемента 4<sub>i</sub>, який з'єднаний з лічильним входом лічильника 24 нейроподібного елемента 5<sub>i</sub> п'ятого шару, інформаційний вхід якого підключений до другого входу 17 встановлення пристрою, а його інформаційний вихід з'єднаний з виходом 14<sub>i</sub> рангу класифікатора.

Класифікатор (фіг. 1) працює таким чином. Перший етап - це етап налаштування, на якому встановлюються значення ваг w<sub>ij</sub> зв'язків входів лінійних нейроподібних елементів 2<sub>1</sub>,..., 2<sub>m</sub> другого шару з виходами 11<sub>1</sub>,..., 11<sub>n</sub> сенсорних нейроелементів 1<sub>1</sub>,..., 1<sub>n</sub> першого шару, тобто відбувається навчання класифікатора через фіксацію матриці відповідних ваг. На початку роботи класифікатора по його першому 16 і другому 17 входам встановлення фіксується активний (одиничний) стан відповідно нейроподібних елементів 4<sub>1</sub>,..., 4<sub>m</sub> четвертого шару і нейроподібних елементів 5<sub>1</sub>,..., 5<sub>m</sub> п'ятого шару.

Другий етап - робочий, на якому відбувається основне функціонування класифікатора. При цьому на входи 10<sub>1</sub>,..., 10<sub>n</sub> класифікатора подається n-елементний вхідний вектор X ознак, кожний елемент x<sub>j</sub> якого, де j=1,...,n, проходить через відповідні n сенсорні нейроелементи 1<sub>1</sub>, ..., 1<sub>n</sub> першого шару, з їх виходів 11<sub>1</sub>,..., 11<sub>n</sub> помножується на відповідні вагові коефіцієнти w<sub>ij</sub> матриці ваг і подається на відповідні входи лінійних нейроподібних елементів 2<sub>1</sub>,..., 2<sub>m</sub> другого шару. В результаті на виході i-го лінійного нейроподібного елемента 2<sub>i</sub> другого шару формується сума S<sub>i</sub> зважених вхідних сигналів x<sub>1</sub>,...,x<sub>n</sub>, тобто відповідна дискримінантна функція S<sub>i</sub> вигляду:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot x_j + b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1)$$

де b<sub>i</sub> - сигнал зміщення на відповідному вході 15<sub>i</sub> зміщення класифікатора.

Отримані значення дискримінантних функцій S<sub>1</sub>,..., S<sub>m</sub> (1), будучи подані на входи 6<sub>1</sub>,..., 6<sub>m</sub> прямого зв'язку відповідних нейроподібних елементів 3<sub>1</sub>,..., 3<sub>m</sub> третього шару, задають початкові стани нейроподібних елементів 3<sub>i</sub>, ..., 3<sub>m</sub> цього шару, після чого запускається ітераційний процес всередині третього шару.

Тактові імпульси зі входу 7 пристрою, будучи подані на відповідні входи синхронізації, починають операцію декременту (зменшення на одиницю у кожному такті) вмісту одночасно у всіх нейроподібних елементах 3<sub>1</sub>,..., 3<sub>m</sub> третього шару, вміст яких поступово зменшується до нульового значення. В результаті першим обнулюється нейроподібний елемент 3<sub>i</sub> де i=1,...,m, третього шару, вміст якого є найменшим за числовим значенням. Отже нейроподібні елементи 3<sub>1</sub>,..., 3<sub>m</sub> третього шару спрацьовують у режимі WTA (переможець отримує все), при якому останнім обнулюється тільки один нейроподібний елемент 3<sub>k</sub>, де k=1,...,m, цього шару з максимальним числовим значенням вмісту, який є переможцем.

Процес поступового обнуління нейроподібних елементів 3<sub>1</sub>,..., 3<sub>m</sub> третього шару фіксується відповідними нейроподібними елементами 4<sub>1</sub>,..., 4<sub>m</sub> четвертого шару, які маскують процес формування рангів r<sub>1</sub>,..., r<sub>m</sub> на виходах 14<sub>1</sub>,..., 14<sub>m</sub> рангів класифікатора у відповідних

нейроподібних елементів  $5_1, \dots, 5_m$  п'ятого шару. З першою появою нульового значення, наприклад, у нейроподібного елемента  $3_i$  третього шару на його виході  $8_i$  ознаки нуля з'являється одиничний сигнал, який подається на прямий вхід нейроподібного елемента  $4_i$  четвертого шару і в результаті через його додатковий вихід  $12_i$  та нейроподібний елемент  $4_{m+1}$  5 приймає участь у формуванні відповідного сигналу на входах  $9_1, \dots, 9_m$  збудження нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_m$  цього шару.

Таким чином нейроподібний елемент  $4_i$  четвертого шару маскує появу одиничного сигналу на своєму виході  $13_i$ , тобто маскує (забороняє) зв'язок з відповідним нейроподібним елементом  $5_i$  п'ятого шару. Відповідно в подальшому фіксується попереднє одиничне значення на виході 10  $14_i$  рангу нейроподібного елемента  $5_i$  п'ятого шару. Отже, в даному випадку фіксується відповідний найменший ранг  $r_i$ , що дорівнює одиниці ( $r_i=1$ ).

В інших незамаскованих нейроподібних елементах  $5_{10}, \dots, 5_{i-1}, 5_{i+1}, \dots, 5_m$  п'ятого шару 15 спрацьовує зв'язок з відповідних виходів  $13_1, \dots, 13_{i-1}, 13_{i+1}, \dots, 13_m$  нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_{i-1}, 4_{i+1}, \dots, 4_m$  попереднього четвертого шару, в результаті їх вміст збільшується на одиницю, тобто на виходах  $14_1, \dots, 14_{i-1}, 14_{i+1}, \dots, 14_m$  рангів формуються відповідні ранги, що дорівнюють в даному випадку "2". Отже, сигнали на додаткових виходах  $12_1, \dots, 12_m$  20 нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_m$  четвертого шару приймають участь у формуванні незамаскованих одиничних сигналів на виходах  $13_1, \dots, 13_m$  нейроподібних елементів  $4_1, \dots, 4_m$  четвертого шару через появу відповідного сигналу на входах  $9_1, \dots, 9_m$  збудження з виходу нейроподібного елемента  $4_{m+1}$  четвертого шару.

Ітераційний процес завершується у момент, коли всі нейроподібні елементи  $3_1, \dots, 3_m$  25 третього шару перейдуть у нульовий стан, а останнім обнулиться нейроподібний елемент - переможець  $3_k$  третього шару. В результаті, на виході  $14_k$  рангу, де  $k=1, \dots, m$ , нейроподібного елемента  $5_k$  п'ятого шару в класифікаторі формується відгук у вигляді найвищого рангу  $r_k=m$  серед всіх інших рангів  $r_1, \dots, r_m$ , які вказують ступінь належності вхідного вектора  $X$  ознак об'єкта класифікації до всіх визначених класів  $1, \dots, m$ .

Для прикладу нейроподібні елементи  $3_i, 4_i, 5_i$ , де  $i=1, \dots, m$ , відповідно третього, четвертого і п'ятого шарів (фіг. 2) працюють таким чином. По інформаційному входу  $6_i$  прямого зв'язку у лічильник 18 нейроподібного елемента  $3_i$  третього шару записується значення відповідної 30 дискримінантної функції  $S_i$ . Процес обробки починається з надходження на його лічильний вхід тактових імпульсів зі входу 7 пристрою. В результаті вміст лічильника 18 поступово зменшується до його обнуління і формування одиничного сигналу на його виході  $8_i$  ознаки нуля, який подається на прямий вхід нейроподібного елемента  $4_i$  четвертого шару.

Нейроподібний елемент  $4_i$ , де  $i=1, \dots, m$ , четвертого шару (фіг. 2) працює таким чином. 35 Спочатку встановлюється в одиничний стан RS-тригер 19 за одиничним сигналом на першому вході 16 встановлення пристрою. На початку роботи на прямому вході нейроподібного елемента  $4_i$  з виходу  $8_i$  ознаки нуля нейроподібного елемента  $3_i$  присутній нульовий сигнал, який проходячи через елемент I 22, встановлює нульовий сигнал на додатковому виході  $12_i$  40 нейроподібного елемента  $4_i$ , а проходячи через елемент HI 20, фіксує одиничний сигнал на першому вході елемента I 21. Якщо при цьому на другий вхід елемента I 21 надходить одиничний імпульс з його входу  $9_i$  збудження від виходу елемента АБО 23 нейроподібного елемента  $4_{m+1}$ , то з'являється одиничний імпульс на виході  $13_i$  нейроподібного елемента  $4_i$ , що приведе до збільшення вмісту лічильника 24 відповідного нейроподібного елемента  $5_i$  на одиницю, будучи поданий на його лічильний вхід. Отже, за наявності нульового сигналу на 45 вході прямого зв'язку нейроподібного елемента  $4_i$  з кожною появою одиничного імпульсу на будь-якому з додаткових виходів  $12_i$ , а також на виході нейроподібного елемента  $4_{m+1}$ , вміст лічильника 24 відповідного нейроподібного елемента  $5_i$  збільшується на одиницю.

Після появи одиничного сигналу на прямому вході нейроподібного елемента  $4_i$ , що відповідає одиничному значенню на виході  $8_i$  ознаки нуля нейроподібного елемента  $3_i$  третього шару, забороняється процес лічби у лічильнику 24 нейроподібного елемента  $5_i$  через наявність 50 нульового сигналу на виході елемента HI 20, тобто через відсутність появи одиничного імпульсу на виході елемента I 21, а отже, на виході  $13_i$  нейроподібного елемента  $4_i$ . Крім того, скидається у нульовий стан RS-тригер 19, оскільки одиничний сигнал з прямого входу нейроподібного елемента  $4_i$  подається на його R-вхід.

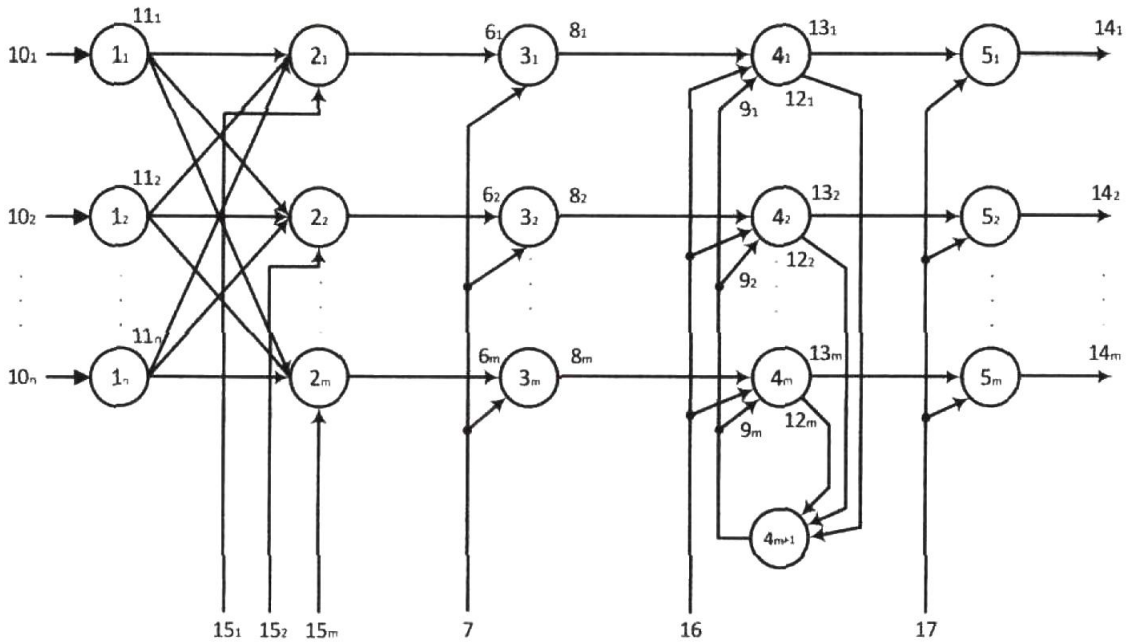
Але до початку встановлення нульового сигналу на прямому виході RS-тригера 19 55 одиничний сигнал з прямого входу нейроподібного елемента  $4_i$  формує на виході елемента I 22 короткий одиничний сигнал (імпульс), який з'являється на додатковому виході  $12_i$  нейроподібного елемента  $4_i$ , а отже, на відповідному вході елемента АБО 23 нейроподібного елемента  $4_{m+1}$ . Після появи нульового сигналу на прямому виході RS-тригера 19 на виході 60 елемента I 22, а отже, на додатковому виході  $12_i$  нейроподібного елемента  $4_i$  встановлюється

нульовий сигнал, який свідчить про те, що відповідний ранг у лічильнику 24 нейроподібного елемента  $5_i$  сформовано, тобто нейроподібний елемент  $4_i$  таким чином маскується.

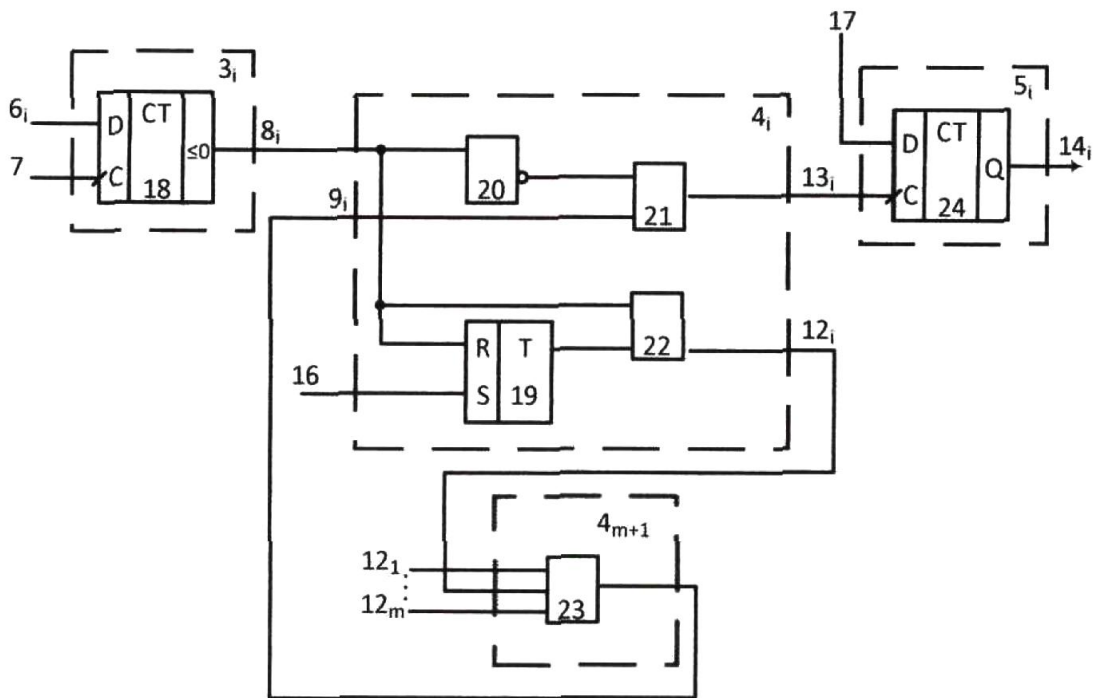
Отже, використання нейроподібних елементів третього (конкурентного) шару у вигляді лічильників дозволяє реалізувати без латеральних зв'язків механізм конкуренції у режимі WTA в процесі операції декременту одночасно у всіх нейроподібних елементах цього шару з визначенням серед них нейроподібного елемента-переможця, вміст якого відповідає максимальній дискримінантній функції, а отже, формує максимальний ранг на відповідному виході класифікатора. Такий підхід дозволяє відмовитись від значної кількості  $(m-1) \times m$  латеральних зв'язків у нейроподібних елементах третього шару класифікатора-близького аналога, що зменшує складність структури цього шару у запропонованого класифікатора.

### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Класифікатор, що містить п'ять шарів взаємозв'язаних нейроподібних елементів, причому другий шар складається з  $m$  лінійних нейроподібних елементів, де  $m$  - кількість класів, кожен з  $n$  входів класифікатора з'єднаний з входом відповідного сенсорного нейроелемента першого шару, вихід кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднаний з входом прямого зв'язку відповідного нейроподібного елемента третього шару, причому входи кожного лінійного нейроподібного елемента другого шару з'єднані з виходом всіх  $n$  сенсорних нейроелементів першого шару, крім того, четвертий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, а класифікатор містить групу  $m$  входів зміщення лінійних нейроподібних елементів другого шару і вхід збудження нейроподібних елементів четвертого шару, п'ятий шар містить  $m$  нейроподібних елементів, причому вхід кожного нейроподібного елемента п'ятого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента четвертого шару, а його вихід є виходом рангу належності вхідних сигналів відповідному класу класифікатора, прямий вхід кожного з  $m$  нейроподібних елементів четвертого шару з'єднаний з виходом відповідного нейроподібного елемента третього шару, який **відрізняється** тим, що введено додатковий  $(m+1)$  нейроподібний елемент у четвертий шар,  $m$  входів якого з'єднані з додатковими виходами відповідних нейроподібних елементів четвертого шару, а його вихід підключений до входу збудження кожного нейроподібного елемента четвертого шару, крім того, вхід тактових імпульсів пристрою підключений до входу синхронізації кожного з  $m$  нейроподібних елементів третього шару, а перший і другий входи встановлення пристрою з'єднані з відповідними входами нейроподібних елементів четвертого і п'ятого шарів, відповідно.



Фіг. 1



Фиг. 2