



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **94439** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
G06K 9/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 06401**
(22) Дата подання заявки: **10.06.2014**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.11.2014**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.11.2014, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):
**Мартинюк Тетяна Борисівна (UA),
Кожем'яко Андрій Вікторович (UA),
Ворожбит Валерія Віталіївна (UA),
Перебейніс Олександр Миколайович (UA)**
(73) Власник(и):
**Мартинюк Тетяна Борисівна,
вул. Червоноармійська, 30/18, м. Вінниця,
21007 (UA),
Кожем'яко Андрій Вікторович,
вул. Келецька, 130-а, кв. 155, м. Вінниця,
21000 (UA),
Ворожбит Валерія Віталіївна,
вул. Литвиненко, 32, кв. 170, м. Вінниця,
21018 (UA),
Перебейніс Олександр Миколайович,
вул. Кармелюка, 21, с. Покутине,
Шаргородський р-н, Вінницька обл., 23554 (UA)**

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

(57) Реферат:

Пристрій для розпізнавання образів містить блок зважування, блок впорядкування навчальних сигналів і блок формування цілочислових ваг, входи якого з'єднані з відповідними виходами блока впорядкування навчальних сигналів, а виходи з'єднані з керуючими входами блока зважування, вхідний блок і блок класифікації. Входи вхідного блока є інформаційними входами пристрою, а його виходи з'єднані з входами блока впорядкування навчальних сигналів та блока зважування, виходи якого з'єднані з входами блока класифікації, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід дозволу та вхід задання порогу якого з'єднані з відповідними входами пристрою. Перша група виходів блока класифікації з'єднана з другими входами блока формування цілочислових ваг. Друга група виходів блока класифікації є інформаційними виходами пристрою. Перший вихід є його виходом підсумкового сигналу, а другий вихід - виходом сигналу "Кінець" пристрою. Третя група виходів блока класифікації є виходами рангів пристрою. Блок класифікації складається з обчислювального блока, вузла аналізу, вузла оброблення і блока ранжирування. Входи блока класифікації з'єднані з $m \times n$ входами обчислювального блока, виходи ознаки нуля якого з'єднані з m входами вузла аналізу і блока ранжирування, а n виходи з'єднані з групою інформаційних входів вузла оброблення, q - розрядний вихід вузла аналізу з'єднаний з третім адресним входом вузла оброблення, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід задання порогу блока класифікації з'єднані з відповідними входами вузла оброблення, m виходи і перший вихід якого відповідно є першою групою виходів та виходом підсумкового сигналу блока класифікації. Вхід скиду і вхід дозволу блока класифікації з'єднані також з відповідними входами вузла аналізу, m виходів якого є другою групою виходів блока класифікації, а його вихід ознаки є виходом сигналу "Кінець" пристрою. Вхід скиду і вхід початкового вектора рангів блока класифікації з'єднані з

UA 94439 U

відповідними входами блока ранжирування, а його m k -розрядні виходи є третьою групою виходів блока класифікації.

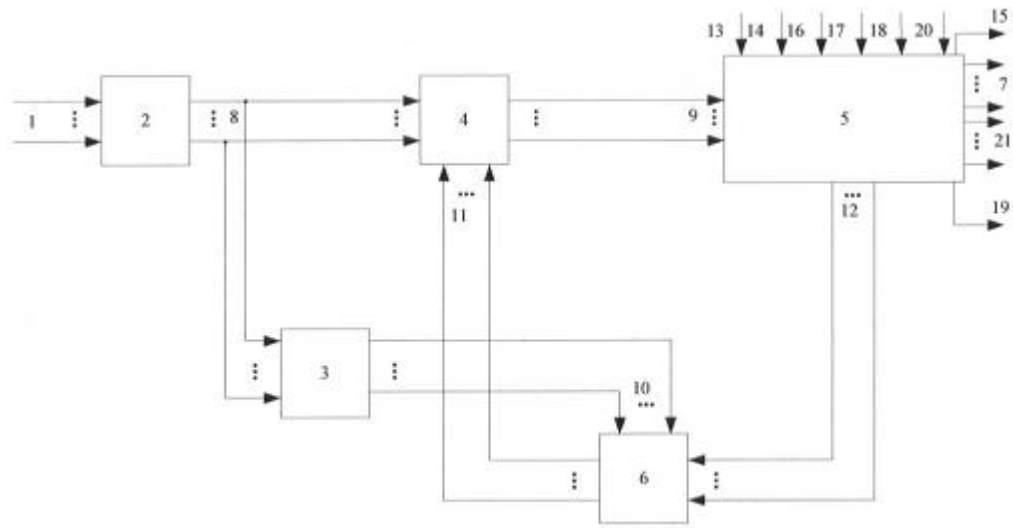


Fig. 1

Корисна модель стосується області обчислювальної техніки та автоматики і може бути використана в адаптивних системах класифікації, розпізнавання, діагностики, ідентифікації, прогнозування та керування.

Відомий пристрій для розпізнавання образів (а.с. СРСР № 369592, м.кл. G06K 9/00, 1973 р., Бюл. № 10), який містить блок порогових елементів і послідовно з'єднані блок зважування, суматор і вирішальний блок, блок поліноміальних перетворювачів, одні з входів якого підключені до виходів блока порогових елементів, а виходи - до входів блока зважування, блок упорядкування навчальних сигналів, входи якого підключені до виходів блока порогових елементів, а виходи - до інших входів блока поліноміальних перетворювачів, і блок формування цілочислових ваг, входи якого з'єднані з виходом суматора і відповідними виходами блока упорядкування навчальних сигналів, а виходи - з керуючими входами блока зважування.

Недоліком даного пристрою є обмежені функціональні можливості, оскільки відсутня можливість ранжирування результатів класифікації образів.

Найбільш близьким за технічною суттю є пристрій для розпізнавання образів (патент України № 92682, м.кл. G06K 9/00, 2010 р., Бюл. № 22), який містить блок зважування, блок впорядкування навчальних сигналів і блок формування цілочислових ваг, входи якого з'єднані з відповідними виходами блока впорядкування навчальних сигналів, а виходи з'єднані з керуючими входами блока зважування, вхідний блок і блок класифікації, причому входи вхідного блока є інформаційними входами пристрою, а його виходи з'єднані з входами блока впорядкування навчальних сигналів та блока зважування, виходи якого з'єднані з входами блока класифікації, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід дозволу та вхід задання порогу якого з'єднані з відповідними входами пристрою, перша група виходів блока класифікації з'єднана з другими входами блока формування цілочислових ваг, друга група виходів блока класифікації є інформаційними виходами пристрою, перший вихід є його виходом підсумкового сигналу, а другий вихід - виходом сигналу "Кінець" пристрою.

Недоліком прототипу є обмежені функціональні можливості, оскільки відсутня можливість ранжирування результатів класифікації образів.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для розпізнавання образів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними забезпечується розширення функціональних можливостей завдяки ранжируванню результатів класифікації образів для уточнення прийняття рішення.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій для розпізнавання образів, який містить блок зважування, блок впорядкування навчальних сигналів і блок формування цілочислових ваг, входи якого з'єднані з відповідними виходами блока впорядкування навчальних сигналів, а виходи з'єднані з керуючими входами блока зважування, вхідний блок і блок класифікації, причому входи вхідного блока є інформаційними входами пристрою, а його виходи з'єднані з входами блока впорядкування навчальних сигналів та блока зважування, виходи якого з'єднані з входами блока класифікації, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід дозволу та вхід задання порогу якого з'єднані з відповідними входами пристрою, перша група виходів блока класифікації з'єднана з другими входами блока формування цілочислових ваг, друга група виходів блока класифікації є інформаційними виходами пристрою, перший вихід є його виходом підсумкового сигналу, а другий вихід - виходом сигналу "Кінець" пристрою, введено третю групу виходів блока класифікації, які є виходами рангів пристрою, крім того, блок класифікації складається з обчислювального блока, вузла аналізу, вузла оброблення і блока ранжирування, причому входи блока класифікації з'єднані з $m \times n$ входами обчислювального блока, виходи ознаки нуля якого з'єднані з m входами вузла аналізу і блока ранжирування, а n виходи з'єднані з групою інформаційних входів вузла оброблення, q - розрядний вихід вузла аналізу з'єднаний з третім адресним входом вузла оброблення, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід задання порогу блока класифікації з'єднані з відповідними входами вузла оброблення, m виходи і перший вихід якого відповідно є першою групою виходів та виходом підсумкового сигналу блока класифікації, вхід скиду і вхід дозволу блока класифікації з'єднані також з відповідними входами вузла аналізу, m виходів якого є другою групою виходів блока класифікації, а його вихід ознаки є виходом сигналу "Кінець" пристрою, вхід скиду і вхід початкового вектора рангів блока класифікації з'єднані з відповідними входами блока ранжирування, а його m k -розрядні виходи є третьою групою виходів блока класифікації.

На фіг. 1 наведено структурну схему пристрою для розпізнавання образів, на фіг. 2 подано структурну схему блока класифікації, на фіг. 3 показано функціональну схему вузла аналізу та вузла оброблення блока класифікації, на фіг. 4 наведено функціональну схему блока ранжирування.

Пристрій для розпізнавання образів (фіг. 1) містить n інформаційних входів 1, вхідний блок 2, блок 3 впорядкування навчальних сигналів, блок 4 зважування, блок 5 класифікації, блок 6 формування цілочислових ваг, m виходів 7 класифікації. Інформаційні входи 1 пристрою з'єднані з n входами вхідного блока 2, виходи 8 якого з'єднані з n входами блока 3 впорядкування навчальних сигналів і n входами блока 4 зважування, виходи якого підключені до $m \times n$ входів 9 блока 5 класифікації.

Виходи блока 3 впорядкування навчальних сигналів з'єднані з n входами 10 блока 6 формування цілочислових ваг, m виходів якого з'єднані з керуючими входами 11 блока 4 зважування. Виходи 12 першої групи блока 5 класифікації з'єднані з n відповідними входами блока 6 формування цілочислових ваг, виходи 7 класифікації пристрою з'єднані з відповідними m виходами другої групи блока 5 класифікації, вхід 13 скиду якого з'єднаний з відповідним входом пристрою, його перший адресний вхід 14 з'єднаний з відповідним входом пристрою, а його другий вихід ознаки є виходом 15 сигналу "Кінець" пристрою. Вхід 16 є входом задання порогу блока 5 класифікації, вхід 17 є його другим адресним входом, вхід 18 є його входом дозволу, його перший вихід 19 ознаки є виходом підсумкового сигналу, вхід 20 є його входом початкового вектора рангів, а виходи 21 рангів пристрою є відповідними m k -розрядними виходами третьої групи блока 5 класифікації.

Блок 5 класифікації (фіг. 2) складається з обчислювального блока 22, вузла 23 аналізу, вузла 24 оброблення і блока 25 ранжирування. Входи 9 блока 5 класифікації з'єднані з $m \times n$ входами обчислювального блока 22, виходи 26 ознаки нуля якого з'єднані з m входами вузла 23 аналізу і блока 25 ранжирування, а n виходи 27 з'єднані з групою інформаційних входів вузла 24 оброблення. З адресним входом 28 вузла 24 оброблення з'єднаний q -розрядний вихід вузла 23 аналізу ($q = \log_2 m$). Вхід 13 скиду, перший адресний вхід 14, вхід 16 задання порогу та другий адресний вхід 17 блока 5 класифікації з'єднані з відповідними входами вузла 24 оброблення, m виходами і виходом підсумкового сигналу якого є виходи 12 та вихід 19 блока 5 класифікації. Вхід 13 скиду і вхід 18 дозволу блока 5 класифікації з'єднані також з відповідними входами вузла 23 аналізу, виходи якого є m виходами 7 класифікації пристрою, а його вихід ознаки є виходом 15 сигналу "Кінець" пристрою. Вхід 13 скиду і вхід 20 початкового вектора рангів з'єднані з відповідними входами блока 25 ранжирування, а його m k -розрядні виходи є відповідними виходами 21 рангів пристрою.

Вузол 23 аналізу (фіг. 3) містить елемент НІ 29, елемент І-НІ 30, групу елементів РІВНОЗНАЧНІСТЬ $31_1, \dots, 31_m$, групу елементів затримки $32_1, \dots, 32_m$, групу елементів І $33_1, \dots, 33_m$, групу D-тригерів $34_1, \dots, 34_m$, шифратор 35. Вхід 26_i вузла 23 аналізу ($i = \overline{1, m}$) з'єднаний з відповідним входом елемента І-НІ 30 і першим входом i -го елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i групи елементів РІВНОЗНАЧНІСТЬ $31_1, \dots, 31_m$, другий вхід якого з'єднаний з виходом i -го D-тригера 34, групи D-тригерів $34_1, \dots, 34_m$, а його третій вхід з'єднаний з виходом елемента НІ 29, вихід якого є виходом 15 сигналу "Кінець" пристрою. Вихід i -го елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i з'єднаний з входом i -го елемента затримки 32_i групи елементів затримки $32_1, \dots, 32_m$ вузла 23 аналізу. Перший вхід i -го елемента І 33_i групи елементів І $33_1, \dots, 33_m$ з'єднаний з входом 26_i вузла 23 аналізу, а другий вхід з'єднаний з виходом i -го елемента затримки 32_i групи елементів затримки І $32_1, \dots, 32_m$ вузла 23 аналізу. Вихід i -го елемента І 33_i групи елементів І $33_1, \dots, 33_m$ з'єднаний з D-входом відповідного D-тригера 34_i групи D-тригерів $34_1, \dots, 34_m$ вузла 23 аналізу, прямі виходи яких є виходами $7_1, \dots, 7_m$ вузла 23 аналізу і підключено до входів шифратора 35 вузла 23 аналізу, вхід дозволу якого з'єднаний з входом 18 дозволу блока 5 класифікації.

Вузол 24 оброблення містить мультиплексор 36, суматори 37, 38, регістри 39, 40, мультиплексор 41, елементи АБО-НІ 42, АБО 43, демультиплексор 44. Перший інформаційний вхід суматора 37 з'єднаний з k -розрядним виходом (k -розрядність даних) регістра 39, який також підключений до k -розрядного входу елемента АБО-НІ 42. Другий інформаційний інверсний вхід суматора 37 з'єднаний з другим інформаційним входом суматора 38 та з k -розрядним виходом мультиплексора 36, адресний вхід якого з'єднаний з r -розрядним першим адресним входом 14 блока 5 класифікації ($r = \log_2 n$), а інформаційні входи підключені до інформаційних входів $27_1, \dots, 27_n$ вузла 24 оброблення. Вхід переносу суматора 37 з'єднаний з шиною 45 живлення пристрою, а вихід переносу суматора 37 з'єднаний з другим входом елемента АБО 43, перший вхід якого з'єднаний з виходом елемента АБО-НІ 42. Інформаційний вихід суматора 37 з'єднаний з другим інформаційним k -розрядним входом мультиплексора 41, перший інформаційний k -розрядний вхід якого підключений до входу 16 задання порогу блока 5 класифікації, а адресний вхід з'єднаний з другим адресним входом 17 блока 5 класифікації.

Вихід мультиплексора 41 з'єднаний з k -розрядним входом регістра 39, перший інформаційний вхід суматора 38 з'єднаний з k -розрядним виходом регістра 40, який також підключений до інформаційного входу демультиплексора 44, вхід переносу суматора 38

з'єднаний з його виходом переносу, а його інформаційний вихід з'єднаний з k-розрядним входом регістра 40. Адресний вхід демультимплексора 44, який є адресним входом 28 вузла 24 оброблення, з'єднаний з q-розрядним виходом шифратора 35 вузла 23 аналізу ($q = \log_2 m$).

Вхід скиду регістрів 39, 40 з'єднаний з входом 13 скиду блока 5 класифікації, який з'єднаний також з R-входами групи D-тригерів $34_1, \dots, 34_m$ вузла 23 аналізу. Вихід елемента АБО 43 є виходом 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації, виходи демультимплексора 44 вузла 24 оброблення є групою k-розрядних виходів $12_1, \dots, 12_m$ результатів блока 5 класифікації.

Блок 25 ранжирування (фіг. 4) містить m вузлів рангу $46_1, \dots, 46_m$. Кожний вузол рангу 46_i містить елемент HI 47, RS-тригер 48, елементи I 49, 50, лічильник 51. S-вхід RS-тригера 48 з'єднаний з входом скиду лічильника 51 і з входом 13 скиду пристрою, а R-вхід RS-тригера 48 з'єднаний з входом елемента HI 47, з входом 26_i вузла рангу 46_i і з першим входом елемента I 50, другий вхід якого з'єднаний з прямим виходом RS-тригера 48. Вихід елемента I 50 є виходом 52_i ознаки вузла рангу 46_i , а вихід елемента HI 47 з'єднаний з першим входом елемента I 49, другий вхід якого з'єднаний з виходом 53 елемента АБО 54 блока 25 ранжирування, а вихід з'єднаний з входом прямої лічби лічильника 51. Інформаційний вхід лічильника 51 з'єднаний з входом 20 початкового вектора рангів пристрою, а інформаційні виходи лічильника 51 є k-розрядним виходом 21_i рангу пристрою, входи елемента АБО 54 з'єднані з виходами $52_1, \dots, 52_m$ ознак всіх вузлів рангу $46_1, \dots, 46_m$.

Пристрій для розпізнавання образів (фіг. 1) працює в двох режимах: режимі навчання (адаптації) та робочому режимі.

В режимі навчання (адаптації) на n входи 1 вхідного блока 2 послідовно подаються значення компонент навчальних векторів, з n виходів 8 якого вони подаються на входи блока 3 впорядкування навчальних сигналів, де впорядковані компоненти навчальних векторів зберігаються в регістрах. Дані з n виходів 8 вхідного блока 2 також подаються на входи блока 4 зважування, де помножуються на вагові коефіцієнти, які на першому кроці мають початкові значення, а в процесі навчання послідовно налаштовуються за допомогою блока 6 формування цілочислових ваг. Блок 6 формує на кожному кроці цілочислове значення цих ваг і подає на керуючі входи 11 блока 4 зважування по сигналах належності до впорядкованого навчального вектора, поданого на даному кроці на його входи 10, та по результатах з виходів 12 блока 5 класифікації. При цьому задіяний вхід 18 дозволу блока 5 класифікації.

В цьому режимі у блоці 5 класифікації за сигналами керування на його адресних входах 14 та 17 обробляються зважені навчальні сигнали, які подаються на його входи 9 у вигляді матриць розміром $m \times n$, де m - кількість класів образів, n - розмірність вхідних векторів.

В робочому режимі на інформаційні входи 1 пристрою подається досліджуваний n-вимірний об'єкт (образ) Z. При цьому дані з виходів 8 вхідного блока 2 поступають на n входи блока 4 зважування, який виконує множення кожного елемента вектора Z на відповідні йому цілочислові значення ваг, які у вигляді матриці ваг W розміром $m \times n$ були сформовані у режимі навчання і зберігаються у блоці 4 зважування. Блок 4 зважування видає зважений вхідний вектор у вигляді матриці A^0 розміром $m \times n$ на входи 9 блока 5 класифікації, який формує на своїх виходах 7 класифікації m-вимірний сигнал належності вхідного об'єкта (образу) Z до певного класу з m визначених класів образів з урахуванням порогу θ класифікації, поданого на його вхід 16. Одночасно на виходах 21 рангів формуються k-розрядні ранги відповідно до кожного з m класів. Сигналом закінчення процесу класифікації образів є наявність одиничного сигналу на виході 15 сигналу "Кінець" пристрою, а присутність одиничного сигналу на виході 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації свідчить про перевищення заданого порогу θ в процесі класифікації.

Блок 3 впорядкування навчальних сигналів і блок 6 формування цілочислових ваг в робочому режимі вимкнуті. Причому на початку роботи пристрою блок 5 класифікації встановлюється у початковий стан за сигналом на вході 13 скиду пристрою.

Блок 5 класифікації (фіг. 2) працює в такий спосіб. Спочатку встановлюють у початковий стан вузол 23 аналізу, вузол 24 оброблення та блок 25 ранжирування за сигналом на вході 13 скиду. По входах 9 блока 5 класифікації в обчислювальний блок 22 подається матриця A^0 зважених даних розміром $m \times n$ вигляду

$$A^0 = \begin{pmatrix} a_{1,1}^0 & \dots & a_{1,j}^0 & \dots & a_{1,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^0 & \dots & a_{i,j}^0 & \dots & a_{i,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^0 & \dots & a_{m,j}^0 & \dots & a_{m,n}^0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1^0 \\ \vdots \\ A_i^0 \\ \vdots \\ A_m^0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

причому

$$a_{ij}^0 = w_{ij} \cdot z_j, (2)$$

де w_{ij} - відповідний елемент матриці ваг W ; z_j - j -й компонент вхідного вектора Z . У вузол 24 оброблення по входу 16 записують поріг θ класифікації за одиничним сигналом на адресному вході 17 блока 5 класифікації. Одночасно у блок 25 ранжирування по входу 20 початкового вектора рангів записують вектор рангів $R=(r_1, \dots, r_m)$ масивів A_1^0, \dots, A_m^0 , всі елементи r_i якого дорівнюють одиниці, тобто

$$R = (1 \ 1 \ \dots \ 1). (3)$$

В обчислювальному блоці 22 виконується ітераційний процес оброблення матриці A^0 , в якій кожний рядок розглядають як масив A_i^0 (1) зважених даних. Спочатку у кожному стовпці матриці A^0 виконують визначення мінімального елемента вигляду

$$\min_j^{t-1} = \min_i a_{ij}^{t-1}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t = \overline{1, N}, (4)$$

в подальшому поіменованого як мінеlement, де N - кількість етапів оброблення. В результаті формують вектор-рядок з n мінеlementів на n виходах 27 обчислювального блока 22 вигляду

$$\text{Min}^{t-1} = (\min_1^{t-1}, \dots, \min_j^{t-1}, \dots, \min_n^{t-1}). (5)$$

Потім в обчислювальному блоці 22 виконують паралельне віднімання j -го мінеlementa від кожного i -го елемента відповідного j -стовпця матриці A^{t-1} , де $t = \overline{1, N}$ і формують невпорядковану матрицю вигляду

$$\overline{A}^t = \begin{pmatrix} \overline{a}_{1,1}^t & \dots & \overline{a}_{1,j}^t & \dots & \overline{a}_{1,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{a}_{i,1}^t & \dots & \overline{a}_{i,j}^t & \dots & \overline{a}_{i,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{a}_{m,1}^t & \dots & \overline{a}_{m,j}^t & \dots & \overline{a}_{m,n}^t \end{pmatrix}, (6)$$

причому

$$\overline{a}_{ij}^t = a_{ij}^{t-1} - \min_j^{t-1}. (7)$$

Одночасно з цим у вузлі 24 оброблення виконують послідовне віднімання мінеlementів вектор-рядка Min^{t-1} вигляду (5) від порогу θ класифікації, який записаний з входу 16 задання порогу блока 5 класифікації, з формуванням поточного порогу Δ_t класифікації вигляду

$$\Delta_t = \Delta_{t-1} - \sum_{j=1}^n \min_j^{t-1}, \quad t = \overline{1, N}, (8)$$

де $\Delta_0 = \theta$.

У режимі навчання (адаптації) одночасно також виконують підсумовування мінеlementів вектор-рядка Min^{t-1} вигляду (5) з формуванням поточної суми

$$S_t = \sum_{j=1}^n \min_j^{t-1}. (9)$$

та виконують накопичення поточних сум вигляду

$$S^t = S^{t-1} + S_t, (10)$$

де $S^0 = 0$.

При цьому задіяно адресний вхід 14 і вхід 18 дозволу блока 5 класифікації.

Після виконання віднімання у кожному стовпці отриманої матриці \overline{A}^t (6) в обчислювальному блоці 22 є хоча б один нульовий елемент, а відповідно, в кожному рядку може бути один, декілька, всі або не бути взагалі нульових елементів.

Перевіряють три умови: умову наявності m нульових рядків, тобто

$$\overline{A}_1^t = \dots = \overline{A}_i^t = \dots = \overline{A}_m^t = 0, \quad t = \overline{1, N} (11)$$

умову нульового або від'ємного значення поточного порогу Δ_t класифікації

$$\Delta_t \leq 0 (12)$$

і умову появи поточного нульового рядка

$$A_k^t = 0, \quad k = \overline{1, m}. (13)$$

При виконанні умови (12) процес оброблення продовжують, але якщо умова (11) виконується, то оброблення закінчують.

- Виконання умови (13) фіксується наявністю одиничного сигналу на k-му виході 26 ознаки нуля обчислювального блока 22 і свідчить про те, що у деякому циклі t у двовимірній матриці \bar{A}^t (6) з'являється деякий k-й рядок з усіма нульовими елементами. Цей рядок вказує на k-й масив чисел A_k^0 (1) ($k = \overline{1, m}$), який є мінімальним за сумою своїх елементів серед початкових масивів A_1^0, \dots, A_m^0 , тобто:

$$\bar{A}^t = \begin{pmatrix} -a_{1,1}^t & \dots & -a_{1,j}^t & \dots & -a_{1,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ -a_{k,1}^t & \dots & -a_{k,j}^t & \dots & -a_{k,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ -a_{i,1}^t & \dots & -a_{i,j}^t & \dots & -a_{i,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ -a_{m,1}^t & \dots & -a_{m,j}^t & \dots & -a_{m,n}^t \end{pmatrix} \text{ мінімальний масив } A_k^0. \quad (14)$$

- В цьому випадку накопичена сума S^t (10) з'являється на відповідному виході 12 результатів блока 5 класифікації за певною адресою на адресному вході 28 вузла 24 оброблення, при цьому вона дорівнює сумі елементів масиву A_k^0 . Якщо при цьому умова (12) не виконується, тобто на виході 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації присутній нульовий сигнал, то у подальшій класифікації цей масив A_k^0 участі не приймає як такий, що менший за поріг θ класифікації.

- Нульовий k-й рядок в подальшому обробленні участі не приймає і значення його елементів не беруть до уваги при визначенні мінеlementів кожного стовпця поточної матриці \bar{A}^t (14). Одночасно у блоці 25 ранжирування маскують елемент r_k вектора рангів R (3), що відповідає нульовому рядку матриці \bar{A}^t (14), а всі інші елементи вектора рангів R збільшують на одиницю.

- Після перевірки виконання умов (11)-(13) для всіх рядків поточної матриці \bar{A}^t (14) паралельно виконують транспозицію елементів з просуванням праворуч усіх нульових елементів і формують впорядковану матрицю A^t , яка має вигляд:

$$A^t = \begin{pmatrix} a_{1,1}^t & \dots & a_{1,j}^t & \dots & a_{1,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^t & \dots & a_{i,j}^t & \dots & a_{i,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^t & \dots & a_{m,j}^t & \dots & a_{m,n}^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1^t \\ \vdots \\ A_i^t \\ \vdots \\ A_m^t \end{pmatrix}. \quad (15)$$

- Для отриманої матриці A^t (15) повторюють цикли оброблення, які складаються з вищезазначеної послідовності дій, починаючи з визначення мінеlementa (4) у кожному стовпці поточної матриці A^t .

- Кожний наступний нульовий рядок, який з'явиться у поточній матриці \bar{A}^t вказує на масив чисел, який є мінімальним за сумою своїх елементів серед тих масивів (відповідних рядків), які ще приймають участь в обробленні. Такий нульовий рядок також виключають, формують нове значення вектора рангів R з маскуванням і збільшенням на одиницю відповідних його елементів, формують суму елементів даного масиву чисел на відповідному виході 12 результатів блока 5 класифікації за певною адресою на адресному вході 28 вузла 24 оброблення у режимі навчання і оброблення продовжують над тими рядками, які ще мають ненульові елементи.

- Оброблення кожної неупорядкованої матриці \bar{A}^t (6) триває до тих пір, поки не виконається умова (11) наявності m нульових рядків, при цьому формується одиничний сигнал на виході 15 сигналу "Кінець" блока 5 класифікації. Результатом оброблення є останній рядок, який має нульові елементи за умови, що решта рядків були виключені з оброблення як нульові, тобто матриця у цьому циклі ($t=N$) має вигляд

$$\bar{A}^N = \begin{pmatrix} - & \dots & - & \dots & - \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ - & \dots & - & \dots & - \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ -N & \dots & -N & \dots & -N \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ - & \dots & - & \dots & - \end{pmatrix} \quad \text{- l-й рядок, (16)}$$

де $\bar{a}_{l,j}^N = 0, j = \overline{1, n}$.

Цей рядок матриці \bar{A}^N за умови (12) вказує на деякий l-й масив чисел A_l^0 ($l \in \overline{1, m}$), який є максимальним за сумою своїх елементів серед початкових масивів чисел A_1^0, \dots, A_m^0 і більший за поріг θ класифікації. Одночасно завершують у блоці 25 ранжирування формування вектора рангів R, всі елементи якого відповідають рангам відповідних масивів чисел у відсортованій послідовності початкових масивів даних A_1^0, \dots, A_m^0 і фіксуються на виходах 21 рангів. На виходах 7 класифікації вузла 23 аналізу формується одиничний сигнал на виході 7_l, що свідчить про належність вхідного образу до l-го класу. Величина N дорівнює кількості циклів оброблення, виконаних в процесі пошуку максимального масиву чисел серед масивів A_1^0, \dots, A_m^0 .

У вузлі 24 оброблення блока 5 класифікації (фіг. 3) для прискорення процесу формування поточного порогу Δ_t класифікації вигляду (8) виконують послідовне віднімання вигляду

$$\Delta_t = (\dots((\Delta_{t-1} - \min_1^{t-1}) - \min_2^{t-1}) - \dots - \min_n^{t-1}) \quad (17)$$

на суматорі 37, який працює в режимі віднімача. Одночасно у суматорі 38 для прискорення процесу накопичення поточних сум S^t вигляду (10) у режимі навчання виконують послідовне підсумовування вигляду

$$S^t = (\dots((S^{t-1} + \min_1^{t-1}) + \min_2^{t-1}) + \dots + \min_n^{t-1}). \quad (18)$$

На перший k-розрядний інформаційний вхід суматора 37 подають поточний поріг Δ_{t-1} класифікації, який зберігають у регістрі 39, а на його другий інверсний k-розрядний інформаційний вхід і на другий інформаційний вхід суматора 38 подають значення мінеlementa \min_1^{t-1} з виходу мультиплексора 36, який комутиє на цей вихід всі елементи вектор-рядка Min^{t-1} (5) послідовно, починаючи з \min_1^{t-1} до \min_n^{t-1} , у відповідності з двійковим p-розрядним кодом ($p = \log_2 n$) на своєму адресному вході, який подають з адресного входу 14 блока 5 класифікації. На перший k-розрядний інформаційний вхід суматора 38 подають результат попереднього підсумовування, який був записаний у регістрі 40. Результат віднімання з інформаційного виходу суматора 37 через мультиплексор 41 подають на k-розрядний інформаційний вхід регістра 39, при цьому на адресному вході 17 блока 5 класифікації присутній нульовий сигнал. Результат підсумовування з інформаційного виходу суматора 38 подають на k-розрядний інформаційний вхід регістра 40.

При виконанні умови (12) одиничний сигнал з'являється на виході 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації, оскільки в цьому випадку присутній одиничний сигнал або на виході переносу суматора 37, або на виході елемента АБО-НІ 42 вузла 24 оброблення, що приведе до формування одиничного сигналу на виході елемента АБО 43 вузла 24 оброблення. Отже, одиничний сигнал переносу суматора 37 свідчить про від'ємність поточного порогу Δ_t класифікації, а про його нульове значення свідчить одиничний сигнал на виході елемента АБО-НІ 42.

Виконання умови (11) фіксують наявністю нульового сигналу на виході елемента І-НІ 30 та одиничного сигналу на виході елемента НІ 29, тобто на виході 15 сигналу "Кінець" блока 5 класифікації. Одиничний сигнал ознаки нуля з входу 26_i групи входів 26₁, ..., 26_m подають на вхід елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i групи елементів РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31₁, ..., 31_m та на вхід елемента І 33_i групи елементів І 33₁, ..., 33_m вузла 23 аналізу. В результаті на виході елемента І 33_i на певний проміжок часу формується одиничний сигнал, який встановлює D-тригер 34_i групи D-тригерів 34₁, ..., 34_m в одиничний стан, оскільки на всіх входах елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i до цього моменту були присутні нульові сигнали, а отже, на виході елемента затримки 32_i був присутній одиничний сигнал. Виходи групи D-тригерів 34₁, ..., 34_m з'єднані з входами шифратора 35 вузла 23 аналізу, який за наявністю одиничного сигналу на вході 18 дозволює перетворює m-розрядний код на вході в q-розрядний код на його виході ($q = \log_2 m$) і подає його на адресний вхід демультимплексора 44 через адресний вхід 28 вузла 24 оброблення, на інформаційний вхід якого з регістра 40 подається накопичена поточна сума S^t (10) мінеlementів, яку формує суматор 38. Отже, у режимі навчання при виконанні умови (13) на i-му виході 12_i демультимплексора 44

з'явиться поточна накопичена сума S_i^0 мінеlementів, яка буде відповідати i-му рядку комірок обчислювального блока 22, який став нульовим на t-му циклі оброблення, тобто з виходу 12_i результату блока 5 класифікації можна зчитати суму S_i^0 елементів i-го масиву A_i^0 (1). Одночасно з цим на виході 7_i групи виходів 7₁,...,7_m класифікації блока 5 класифікації з'явиться одиничний

5 сигнал, який буде означати, що обнулився відповідний рядок \bar{A}_i^t матриці (6).

Елемент затримки 32_i групи елементів затримки 32₁,...,32_m вузла 23 аналізу забезпечує затримку одиничного сигналу з входу 26_i групи входів 26₁,...,26_m, який у вигляді нульового сигналу з виходу елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i групи елементів РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31₁,...,31_m повинен заборонити надходження одиничного сигналу через елемент І 33_i групи елементів І 33₁,...,33_m. Це необхідно для того, щоб скинути D-тригер 34_i групи D-тригерів 34₁,...,34_m в нульовий стан, але не одразу, а через певний проміжок часу, який задає елемент затримки 32_i і тим самим забезпечує можливість зчитування відповідної суми S_i^t (10) з відповідного виходу 12_i результату блока 5 класифікації у режимі навчання.

Отже, при наявності нульового сигналу з виходу елемента НІ 29, одиничний сигнал ознаки 15 нуля на вході 26_i викличе встановлення в одиничний стан D-тригера 34_i на заданий проміжок часу, після чого відбувається його скид в нульовий стан. Такий процес встановлення в одиничний стан та скиду в нульовий стан відповідних D-тригерів 34_i ($i = \bar{1}, \bar{m}$) виконується поступово для всіх D-тригерів 34_i, крім останнього І-го, оскільки в цей час на виході елемента НІ 29 з'явиться одиничний сигнал, який дозволить проходження одиничного сигналу з виходу 20 елемента РІВНОЗНАЧНІСТЬ 31_i через елемент затримки 32_i і елемент І 33_i на вхід D-тригера 34_i.

Таким чином, для останнього І-го рядка матриці \bar{A}^N (16) відповідний D-тригер 34_i залишиться в одиничному стані, в результаті на виході 7_i класифікації блока 5 класифікації буде присутній одиничний сигнал, який вказує на максимальний за сумою його елементів векторний масив A_i^0 з урахуванням порогу θ класифікації. При цьому, якщо на виході 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації присутній одиничний сигнал, то сума зважених елементів цього масиву більша, ніж поріг θ класифікації. При нульовому сигналі на виході 19 підсумкового сигналу блока 5 класифікації вона менше за поріг θ класифікації. Одиничний сигнал на виході 15 сигналу "Кінець" блока 5 класифікації свідчить про закінчення процесу оброблення.

30 Вузол рангу 46_i блока 25 ранжирування (фіг. 4) працює в такий спосіб. Спочатку встановлюють у нульовий стан лічильник 51 і в одиничний стан RS-тригер 48 за одиничним сигналом на вході 13 скиду пристрою. За одиничним сигналом на вході вузла рангу 46_i, який з'єднаний з входом 20 початкового вектора рангів пристрою, у лічильник 51 записується одиничне значення по його інформаційному D-входу, яке фіксується на його k-розрядному виході 21_i рангу. На початку роботи пристрою на вході 26_i вузла рангу 46_i присутній нульовий 35 сигнал, який проходячи через елемент І 50, встановлює нульовий сигнал на виході 52_i ознаки вузла рангу 46_i, а проходячи через елемент НІ 47, фіксує одиничний сигнал на першому вході елемента І 49. Якщо при цьому на другий вхід елемента І 49 надходить одиничний імпульс з виходу 53 елемента АБО 54, то з'являється одиничний імпульс на його виході, який подається 40 на вхід прямої лічби лічильника 51 і збільшує його вміст на одиницю.

Отже, за наявністю нульового сигналу на вході 26_i з кожною появою одиничного імпульсу на виході 53 елемента АБО 54 вміст лічильника 51 збільшується на одиницю. Ємність лічильника 51 дорівнює величині $k = \log_2 m$, де m - кількість масивів, отже, у ньому може бути сформовано максимальний ранг кожного з масивів A_1^0, \dots, A_m^0 . Після появи одиничного сигналу на вході 26_i, 45 що відповідає формуванню масиву чисел A_i^t з нульовими елементами, забороняється процес лічби у лічильнику 51 через наявність нульового сигналу на виході елемента НІ 47, тобто через відсутність появи одиничного імпульсу на виході елемента І 49. Отже, на виході 21_i рангу фіксується остаточний k-розрядний ранг r_i , що відповідає масиву чисел A_i^0 . Крім того, скидається у нульовий стан RS-тригер 48, оскільки одиничний сигнал зі входу 26_i подається на його R-вхід. Але до встановлення нульового сигналу на прямому виході RS-тригера 48 одиничний сигнал зі входу 26_i формує на виході елемента І 50 короткий одиничний сигнал (імпульс), який з'являється на виході 52_i ознаки вузла рангу 46_i. Після появи нульового сигналу на прямому виході RS-тригера 48 на виході елемента І 50, а отже, на виході 52_i ознаки вузла 50 рангу 46_i встановлюється нульовий сигнал, який свідчить про те, що ранг відповідного масиву A_i^0 сформовано у лічильнику 51 вузла рангу 46_i, тобто вузол рангу 46_i маскується. 55

Розглянемо приклад реалізації класифікації n-вимірного образу у вигляді векторного масиву чисел. Нехай маємо вхідний образ $Z = (5 \ 3 \ 6 \ 4)$ та матрицю вагових коефіцієнтів

$$W = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 1 & 5 \\ 2 & 7 & 5 & 1 \\ 3 & 2 & 4 & 7 \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Після виконання множення вагових коефіцієнтів на елементи вхідного образу, отримаємо початкову двовимірну матрицю вигляду

$$A^0 = \begin{pmatrix} 25 & 18 & 12 & 8 \\ 20 & 9 & 6 & 20 \\ 10 & 21 & 30 & 4 \\ 15 & 6 & 24 & 28 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

- 5 Відповідну матрицю A^0 (20) зафіксовано в обчислювальному блоці 22, отже маємо чотири ($i = \overline{1,4}$) масиви чисел A_i^0 за кількістю класів класифікації, кожен з яких містить по чотири ($j = \overline{1,4}$) числа $a_{i,j}^0$ за кількістю елементів у вхідному векторному масиві даних.

Поріг θ класифікації дорівнює 65. Початкові ранги масивів A_1^0, \dots, A_4^0 дорівнюють одиниці, тобто $R = (1 \ 1 \ 1 \ 1)$.

- 10 Цикли оброблення матриці A^0 (20) з урахуванням порогу $\theta=65$ представлено у вигляді таблиці 1, де показано також накопичення поточних сум мінеlementів (у режимі навчання).

Таблиця 1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
1	2	3
1/1	Формування рядка мінеlementів (пошук мінімального елемента стовпця)	$\text{Min}^0 = (10 \ 6 \ 6 \ 4)$
1/2	Формування неупорядкованої матриці (віднімання мінеlementів у кожному стовпці матриці).	$\overline{A}^1 = \begin{pmatrix} 25-10 & 18-6 & 12-6 & 8-4 \\ 20-10 & 9-6 & 6-6 & 20-4 \\ 10-10 & 21-6 & 30-6 & 4-4 \\ 15-10 & 6-6 & 24-6 & 28-4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 12 & 6 & 4 \\ 10 & 3 & 0 & 16 \\ 0 & 15 & 24 & 0 \\ 5 & 0 & 18 & 24 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_1 = (((10+6)+6)+4) = 26$
	Накопичення поточних сум	$S^1 = 0 + 26 = 26$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_1 = (((65-10)-6)-6)-4 = 39$
1/3	Формування упорядкованої матриці (транспозиція елементів у рядках з просуванням нульових елементів праворуч)	$A^1 = \begin{pmatrix} 15 & 12 & 6 & 4 \\ 10 & 3 & 16 & 0 \\ 15 & 24 & 0 & 0 \\ 5 & 18 & 24 & 0 \end{pmatrix}$
2/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^1 = (5 \ 3 \ 0 \ 0)$
2/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A}^2 = \begin{pmatrix} 15-5 & 12-3 & 6 & 4 \\ 10-5 & 3-3 & 16 & 0 \\ 15-5 & 24-3 & 0 & 0 \\ 5-5 & 18-3 & 24 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 & 9 & 6 & 4 \\ 5 & 0 & 16 & 0 \\ 10 & 21 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & 24 & 0 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_2 = (((5+3)+0)+0) = 8$
	Накопичення поточних сум	$S^2 = 26 + 8 = 34$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_2 = (((39-5)-3)-0)-0 = 31$
2/3	Формування упорядкованої матриці	$A^2 = \begin{pmatrix} 10 & 9 & 6 & 4 \\ 5 & 16 & 0 & 0 \\ 10 & 21 & 0 & 0 \\ 15 & 24 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

Продовження табл.1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
3/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^2 = (5 \ 9 \ 0 \ 0)$
3/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^3} = \begin{pmatrix} 10-5 & 9-9 & 6 & 4 \\ 5-5 & 16-9 & 0 & 0 \\ 10-5 & 21-9 & 0 & 0 \\ 15-5 & 24-9 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 6 & 4 \\ 0 & 7 & 0 & 0 \\ 5 & 12 & 0 & 0 \\ 10 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_3 = (((5+9)+0)+0) = 14$
	Накопичення поточних сум	$S^3 = 34 + 14 = 48$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_3 = (((((31-5)-9)-0)-0)-0) = 17$
3/3	Формування упорядкованої матриці	$A^3 = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 4 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 12 & 0 & 0 \\ 10 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
4/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^3 = (5 \ 0 \ 0 \ 0)$
4/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^4} = \begin{pmatrix} 5-5 & 6 & 4 & 0 \\ 7-5 & 0 & 0 & 0 \\ 5-5 & 12 & 0 & 0 \\ 10-5 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 4 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 0 & 0 \\ 5 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_4 = (((5+0)+0)+0) = 5$
	Накопичення поточних сум	$S^4 = 48 + 5 = 53$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_4 = (((((17-5)-0)-0)-0)-0) = 12$
4/3	Формування упорядкованої матриці	$A^4 = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
5/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^4 = (2 \ 0 \ 0 \ 0)$
5/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^5} = \begin{pmatrix} 6-2 & 4 & 0 & 0 \\ 2-2 & 0 & 0 & 0 \\ 12-2 & 0 & 0 & 0 \\ 5-2 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ мінімальний масив до A_2^0
		Отримано перший нульовий рядок двовимірної матриці, який вказує на те, що масив чисел A_2^0 є мінімальним серед масивів $A_1^0, A_2^0, A_3^0, A_4^0$. Цей рядок включають з подальшого оброблення.
	Формування поточної суми.	$S_5 = (((2+0)+0)+0) = 2$

Продовження табл.1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
	Накопичення поточних сум	$S^5 = 53 + 2 = 55$ (S^0_2) Сформована сума S^5 дорівнює сумі S^0_2 елементів масиву A^0_2 .
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_5 = (((((12 - 2) - 0) - 0) - 0) - 0) = 10$
	Формування поточного вектора рангів	$R = (2 \ 1 \ 2 \ 2)$
5/3	Формування впорядкованої матриці	$A^5 = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 10 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
6/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^5 = (3 \ 0 \ 0 \ 0)$
6/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^6} = \begin{pmatrix} 4-3 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 10-3 & 0 & 0 & 0 \\ 3-3 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_6 = (((3 + 0) + 0) + 0) = 3$
	Накопичення поточних сум	$S^6 = 55 + 3 = 58$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_6 = (((((10 - 3) - 0) - 0) - 0) - 0) = 7$
6/3	Формування впорядкованої матриці	$A^6 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
7/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^6 = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$
7/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^7} = \begin{pmatrix} 1-1 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 7-1 & 0 & 0 & 0 \\ 15-1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 6 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
	Формування поточної суми.	$S_7 = (((1 + 0) + 0) + 0) = 1$
	Накопичення поточних сум	$S^7 = 58 + 1 = 59$
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_7 = (((((7 - 1) - 0) - 0) - 0) - 0) = 6$
7/3	Формування впорядкованої матриці	$A^7 = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 6 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
8/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^7 = (4 \ 0 \ 0 \ 0)$

Продовження табл.1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
8/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^8} = \begin{pmatrix} 4-4 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 6-4 & 0 & 0 & 0 \\ 14-4 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ <p>мінімальний масив A_1^0</p> <p>Отримано наступний нульовий рядок двовимірної матриці, який вказує на те, що масив чисел A_1^0 є мінімальним серед масивів A_1^0, A_3^0, A_4^0. Цей рядок включають з подальшого оброблення.</p>
	Формування поточної суми. Накопичення поточних сум	$S_8 = (((4+0)+0)+0) = 4$ $S^8 = 59 + 4 = 63 (S^0_1)$ Сформована сума S^8 дорівнює сумі S^0_1 елементів масиву A^0_1 .
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_8 = (((((6-4)-0)-0)-0)-0) = 2$
	Формування поточного вектора рангів	$R = (2 \ 1 \ 3 \ 3)$
8/3	Формування впорядкованої матриці	$A^8 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
9/1	Формування рядка мінілементів	$\text{Min}^8 = (2 \ 0 \ 0 \ 0)$
9/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A^9} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 2-2 & 0 & 0 & 0 \\ 10-2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ <p>мінімальний масив A_3^0</p> <p>Отримано наступний нульовий рядок двовимірної матриці, який вказує на те, що масив чисел A_3^0 є мінімальним серед масивів A_3^0, A_4^0. Цей рядок включають з подальшого оброблення.</p>
	Формування поточної суми.	$S_9 = (((2+0)+0)+0) = 2$ $S^9 = 63 + 2 = 65 (S^0_3)$
	Накопичення поточних сум	Сформована сума S^9 дорівнює сумі S^0_3 елементів масиву A^0_3 .
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_9 = (((((2-2)-0)-0)-0)-0) = 0$ Нульове значення ініціює формування одиничного підсумкового сигналу пристрою, масив A^0_3 дорівнює порогу θ класифікації.
	Формування поточного вектора рангів	$R = (2 \ 1 \ 3 \ 4)$

Продовження табл.1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
9/3	Формування впорядкованої матриці	$A^9 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 8 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
10/1	Формування рядка мінілементів	$\text{Min}^9 = (8 \ 0 \ 0 \ 0)$
10/2	Формування неупорядкованої матриці	$\overline{A}^{10} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 8-8 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ наступний мінімум A_4^0
		Цей рядок вказує на те, що масив чисел A_4^0 є максимальним серед масивів $A_1^0, A_2^0, A_3^0, A_4^0$.
	Формування поточної суми.	$S_{10} = (((8+0)+0)+0) = 8$
	Накопичення поточних сум	$S^{10} = 65 + 8 = 73 \ (S_4^0)$ Сформована сума S^{10} дорівнює сумі S_4^0 елементів масиву A_4^0 .
	Формування поточного порогу оброблення	$\Delta_{10} = (((0-8)-0)-0)-0 = -8$ Від'ємне значення поточного порогу класифікації свідчить про те, що масив A_4^0 більший за поріг θ класифікації
	Остаточний вектор рангів сформовано	$R = (2 \ 1 \ 3 \ 4)$

Отже, максимальним за сумою своїх елементів є масив A_4^0 , сума елементів якого дорівнює $S_4^0 = 73$, тобто вхідний образ належить до четвертого класу образів за даною класифікацією. Крім того, в процесі оброблення матриці A^0 (20) у режимі навчання було сформовано значення сум $S_1^0, S_2^0, S_3^0, S_4^0$, які задіяні для формування відповідних цілочисельних ваг. Також отримано вектор рангів R , елементи якого вказують на те, що найближчим за сумою своїх елементів до максимального масиву A_4^0 є масив A_3^0 , наступним - масив A_1^0 і, нарешті, найменший масив A_2^0 . Кількість циклів оброблення, виконаних в процесі пошуку цього максимуму, дорівнює 10.

Таким чином, використання проміжних результатів оброблення однойменних елементів в усіх рядках матриці зважених даних до послідовного формування рядків з нульовими елементами дозволяє розширити функціональні можливості пристрою для розпізнавання образів у вигляді векторних масивів даних, по-перше, через паралельне врахування величини порогу класифікації, що може бути використано в подальшому для кластеризації образів. По-друге, через послідовне визначення сум елементів відповідних масивів зважених даних, що може бути використано для формування вагових коефіцієнтів в процесі навчання при розпізнаванні образів. По-третє, через одночасне формування вектора класифікації і вектора рангів, що може бути використано для ранжирування дискримінантних функцій при класифікації образів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Пристрій для розпізнавання образів, який містить блок зважування, блок впорядкування навчальних сигналів і блок формування цілочислових ваг, входи якого з'єднані з відповідними виходами блока впорядкування навчальних сигналів, а виходи з'єднані з керуючими входами блока зважування, вхідний блок і блок класифікації, причому входи вхідного блока є інформаційними входами пристрою, а його виходи з'єднані з входами блока впорядкування навчальних сигналів та блока зважування, виходи якого з'єднані з входами блока класифікації, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід дозволу та вхід задання порогу якого з'єднані з відповідними входами пристрою, перша група виходів блока класифікації з'єднана з другими входами блока формування цілочислових ваг, друга група виходів блока класифікації є інформаційними виходами пристрою, перший вихід є його виходом підсумкового сигналу, а другий вихід - виходом сигналу "Кінець" пристрою, який **відрізняється** тим, що третя група виходів блока класифікації є виходами рангів пристрою, крім того, блок класифікації складається з обчислювального блока, вузла аналізу, вузла оброблення і блока ранжирування, причому входи блока класифікації з'єднані з $m \times n$ входами обчислювального блока, виходи ознаки нуля якого з'єднані з m входами вузла аналізу і блока ранжирування, а n виходи з'єднані з групою інформаційних входів вузла оброблення, q - розрядний вихід вузла аналізу з'єднаний з третім адресним входом вузла оброблення, вхід скиду, перший і другий адресні входи, вхід задання порогу блока класифікації з'єднані з відповідними входами вузла оброблення, t виходи і перший вихід якого відповідно є першою групою виходів та виходом підсумкового сигналу блока класифікації, вхід скиду і вхід дозволу блока класифікації з'єднані також з відповідними входами вузла аналізу, t виходів якого є другою групою виходів блока класифікації, а його вихід ознаки є виходом сигналу "Кінець" пристрою, вхід скиду і вхід початкового вектора рангів блока класифікації з'єднані з відповідними входами блока ранжирування, а його m k -розрядні виходи є третьою групою виходів блока класифікації.

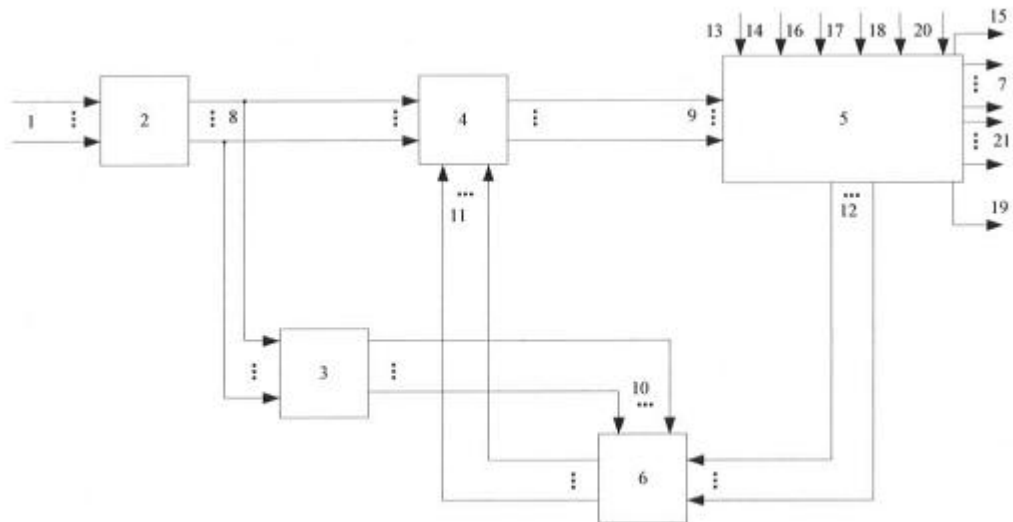
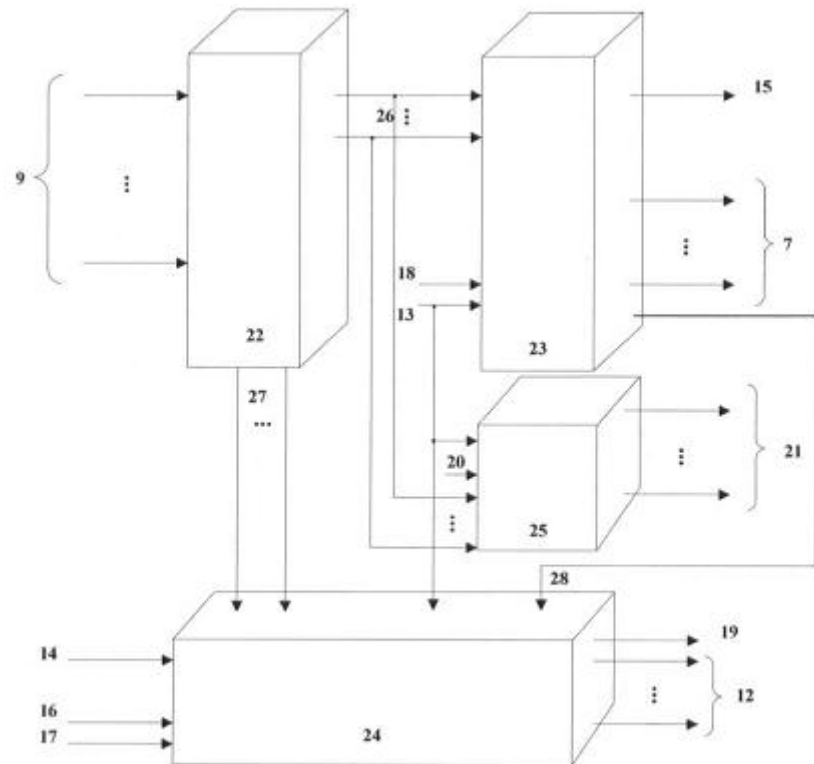
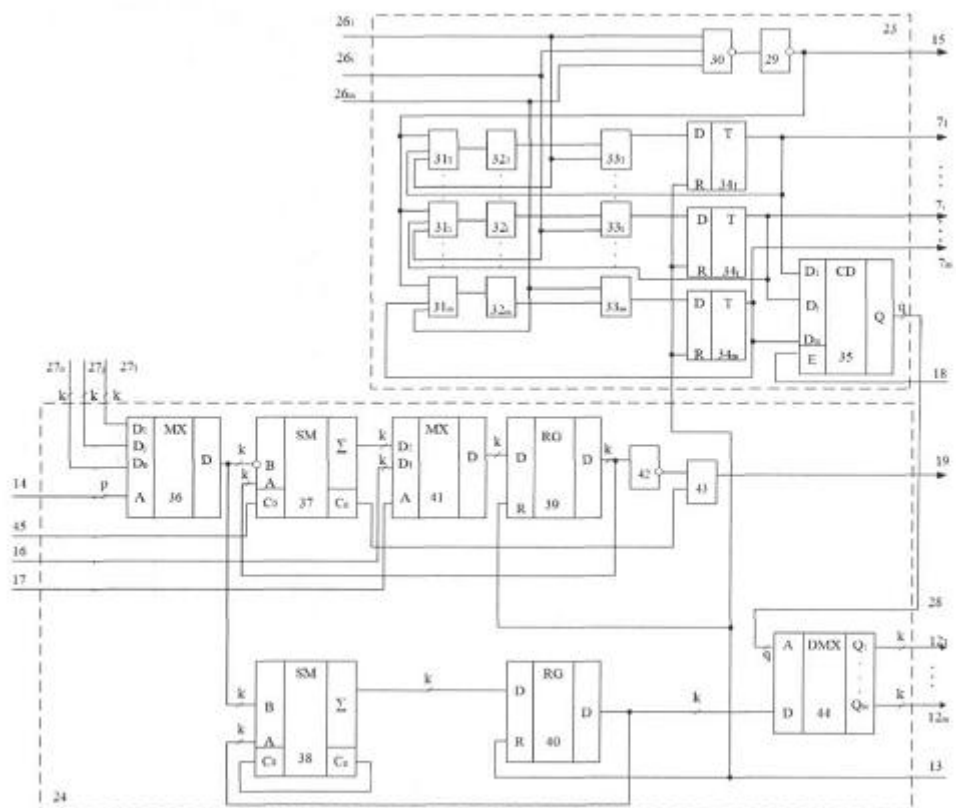


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

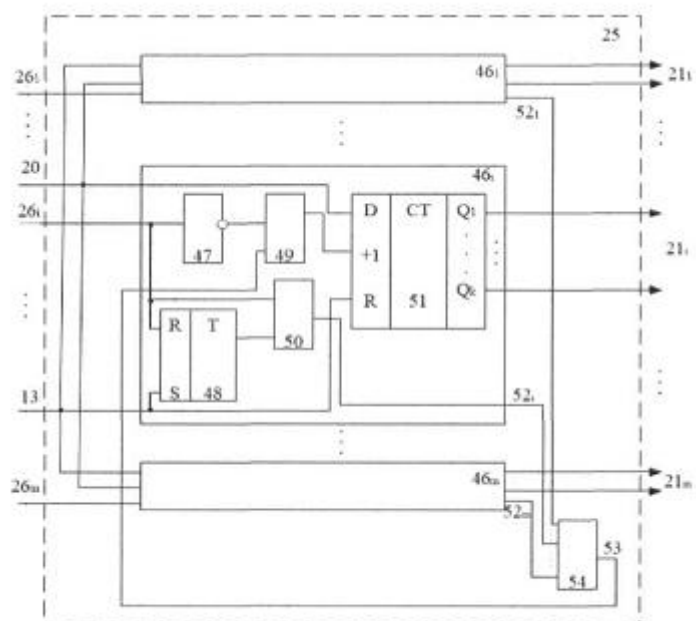


Fig. 4

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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