



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38907 (13) U
(51) МПК (2009)
G06K 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБРАЗІВ

1

2

(21) u200810062

(22) 04.08.2008

(24) 26.01.2009

(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.

(72) МАРТИНЮК ТЕТЯНА БОРИСІВНА, UA, ГУЦОЛ ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ, UA, ГАВРИЛЮК ОЛЕГ ВАЛЕРІЙОВИЧ, UA, ВАСИЛЬСЬКА МАЙЯ ВАЛЕРІЇВНА, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Пристрій для класифікації образів, який містить блок зважування, обчислювальний блок, вузол аналізу, першу групу m елементів I , де m - кількість класів класифікації образів, перша група входів блока зважування з'єднана з n входами n -вимірною масиву у вигляді вхідного векторного масиву даних, друга група $m \times n$ входів з'єднана з ваговою матрицею коефіцієнтів, а $m \times n$ виходи з'єднані з відповідними входами комірок обчислювального блока, виходи ознаки нуля всіх комірок кожного i -го рядка якого з'єднані з входами i -го елемента I першої групи m елементів I , вихід якого є виходом ознаки нуля i -го масиву зважених елементів вхідного векторного масиву даних і з'єднаний з входом заборони комірок i -го рядка обчислювального блока, який **відрізняється** тим, що в нього введено вузол оброблення, який складається з двох мультиплексорів, двох суматорів, двох регістрів, демультимплексора, елемента АБО-НІ і елемента АБО, крім того, вузол аналізу містить першу та другу групи m елементів I , групу m елементів I-NI, групу m елементів затримки, групу m D-тригерів, шифратор, елемент I-NI, причому вихід i -го елемента I першої групи m елементів I вузла аналізу з'єднаний з відповідним входом елемента I-NI, з першим входом i -го елемента I другої групи m елементів I та з другим входом i -го елемента I-NI групи m елементів I-NI вузла аналізу, перший вхід яких з'єднаний з виходом елемента I-NI вузла аналізу, вихід i -го елемента I-NI групи m елементів I-NI з'єднаний з входом i -го елемента затримки групи m елементів затримки вузла аналізу, вихід якого з'єднаний з другим входом i -го елемента I другої групи m елементів I вузла аналізу, вихід якого з'єднаний з D-входом i -го D-тригера групи m D-тригерів вузла аналізу, прямі виходи яких підключені до відповідних входів шифратора вузла аналізу, група n k -розрядних виходів, де k - розря-

дність даних, обчислювального блока підключена до групи відповідних входів вузла оброблення, перший інформаційний вхід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з k -розрядним виходом першого регістра вузла оброблення, який також підключений до k -розрядного входу елемента АБО-НІ вузла оброблення, другий інформаційний інверсний вхід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з другим інформаційним входом другого суматора та з k -розрядним виходом першого мультиплексора вузла оброблення, адресний вхід якого з'єднаний з k -розрядним входом керування пристроєм ($p = \log n$), а інформаційні входи підключені до групи входів вузла оброблення, вхід переносу першого суматора вузла оброблення з'єднаний з шиною живлення пристроєм, а його вихід переносу з'єднаний з другим входом елемента АБО вузла оброблення, перший вхід якого з'єднаний з виходом елемента АБО-НІ вузла оброблення, інформаційний вихід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з другим інформаційним A -розрядним входом другого мультиплексора вузла оброблення, перший інформаційний k -розрядний вхід якого підключений до інформаційного входу вузла оброблення, адресний вхід з'єднаний з входом керування пристроєм, а його вихід з'єднаний з k -розрядним входом першого регістра вузла оброблення, перший інформаційний вхід другого суматора вузла оброблення з'єднаний з k -розрядним виходом другого регістра вузла оброблення, його вхід переносу з'єднаний з його виходом переносу, а його інформаційний вихід з'єднаний з k -розрядним входом другого регістра вузла оброблення, вихід якого також підключений до інформаційного входу демультимплексора вузла оброблення, адресний вхід якого з'єднаний з k -розрядним виходом шифратора вузла аналізу ($q = \log_2 m$), вхід скиду першого і другого регістрів вузла оброблення з'єднаний з установним входом пристроєм, який з'єднаний також з R-входами групи m D-тригерів вузла аналізу, вихід елемента АБО вузла оброблення є виходом підсумкового сигналу пристроєм, виходи демультимплексора вузла оброблення є групою m -розрядних виходів результату пристроєм, прямі виходи групи m D-тригерів вузла аналізу є групою m виходів класифікації пристроєм, а вихід елемента I-NI вузла аналізу є виходом сигналу "Кінець" пристроєм.

(19) UA (11) 38907 (13) U

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

Відомий класифікуючий пристрій [а.с. СРСР №371596, кл. G06K9/00, 1973р., Бюл. №12], який містить багат шарову сітку лінійних дискримінаторів, які містять помножувальні блоки та суматори, в якому одні входи помножувальних блоків лінійних дискримінаторів кожного наступного шару з'єднані з вхідними клемми пристрою, а інші - з виходами лінійних дискримінаторів попереднього шару.

Недоліком даного пристрою є вузька область застосування через те, що він реалізує дискримінаційні функції будь-якого порядку і може бути використаний тільки для класифікації образів.

Відомий пристрій для розпізнавання образів [а.с. СРСР №369592, кл. G06K9/00, 1973р., Бюл. №10], який містить блок порогових елементів і послідовно з'єднані блок зважування, суматор і обчислювальний блок, а також блок поліноміальних перетворювачів, одні з входів якого підключені до виходів блока порогових елементів, а виходи - до входів блока зважування, блок упорядкування навчаючих сигналів, входи якого підключені до виходів блока порогових елементів, а виходи - до других входів блока поліноміальних перетворювачів, та блок формування цілочисельних ваг, входи якого з'єднані з виходом суматора і відповідними виходами блока упорядкування навчаючих сигналів, а виходи - з керуючими входами блока зважування.

Недоліком цього пристрою є обмежена область застосування через неможливість класифікації образів у вигляді векторних масивів зважених даних з паралельним урахуванням величини порогу класифікації в процесі порівняння елементів векторних масивів.

Найбільш близьким за технічною суттю є пристрій для класифікації образів [патент України №24622, кл. G06K9/00, 2007р., Бюл. №10], який містить блок зважування та обчислювальний блок, групу m вузлів рангу, де m - кількість класів класифікації образів, групу m елементів l в подальшому першу групу елементів l та вузол аналізу, який містить лічильник і елемент АБО, перша група входів блока зважування з'єднана з n входами n -вимірного образу у вигляді вхідного векторного масиву даних, друга група $m \times n$ входів з'єднана з ваговою матрицею коефіцієнтів, а $m \times n$ виходи з'єднані з відповідними входами комірок обчислювального блока, виходи ознаки нуля всіх комірок кожного i -го рядка якого з'єднані з входами i -го елемента l першої групи m елементів l , вихід якого є виходом ознаки нуля i -го масиву зважених елементів вхідного векторного масиву даних і з'єднаний з входом заборони комірок i -го рядка обчислювального блока, введено вузол оброблення, який складається з двох мультиплексорів, двох суматорів, двох регістрів, демультіплексоора, елемента АБО-НІ і елемента АБО, крім того, вузол аналізу містить першу та другу групи m елементів l , групу m елементів l -НІ, групу m елементів затримки, групу m D-тригерів, шифратор, елемент l -НІ, причому вихід i -го елемента l першої групи m елементів l вузла аналізу з'єднаний з відповідним входом елемента l -НІ, з першим входом i -го елемента l другої групи m елементів l та з другим

вузлів рангу підключена до першої групи входів вузла аналізу, входи елемента АБО вузла аналізу з'єднані з першою групою входів вузла аналізу, а вихід підключений до входу зворотної лічби лічильника вузла аналізу, інформаційні входи якого з'єднані з другою групою входів вузла аналізу, яка є групою k установних входів пристрою, де $k = \log_2 m$, вхід скиду лічильника вузла аналізу з'єднаний з входом початкового стану пристрою, а його вихід ознаки нуля є виходом вузла аналізу, який є виходом сигналу «Кінець» пристрою, крім того, вихід елемента АБО є виходом дозволу вузла аналізу, який з'єднаний з відповідним входом групи t вузлів рангу, установний вхід яких з'єднаний з входом початкового вектора рангів пристрою, вхід початкового стану з'єднаний з входом початкового стану пристрою, а їх k -розрядний вихід є виходом відповідного рангу.

Недоліком даного пристрою є обмежена область застосування через відсутність врахування величини порогу в процесі класифікації образів у вигляді векторних масивів даних.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для класифікації образів, в якому за рахунок введення нових вузлів та нових зв'язків досягається можливість розширення області його застосування за рахунок виконання класифікації образів у вигляді векторних масивів даних з паралельним урахуванням величини порогу класифікації та формуванням сум елементів відповідних масивів зважених даних, що може бути використано для формування вагових коефіцієнтів в процесі навчання, а також в подальшому для кластеризації образів.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій для класифікації образів, який містить блок зважування, обчислювальний блок, вузол аналізу, першу групу m елементів l , де m - кількість класів класифікації образів, перша група входів блока зважування з'єднана з n входами n -вимірного образу у вигляді вхідного векторного масиву даних, друга група $m \times n$ входів з'єднана з ваговою матрицею коефіцієнтів, а $m \times n$ виходи з'єднані з відповідними входами комірок обчислювального блока, виходи ознаки нуля всіх комірок кожного i -го рядка якого з'єднані з входами i -го елемента l першої групи m елементів l , вихід якого є виходом ознаки нуля i -го масиву зважених елементів вхідного векторного масиву даних і з'єднаний з входом заборони комірок i -го рядка обчислювального блока, введено вузол оброблення, який складається з двох мультиплексорів, двох суматорів, двох регістрів, демультіплексоора, елемента АБО-НІ і елемента АБО, крім того, вузол аналізу містить першу та другу групи m елементів l , групу m елементів l -НІ, групу m елементів затримки, групу m D-тригерів, шифратор, елемент l -НІ, причому вихід i -го елемента l першої групи m елементів l вузла аналізу з'єднаний з відповідним входом елемента l -НІ, з першим входом i -го елемента l другої групи m елементів l та з другим

входом i -го елемента I-HI групи m елементів I-HI вузла аналізу, перший вхід яких з'єднаний з виходом елемента I-HI вузла аналізу, вихід i -го елемента I-HI групи m елементів I-HI з'єднаний з входом i -го елемента затримки групи m елементів затримки вузла аналізу, вихід якого з'єднаний з другим входом i -го елемента I другої групи m елементів I вузла аналізу, вихід якого з'єднаний з D-входом i -го D-тригера групи m D-тригерів вузла аналізу, прямі виходи яких підключені до відповідних входів шифратора вузла аналізу, група n k -розрядних виходів, де k - розрядність даних, обчислювального блока підключена до групи відповідних входів вузла оброблення, перший інформаційний вхід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з k -розрядним виходом першого регістра вузла оброблення, який також підключений до k -розрядного входу елемента АБО-HI вузла оброблення, другий інформаційний інверсний вхід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з другим інформаційним входом другого суматора та з k -розрядним виходом першого мультиплексора вузла оброблення, адресний вхід якого з'єднаний з r -розрядним входом керування пристроєм ($r = \log_2 n$) а інформаційні входи підключені до групи входів вузла оброблення, вхід переносу першого суматора вузла оброблення з'єднаний з шиною живлення пристроєм, а його вихід переносу з'єднаний з другим входом елемента АБО вузла оброблення, перший вхід якого з'єднаний з виходом елемента АБО-HI вузла оброблення, інформаційний вихід першого суматора вузла оброблення з'єднаний з другим інформаційним k -розрядним входом другого мультиплексора вузла оброблення, перший інформаційний k -розрядний вхід якого підключений до інформаційного входу вузла оброблення, адресний вхід з'єднаний з входом керування пристроєм, а його вихід з'єднаний з k -розрядним входом першого регістра вузла оброблення, перший інформаційний вхід другого суматора вузла оброблення з'єднаний з k -розрядним виходом другого регістра вузла оброблення, його вхід переносу з'єднаний з його виходом переносу, а його інформаційний вихід з'єднаний з k -розрядним входом другого регістра вузла оброблення, вихід якого також підключений до інформаційного входу демультимплексора вузла оброблення, адресний вхід якого з'єднаний з q -розрядним виходом шифратора вузла аналізу ($q = \log_2 m$), вхід скиду першого і другого регістрів вузла оброблення з'єднаний з настановним входом пристроєм, який з'єднаний також з R-входами групи m D-тригерів вузла аналізу, вихід елемента АБО вузла оброблення є виходом підсумкового сигналу пристроєм, виходи демультимплексора вузла оброблення є групою k -розрядних виходів результату пристроєм, прямі виходи групи m D-тригерів вузла аналізу є групою m виходів класифікації пристроєм, а вихід елемента I-HI вузла аналізу є виходом сигналу «Кінець» пристроєм.

На кресленні зображено функціональну схему пристрою для класифікації образів у вигляді векторних масивів даних.

Пристрій для класифікації образів у вигляді векторних масивів даних містить помножувач 1 з

входами 2_j ($j = \overline{1, n}$) для елементів n -вимірного образу у вигляді вхідного векторного масиву даних Z і входами 3_{ij} ($i = \overline{1, m}$) для коефіцієнтів w_{ij} , які утворюють вагову матрицю W розмірністю $m \times n$. Виходи 4_{ij} помножувача 1 з'єднані з входами 5_{ij} відповідних комірок обчислювального блока 6, виходи ознаки нуля всіх комірок кожного i -го рядка якого з'єднані з входами i -го елемента I_i групи елементів I_1, \dots, I_m вузла 8 аналізу. Вихід елемента I_i є виходом ознаки нуля i -го масиву зважених елементів ($i = \overline{1, m}$) і з'єднаний з входом 9_i заборони комірок i -го рядка обчислювального блока 6, а також з відповідним входом елемента I-HI 10 і другим входом i -го елемента I-HI 11 $_i$ групи елементів I-HI 11 $_1, \dots, 11_m$, перший вхід якого з'єднаний з виходом елемента I-HI 10 вузла 8 аналізу.

Вихід i -го елемента I-HI 11 $_i$ з'єднаний з входом i -го елемента затримки 12 $_i$ групи елементів затримки 12 $_1, \dots, 12_m$ вузла 8 аналізу, перший вхід i -го елемента I_i групи елементів I_1, \dots, I_m з'єднаний з виходом i -го елемента I_i , а другий вхід з'єднаний з виходом i -го елемента затримки 12 $_i$ групи елементів затримки 12 $_1, \dots, 12_m$ вузла 8 аналізу. Вихід i -го елемента I_i групи елементів I_1, \dots, I_m з'єднаний з D-входом відповідного D-тригера 14 $_i$ групи D-тригерів 14 $_1, \dots, 14_m$ вузла 8 аналізу, прямі виходи яких підключено до групи входів шифратора 15 вузла 8 аналізу.

Вузол 16 оброблення містить мультиплексор 17, суматори 18, 19, регістри 20, 21, мультиплексор 22, елементи АБО-HI 23, АБО 24, демультимплексор 25. Перший інформаційний вхід суматора 18 з'єднаний з k -розрядним виходом (k - розрядність даних) регістра 20, який також підключений до k -розрядного входу елемента АБО-HI 23 вузла 16 оброблення. Другий інформаційний інверсний вхід суматора 18 з'єднаний з другим інформаційним входом суматора 19 та з k -розрядним виходом мультиплексора 17, адресний вхід якого з'єднаний з r -розрядним входом 26 керування пристроєм ($r = \log_2 n$), а інформаційні входи підключені до групи входів вузла 16 оброблення.

Вхід переносу суматора 18 з'єднаний з шиною 27 живлення пристроєм, а вихід переносу суматора 18 з'єднаний з другим входом елемента АБО 24, перший вхід якого з'єднаний з виходом елемента АБО-HI 23 вузла 16 оброблення. Інформаційний вихід суматора 18 з'єднаний з другим інформаційним k -розрядним входом мультиплексора 22, перший інформаційний k -розрядний вхід якого підключений до інформаційного входу 28 вузла 16 оброблення, а адресний вхід з'єднаний з входом 29 керування пристроєм.

Вихід мультиплексора 22 з'єднаний з k -розрядним входом регістра 20, перший інформаційний вхід суматора 19 з'єднаний з k -розрядним виходом регістра 21, який також підключений до інформаційного входу демультимплексора 25, адресний вхід якого з'єднаний з q -розрядним виходом 30 шифратора 15 вузла 8 аналізу ($q = \log_2 m$). Вхід переносу суматора 19 з'єднаний з його виходом переносу, а його інформаційний вихід з'єднаний з k -розрядним входом регістра 21 вузла 16 оброблення.

Група входів вузла 16 оброблення з'єднана з групою k -розрядних виходів $31_1, \dots, 31_n$ обчислювального блока 6, вхід скиду регістрів 20, 21 вузла 16 оброблення з'єднаний з настановним входом 32 пристрою, який з'єднаний також з R -входами групи D -тригерів $14_1, \dots, 14_m$ вузла 8 аналізу. Вихід елемента АБО 24 вузла 16 оброблення є виходом 33 підсумкового сигналу пристрою, виходи демультіплексора 25 вузла 16 оброблення є групою k -розрядних виходів $34_1, \dots, 34_m$ результату пристрою, прямі виходи групи D -тригерів $14_1, \dots, 14_m$ вузла 8 аналізу є групою виходів $35_1, \dots, 35_m$ класифікації пристрою, а вихід елемента І-НІ 10 вузла 8 аналізу є виходом 36 сигналу «Кінець» пристрою.

Класифікація образів у вигляді векторних масивів даних здійснюється таким чином. Спочатку встановлюють у нульовий стан регістри 20, 21 вузла 16 оброблення і групу D -тригерів $14_1, \dots, 14_m$ вузла 8 аналізу за сигналом на настановному вході 32 пристрою. При поданні на входи 2_j ($j = \overline{1, n}$) помножувача 1 вхідного образу як векторного масиву вигляду

$$Z = z_1, \dots, z_j, \dots, z_n, \quad (1)$$

а на його входи 3_{ij} ($i = \overline{1, m}$) вагової матриці W , рядки елементів (коефіцієнтів) якої визначають певний клас образів, вигляду

$$W = \begin{pmatrix} w_{1,1} & \dots & w_{1,n} \\ \vdots & & \vdots \\ w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \\ \vdots & & \vdots \\ w_{m,1} & \dots & w_{m,n} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

він виконує множення вигляду $a_y^0 = w_y \cdot z_j$. В результаті на його виходах 4_{ij} формують векторні масиви зважених елементів вигляду:

$$A_i^0 = (a_{i,1}^0, \dots, a_{i,j}^0, \dots, a_{i,n}^0), \quad (3)$$

які записують у відповідні комірки обчислювального блока 6 по його входах 5_{ij} . Одночасно у регістр 20 вузла 16 оброблення записують величину порогу θ класифікації, яку подають через мультіплексор 22 у k -розрядному двійковому коді по інформаційних входах 28 вузла 16 оброблення при нульовому сигналі на вході 29 керування пристрою.

Сукупність векторних масивів A_i^0 в обчислювальному блоці 6 подають у вигляді двовимірної матриці A^0 розміром $m \times n$:

$$A^0 = \begin{pmatrix} a_{1,1}^0 & \dots & a_{1,j}^0 & \dots & a_{1,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^0 & \dots & a_{i,j}^0 & \dots & a_{i,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^0 & \dots & a_{m,j}^0 & \dots & a_{m,n}^0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1^0 \\ \vdots \\ A_i^0 \\ \vdots \\ A_m^0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де A_i^0 - i -й рядок матриці A^0 .

Ітераційний процес оброблення матриці A^0 в обчислювальному блоці 6 має такий вигляд. Спочатку у кожному стовпці матриці A^{t-1} ($t = \overline{1, N}$, де N -кількість циклів оброблення) виконують визна-

чення мінімального елемента, в подальшому поіменованого як мінеlement, вигляду:

$$\min_j^{t-1} = \min_i a_{i,j}^{t-1}, j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

В результаті формують вектор-рядок з n мінеlementів вигляду:

$$\text{Min}^{t-1} = (\min_1^{t-1}, \dots, \min_j^{t-1}, \dots, \min_n^{t-1}). \quad (6)$$

Потім виконують паралельне віднімання кожного мінеlementa \min_j^{t-1} ($j = \overline{1, n}$) вигляду (5) від кожного i -го елемента відповідного у-стовпця матриці A^{t-1} і формують неупорядковану матрицю \bar{A}^t , яка має вигляд:

$$\bar{A}^t = \begin{pmatrix} a_{1,1}^{t-1} - \min_1^{t-1} & \dots & a_{1,j}^{t-1} - \min_j^{t-1} & \dots & a_{1,n}^{t-1} - \min_n^{t-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^{t-1} - \min_1^{t-1} & \dots & a_{i,j}^{t-1} - \min_j^{t-1} & \dots & a_{i,n}^{t-1} - \min_n^{t-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^{t-1} - \min_1^{t-1} & \dots & a_{m,j}^{t-1} - \min_j^{t-1} & \dots & a_{m,n}^{t-1} - \min_n^{t-1} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

або

$$\bar{A}^t = \begin{pmatrix} \bar{a}_{1,1}^t & \dots & \bar{a}_{1,j}^t & \dots & \bar{a}_{1,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \bar{a}_{i,1}^t & \dots & \bar{a}_{i,j}^t & \dots & \bar{a}_{i,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \bar{a}_{m,1}^t & \dots & \bar{a}_{m,j}^t & \dots & \bar{a}_{m,n}^t \end{pmatrix}, \quad (8)$$

де

$$\bar{a}_{i,j}^t = a_{i,j}^{t-1} - \min_j^{t-1}, \quad (9)$$

Одночасно з цим у вузлі 16 оброблення виконують послідовне віднімання мінеlementів вектор-рядка Min^{t-1} вигляду (6) від порогу θ класифікації з формуванням поточного порогу Δ_t класифікації вигляду

$$\Delta_t = \Delta_{t-1} - \sum_{j=1}^n \min_j^{t-1}, t = \overline{1, N}, \quad (10)$$

Де $\Delta_0 = \theta$,

і підсумовування мінеlementів вектор-рядка Min^{t-1} вигляду (6) з формуванням поточної суми

$$S_t = \sum_{j=1}^n \min_j^{t-1}, \quad (11)$$

і накопиченням поточних сум вигляду

$$S^t = S^{t-1} + S_t, \quad (12)$$

де $S^0 = \theta$.

Після виконання таких дій у кожному стовпці отриманої матриці \bar{A}^t (8) в обчислювальному блоці 6 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 t нульових рядків, тобто

$$\bar{A}_i^t = \dots \bar{A}_i^t = \dots \bar{A}_m^t = 0, \quad (13)$$

$t = \overline{1, N}$,

умову нульового або від'ємного значення поточного порогу Δ_t класифікації

$$\Delta_t \leq 0. \quad (14)$$

і умову появи поточного нульового рядка

$$\exists A_i^t = 0. \quad (15)$$

При виконанні умови (14) процес оброблення продовжують, але якщо умова (13) виконується, то оброблення закінчують.

Виконання умови (15) свідчить про те, що у деякому циклі t у двовимірній матриці \bar{A}^t (8) з'являється деякий k -й рядок з усіма нульовими елементами. Цей рядок вказує на k -й масив чисел A_k^0 (4) ($k \in \overline{1, m}$), який є мінімальним за сумою своїх елементів серед початкових масивів $A_1^0, A_2^0, \dots, A_m^0$. тобто:

$$\bar{A}^t = \begin{pmatrix} \bar{a}_{1,1}^t & \dots & \bar{a}_{1,j}^t & \dots & \bar{a}_{1,n}^t \\ \vdots & & & & \\ \bar{a}_{k,1}^t & \dots & \bar{a}_{k,j}^t & \dots & \bar{a}_{k,n}^t \\ \vdots & & & & \\ \bar{a}_{i,1}^t & & \bar{a}_{i,j}^t & & \bar{a}_{i,n}^t \\ \vdots & & & & \\ \bar{a}_{m,1}^t & & \bar{a}_{m,j}^t & & \bar{a}_{m,n}^t \end{pmatrix}, \quad (16)$$

мінімальний масив A_k^0

де $\bar{a}_{i,j}^t = 0$, $j \in \overline{1, n}$. В цьому випадку накопичена

сума S^t (12) дорівнює сумі елементів масиву A_k^0 .

Якщо при цьому умова (14) не виконується, 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 матриці, тобто:

$$A^t = \begin{pmatrix} a_{1,1}^t & \dots & a_{1,j}^t & \dots & a_{1,n}^t \\ \vdots & & & & \\ - & \dots & - & \dots & - \\ \vdots & & & & \\ a_{i,1}^t & & a_{i,j}^t & & a_{i,n}^t \\ \vdots & & & & \\ a_{m,1}^t & & a_{m,j}^t & & a_{m,n}^t \end{pmatrix} - k - \text{й рядок.} \quad (17)$$

Після перевірки виконання умов (13) - (15) для

всіх рядків матриці \bar{A}^t , (16) паралельно виконують транспозицію елементів з просуванням праворуч усіх нульових елементів і формують впорядковану матрицю A^t , яка має вигляд:

$$A^t = \begin{pmatrix} a_{1,1}^t & \dots & a_{1,j}^t & \dots & a_{1,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^t & \dots & a_{i,j}^t & \dots & a_{i,n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^t & \dots & a_{m,j}^t & \dots & a_{m,n}^t \end{pmatrix}, \quad (18)$$

Для отриманої матриці A^t (18) повторюють цикли оброблення, які складаються з вищезазначе-

ної послідовності дій, починаючи з визначення мінеlementa (5) у кожному стовпці матриці A^t .

Кожний наступний нульовий рядок, який з'являється у двовимірній матриці \bar{A}^t (16), вказує на масив чисел, який є мінімальним за сумою своїх елементів серед тих масивів (відповідних рядків), які ще приймають участь в обробленні, якщо виконується умова (13). Такий нульовий рядок також виключають і оброблення продовжують над тими рядками, які ще мають ненульові елементи.

Оброблення двовимірної матриці \bar{A}^t (8) триває до тих пір, поки не виконається умова (13) наявності t нульових рядків. Результатом оброблення є останній l -й 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

$$\bar{A}^N = \begin{pmatrix} - & \dots & - & \dots & - \\ \vdots & & & & \\ - & \dots & - & \dots & - \\ \vdots & & & & \\ a_{1,1}^N & & a_{i,j}^N & & a_{l,n}^N \\ \vdots & & & & \\ - & - & - & & - \end{pmatrix} - l - \text{й рядок} \quad (19)$$

де $a_{i,j}^N = 0$. ($j \in \overline{1, n}$).

Цей рядок матриці \bar{A}^N за умови (14) 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 $A_1^0, A_2^0, \dots, A_m^0$ і більший за поріг θ класифікації. Величина N дорівнює кількості циклів оброблення, виконаних в процесі пошуку максимального масиву чисел серед масивів $A_1^0, A_2^0, \dots, A_m^0$.

Всі дії, що виконують послідовно у кожному циклі, реалізує обчислювальний блок 6. Для прискорення процесу формування поточного порогу Δ_t класифікації вигляду (10) у вузлі 16 оброблення виконують послідовне віднімання вигляду

$$A_t = \left(\dots \left(\left(\Delta_{t-1} - \min_1^{t-1} \right) - \min_2^{t-1} \right) - \dots - \min_n^{t-1} \right), \quad (20)$$

на суматорі 18, який працює в режимі віднімача. Одночасно у суматорі 19 для прискорення процесу накопичення поточних сум S^t вигляду (12) виконують послідовне підсумовування вигляду

$$S_t = \left(\dots \left(\left(S_{t-1} + \min_1^{t-1} \right) + \min_2^{t-1} \right) + \dots + \min_n^{t-1} \right), \quad (21)$$

На перший k -розрядний інформаційний вхід суматора 18 подають поточний поріг Δ_{t-1} класифікації, який зберігають у регістрі 20, а на його другий Інверсний k -розрядний інформаційний вхід і на другий інформаційний вхід суматора 19 подають значення мінеlementa \min_j^{t-1} з виходу мультипле-ксора 17, який комує на цей вихід всі елементи вектор-рядка Min^{t-1} (6) 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 входу 26 керування пристрою. На перший k -розрядний інформаційний вхід суматора 19 подають результат попереднього підсумовування, який був записаний у регістрі 21. Результат віднімання з інформаційного виходу суматора 18 через мультиплексор 22 подають на k -розрядний інформаційний вхід регістра 20, при цьому на вході 29 керування пристрою присутній одиничний сигнал. Результат підсумовування з інформаційного виходу суматора 19 подають на k -розрядний інформаційний вхід регістра 21.

При виконанні умови (14) одиничний сигнал з'являється на виході 33 підсумкового сигналу пристрою, оскільки в цьому випадку присутній одиничний сигнал або на виході переносу (позиції для операції віднімання) суматора 18, або на виході елемента АБО-НІ 23 вузла 16 оброблення, що приведе до формування одиничного сигналу на виході елемента АБО 24 вузла 16 оброблення. Отже, одиничний сигнал переносу суматора 18 свідчить про від'ємність поточного порогу Δ_i класифікації, а про його нульове значення свідчить одиничний сигнал на виході елемента АБО-НІ 23.

Виконання умови (13) фіксують наявністю нульового сигналу на виході 36 сигналу «Кінець» пристрою. Одиничний сигнал ознаки нуля на виході i -го елемента l_7 у групі елементів $l_7, \dots, 7_m$ вузла 8 аналізу, поданий на вхід 9, заборони комірок i -го рядка обчислювального блока 6, ініціює виключення вмісту цих комірок з подальшого оброблення. Одночасно цей сигнал ознаки нуля з виходу елемента l_7 групи елементів $l_7, \dots, 7_m$ подають на вхід елемента І-НІ 11_i групи елементів НІ 11_{1, \dots, 11_m} та на вхід елемента l_{13} групи елементів $l_{13, \dots, 13_m}$ вузла 8 аналізу. В результаті на виході елемента l_{13} на певний проміжок часу формується одиничний сигнал, який встановлює D-тригер 14_i групи D-тригерів 14_{1, \dots, 14_m} в одиничний стан. Виходи групи D-тригерів 14_{1, \dots, 14_m} з'єднані з входами шифратора 15 вузла 8 аналізу, який перетворює m -розрядний код на вході в q -розрядний код на його виході ($q = \log_2 m$) і подає його на вхід демультимплексора 25 вузла 16 оброблення, на інформаційний вхід якого з тригера 21 подається накопичена поточна сума S^t (12) мінеlementів, яку формує суматор 19.

Отже, при виконанні умови (15) на i -му виході 34_i демультимплексора 25 з'явиться поточна накопичена сума S_i^0 мінеlementів, яка буде відповідати i -му рядку комірок обчислювального блока 6, який став нульовим у i -му циклі оброблення, тобто з виходу 34_i результату пристрою можна зчитати суму S_i^0 елементів i -го масиву A_i^0 (4). Одночасно з цим на виході 35_i групи виходів 35_{1, \dots, 35_m} класифікації пристрою присутній одиничний сигнал, який буде означати, що обнулився відповідний рядок \bar{A}_i^t матриці (8).

Елемент затримки 12_i групи елементів затримки 12_{1, \dots, 12_m} вузла 8 аналізу забезпечує затримку

нульового сигналу, який повинен заборонити надходження одиничного сигналу з виходу відповідного елемента l_7 на вхід елемента l_{13} групи елементів $l_{13, \dots, 13_m}$. Це необхідно для того, щоб скинути D-тригер 14_i групи D-тригерів 14_{1, \dots, 14_m} в нульовий стан, але не одразу, а через певний проміжок часу, який задає елемент затримки 12, і тим самим забезпечує можливість зчитування відповідної суми S^t (12), яка дорівнює S_i^0 , з відповідного виходу 34, результату пристрою.

Отже, при наявності одиничного сигналу з виходу елемента І-НІ 10 одиничний сигнал ознаки нуля на виході відповідного елемента l_7 викличе встановлення в одиничний стан D-тригера 14_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 14_i ($j = \overline{1, m}$) виконується поступово для всіх D-тригерів 14_i, крім останнього І-го, оскільки в цей час на виході елемента І-НІ 10 з'явиться нульовий сигнал, який забезпечить проходження одиничного сигналу з виходу елемента І-НІ 11_i через елемент затримки 13_i і елемент l_{13} на вхід D-тригера 13_i.

Таким чином, для останнього І-го рядка матриці \bar{A}^N (19) відповідний D-тригер 14_i залишиться в одиничному стані, в результаті на виході 35_i класифікації пристрою буде присутній одиничний сигнал, який вказує на максимальний за сумою його елементів вхідний векторний масив з урахуванням порогу θ класифікації. При цьому, якщо на виході 33 підсумкового сигналу пристрою присутній одиничний сигнал, то сума зважених елементів цього масиву більша, ніж поріг θ класифікації. При нульовому сигналі на виході 33 підсумкового сигналу пристрою вона менша за поріг θ класифікації. Нульовий сигнал на виході 36 сигналу «Кінець» пристрою свідчить про закінчення процесу оброблення.

Розглянемо приклад реалізації класифікації n -вимірного образу у вигляді векторних масивів чисел, які зафіксовані в обчислювальному блоці 6.

Нехай 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_{ij}^0 за кількістю елементів у вхідному векторному масиві даних, тобто

$$\begin{aligned} A_1^0 &= (25 \ 16 \ 12 \ 8), \\ A_2^0 &= (14 \ 9 \ 6 \ 20), \\ A_3^0 &= (10 \ 22 \ 31 \ 5), \\ A_4^0 &= (13 \ 7 \ 21 \ 29), \end{aligned}$$

які складають початкову двовимірну матрицю вигляду

$$A^0 = \begin{pmatrix} 25 & 16 & 12 & 8 \\ 14 & 9 & 6 & 20 \\ 10 & 22 & 31 & 5 \\ 13 & 7 & 21 & 29 \end{pmatrix}, \quad (22)$$

Поріг θ класифікації дорівнює 65.

Цикли оброблення матриці A^0 (22) з урахуванням порогу $\theta=65$ представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Цикл/операція	Дія	Результат (числова матриця) і коментар
1	2	3
1/1	Формування рядка мініелементів (пошук мінімального елемента стовпця)	$\text{Min}^0=(10\ 7\ 6\ 5)$
1/2	Формування невпорядкованої матриці (віднімання мініелементів у кожному стовпці матриці). Формування поточного порогу оброблення Накопичення поточних сум мініелементів	$\bar{A}^1 = \begin{pmatrix} 25-10 & 16-7 & 12-6 & 8-5 \\ 14-10 & 9-7 & 6-6 & 20-5 \\ 10-10 & 22-7 & 31-6 & 5-5 \\ 13-10 & 7-7 & 21-6 & 29-5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 & 9 & 6 & 3 \\ 4 & 2 & 0 & 15 \\ 0 & 15 & 25 & 0 \\ 3 & 0 & 15 & 24 \end{pmatrix}$ $\Delta_1 = (((((65-10)-7)-6)-5)=37$ $s^1 = (((((0+10)+7)+6)+5)=28$
1/3	Формування впорядкованої матриці (транспозиція елементів у рядках з просуванням нульових елементів праворуч)	$A^1 = \begin{pmatrix} 15 & 9 & 6 & 3 \\ 4 & 2 & 15 & 0 \\ 15 & 25 & 0 & 0 \\ 3 & 15 & 24 & 0 \end{pmatrix}$
2/1	Формування рядка мініелементів	$\text{Min}^1=(3\ 2\ 0\ 0)$
2/2	Формування невпорядкованої матриці Формування поточного порогу оброблення Накопичення поточних сум мініелементів	$\bar{A}^2 = \begin{pmatrix} 15-3 & 9-2 & 6 & 3 \\ 4-3 & 2-2 & 15 & 0 \\ 15-3 & 25-2 & 0 & 0 \\ 3-3 & 15-2 & 24 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & 7 & 6 & 3 \\ 1 & 0 & 15 & 0 \\ 12 & 23 & 0 & 0 \\ 0 & 13 & 24 & 0 \end{pmatrix}$ $\Delta_2 = (((((37-3)-2)-0)-0)=32$ $s^2 = (((((28+3)+2)+0)+0)=33$
2/3	Формування впорядкованої матриці	$A^2 = \begin{pmatrix} 12 & 7 & 6 & 3 \\ 1 & 15 & 0 & 0 \\ 12 & 23 & 0 & 0 \\ 13 & 24 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
3/1	Формування рядка мініелементів	$\text{Min}^2=(1\ 7\ 0\ 0)$
3/2	Формування невпорядкованої матриці Формування поточного порогу оброблення Накопичення поточних сум мініелементів	$\bar{A}^3 = \begin{pmatrix} 12-0 & 7-7 & 6 & 3 \\ 1-1 & 15-7 & 0 & 0 \\ 12-1 & 23-7 & 0 & 0 \\ 13-1 & 24-7 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 & 0 & 6 & 3 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 11 & 16 & 0 & 0 \\ 12 & 17 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ $\Delta_3 = (((((32-1)-7)-0)-0)=24$ $s^3 = (((((33+1)+4)-7)+0)+0)=41$
3/3	Формування впорядкованої матриці	$A^3 = \begin{pmatrix} 11 & 6 & 3 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 11 & 16 & 0 & 0 \\ 12 & 17 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
4/1	Формування рядка мініелементів	$\text{Min}^3=(8\ 0\ 0\ 0)$

Продовження таблиці 1

1	2	3
4/2	<p>Формування неупорядкованої матриці</p> <p>Формування поточного порогу оброблення</p> <p>Накопичення поточних сум мінеlementів</p>	$\bar{A}^4 = \begin{pmatrix} 11-8 & 7 & 3 & 0 \\ 8-8 & 0 & 0 & 0 \\ 11-8 & 16 & 0 & 0 \\ 12-8 & 17 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 6 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 16 & 0 & 0 \\ 4 & 17 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ мінімальний масив A_2^0 <p>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 виключають з подальшого оброблення.</p> $\Delta_4 = (((24-8)-0)-0)-0 = 16$ <p>Масив чисел A_2^0 є меншим за поріг θ класифікації.</p> $s^4 = (((41+8)+0)+0)+0 = 49$ <p>Сформовано суму S_2^0 елементів масиву A_2^0.</p>
4/3	Формування впорядкованої матриці	$A^4 = \begin{pmatrix} 3 & 6 & 3 & 0 \\ - & - & - & - \\ 3 & 16 & 0 & 0 \\ 4 & 17 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
5/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^4 = (3 \ 6 \ 0 \ 0)$
5/2	<p>Формування неупорядкованої матриці</p> <p>Формування поточного порогу оброблення</p> <p>Накопичення поточних сум мінеlementів</p>	$\bar{A}^5 = \begin{pmatrix} 3-3 & 6-6 & 3 & 0 \\ - & - & - & - \\ 3-3 & 16-6 & 0 & 0 \\ 4-3 & 17-6 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 3 & 0 \\ - & - & - & - \\ 0 & 10 & 0 & 0 \\ 1 & 10 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ $\Delta_5 = (((16-3)-6)-0)-0 = 7$ $s^5 = (((49+3)+6)+0)+0+9 = 58$
5/3	Формування впорядкованої матриці	$A^5 = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 10 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 10 & 0 & 0 \end{pmatrix},$
6/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^5 = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$
6/2	<p>Формування неупорядкованої матриці</p> <p>Формування поточного порогу оброблення</p> <p>Накопичення поточних сум мінеlementів</p>	$\bar{A}^6 = \begin{pmatrix} 3-1 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 10-1 & 0 & 0 & 0 \\ 1-1 & 11 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ $\Delta_6 = (((7-1)-0)-0)-0 = 6$ $s^6 = (((58+1)+0)+0)+0 = 59$
6/3	Формування впорядкованої матриці	$A^6 = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 11 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

Продовження таблиці 1

1	2	3
7/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^6=(2\ 0\ 0\ 0)$
7/2	Формування невпорядкованої матриці Формування поточного порогу оброблення Накопичення поточних сум мінеlementів	$\bar{A}^7 = \begin{pmatrix} 2-2 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 9-2 & 0 & 0 & 0 \\ 11-2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ наступний мінімум A_1^0 <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 виключають з подальшого оброблення.</p> $\Delta_7=(((6-2)-0)-0)-0=4$ <p>Масив чисел A_1^0 є меншим за поріг θ класифікації.</p> $s^7=(((59+2)+0)+0)=61$ <p>Сформовано суму S_1^0 елементів масиву A_1^0.</p>
7/3	Формування впорядкованої матриці	$A^7 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
8/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^7=(7\ 0\ 0\ 0)$
8/2	Формування невпорядкованої матриці Формування поточного порогу оброблення Накопичення поточних сум мінеlementів	$\bar{A}^8 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 7-7 & 0 & 0 & 0 \\ 9-7 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ наступний мінімум A_3^0 <p>Отримано наступний нульовий рядок двовимірної матриці, який вказує на те, що масив чисел A_3^0 є мінімальним серед масивів A_1^0, A_2^0, A_3^0, A_4^0. Цей рядок виключають з подальшого оброблення.</p> $\Delta_8=(((4-7)-0)-0)-0=-3$ <p>Від'ємне значення поточного порогу класифікації ініціює формування одиничного підсумкового сигналу пристрою. Масив A_3^0 більший за поріг θ класифікації.</p> $s^8=(((61+7)+0)+0)=68$ <p>Сформовано суму S_3^0 елементів масиву A_3^0.</p>
8/3	Формування впорядкованої матриці	$A^8 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
9/1	Формування рядка мінеlementів	$\text{Min}^8=(2\ 0\ 0\ 0)$

Продовження таблиці 1

1	2	3
9/2	<p>Формування неупорядкованої матриці</p> <p>Накопичення поточних сум мінеlementів</p>	$A^9 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{максимум } A_4^0$ <p>Цей рядок вказує на те, що масив чисел A_4^0 є максимальним серед масивів $A_1^0, A_2^0, A_3^0, A_4^0$ і більший за поріг класифікації.</p> $s^9 = (((68+2)+0)+0)+0 = 70$ <p>Сформовано суму S_4^0 елементів масиву A_4^0.</p>

Отже, максимальним за сумою своїх елементів, яка дорівнює $S_4^0 = 70$, є масив A_4^0 . Він також більший за поріг $\theta=65$, тобто вхідний образ належить до четвертого класу образів за даною класифікацією. Кількість циклів оброблення, виконаних в процесі пошуку цього максимуму, дорівнює 9. Крім того, в процесі оброблення матриці A^0 було сформовано значення сум $S_1^0, S_2^0, S_3^0, S_4^0$ елементів всіх масивів $A_1^0, A_2^0, A_3^0, A_4^0$ зважених даних (22).

Таким чином, використання можливості порівняння з порогом класифікації проміжних результа-

тів оброблення однойменних елементів в усіх масивах зважених даних до послідовного формування масивів з нульовими елементами дозволяє розширити область застосування пристрою для класифікації образів у вигляді векторних масивів даних як через паралельне врахування величини порогу класифікації, що може бути використано в подальшому для кластеризації образів, так і через послідовне формування сум елементів відповідних масивів зважених даних, що може бути використано для формування вагових коефіцієнтів в процесі навчання при класифікації образів.

