



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43744 (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) КЛАСИФІКУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

1

2

(21) u200903857

(22) 21.04.2009

(24) 25.08.2009

(46) 25.08.2009, Бюл.№ 16, 2009 р.

(72) МАРТИНЮК ТЕТЯНА БОРИСІВНА, КОЖЕ-М'ЯКО АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, ПІНЧАК МАКСИМ МИРОСЛАВОВИЧ, СТЕПЧУК ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, ПАНАСЮК ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Класифікуючий пристрій, який містить багатошарову мережу дискримінаторів, що містять помножувальні блоки і суматори, причому одні входи помножувальних блоків дискримінаторів кожного наступного шару з'єднані з вхідними клемми при-

строю, а інші входи - з виходами дискримінаторів попереднього шару, який відрізняється тим, що в нього введено блок керування, а кожний дискримінатор містить вхід порогу класифікації, з'єднаний з відповідним входом помножувального блока дискримінатора, причому адресний і установний входи, а також вхід синхронізації кожного шару багатшарової мережі дискримінаторів з'єднані з відповідними виходами групи блока керування, а також підключені до відповідних входів суматорів дискримінаторів відповідного шару багатшарової мережі пристрою, вихід дискримінатора останнього шару багатшарової мережі є виходом пристрою.

Корисна модель відноситься до області технічної кібернетики та обчислювальної техніки і може бути використана у пристроях для класифікації сигналів різної фізичної природи.

Відомий пристрій для розпізнавання сигналів (а. с. СРСР №546910, кл. G06K9/00, 1977р, Бюл. №6), який містить блок множення, з'єднаний з входом пристрою, суматор, підключений до виходу формувача порогової напруги і до входу компаратора, вихід якого з'єднаний з виходом пристрою, формувач вагового аналогового сигналу, підключений до входу блока множення і до входу пристрою, та інтегратор, з'єднаний з виходом блока множення і входом суматора.

Недоліком даного пристрою є обмежені функціональні можливості через формування лінійних дискримінантних функцій тільки першого степеня і для аналогових сигналів.

Найбільш близьким за технічною суттю є класифікуючий пристрій (а. с. СРСР №371596, кл. G06K9/00, 1973р., Бюл. №12), який містить багатшарову мережу лінійних дискримінаторів, в подальшому дискримінаторів, що містять помножувальні блоки і суматори, причому одні входи помножувальних блоків дискримінаторів кожного наступного шару з'єднані з вхідними клемми пристрою, а інші входи - з виходами дискримінаторів попереднього шару.

Недоліком даного пристрою є обмежені функціональні можливості через відсутність врахування зовнішнього порогу класифікації при формуванні дискримінантних функцій.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення класифікуючого пристрою, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними забезпечується розширення функціональних можливостей пристрою через врахування зовнішнього порогу класифікації.

Поставлена задача вирішується тим, що у класифікуючий пристрій, який містить багатшарову мережу дискримінаторів, що містять помножувальні блоки і суматори, причому одні входи помножувальних блоків дискримінаторів кожного наступного шару з'єднані з вхідними клемми пристрою, а інші входи - з виходами дискримінаторів попереднього шару, введено блок керування, а кожний дискримінатор містить вхід порогу класифікації, з'єднаний з відповідним входом помножувального блока дискримінатора, причому адресний і установний входи, а також вхід синхронізації кожного шару багатшарової мережі дискримінаторів з'єднані з відповідними виходами групи блока керування, а також підключені до відповідних входів суматорів дискримінаторів відповідного шару багатшарової мережі пристрою, вихід дис-

UA (19) 43744 (11) U (13)

кримінатора останнього шару багат шарової мережі є виходом пристрою.

На Фіг.1 подано структурну схему класифікуючого пристрою,

а на Фіг.2 показано структурну схему суматора дискримінатора.

Класифікуючий пристрій (Фіг.1) складається з шарів дискримінаторів 1, кожний з яких містить помножувальний блок 2 і суматор 3. Крім того, блок 4 керування класифікуючого пристрою містить K груп виходів, до складу яких входить адресний вихід 5 і установний вихід 6, а також вихід 7 синхронізації, де $K = \log_2 d$ - кількість шарів багат шарової мережі дискримінаторів для d - вимірного вхідного об'єкта. Кожний дискримінатор має групу інформаційних входів $8_1, \dots, 8_d$, групу входів $9_0, \dots, 9_d$ вагових коефіцієнтів, вхід 10 порогу класифікації та вихід 11. Помножувальний блок містить $(d+1)$ помножувачів 12, суматор 3 має $(d+1)$ входів $13_0, \dots, 13_d$, а вихід 11 лінійного дискримінатора 1 K-го шару є виходом пристрою. Крім того, група інформаційних входів $8_1, \dots, 8_d$, вхід 9_0 вагового коефіцієнта і вхід 10 порогу кожного дискримінатора 1 кожного шару багат шарової мережі, а також група входів $9_1, \dots, 9_d$ вагових коефіцієнтів кожного дискримінатора 1 першого шару з'єднані з відповідними входами пристрою. Виходи 11 дискримінаторів 1 першого шару багат шарової мережі з'єднані з відповідними входами $9_1, \dots, 9_d$ вагових коефіцієнтів відповідних дискримінаторів 1 наступного шару. Адресний вхід і установний вхід, а також вхід синхронізації кожного дискримінатора k-го шару (де $k=1, \dots, K$) з'єднані з k-ю групою виходів блока 4 керування, до складу якої входять адресний вихід 5, установний вихід 6 і вихід 7 синхронізації. Входи $13_0, \dots, 13_d$ суматора 3 кожного дискримінатора 1 з'єднані з виходами відповідних $(d+1)$ помножувачів 12 помножувального блока 2 дискримінатора 1.

Суматор 3 дискримінатора 1 (Фіг.2) містить d комірок $14_1, \dots, 14_d$ і додаткову комірку 15, з відповідними входами яких з'єднані адресний вихід 5 і вихід 7 синхронізації групи, а установний вихід 6 групи з'єднаний з відповідним входом комірки 14_1 . Входи $13_1, \dots, 13_d$ суматора 3 з'єднані з інформаційними входами відповідних комірок $14_1, \dots, 14_d$, вхід 13_0 суматора 3 з'єднаний з інформаційним входом додаткової комірки 15, вихід якої є виходом 11 суматора 3.

Вихід 16 i-ої комірки 14_i ($i=1, \dots, d-1$) з'єднаний з відповідним входом $(i+1)$ -ої комірки 14_{i+1} , а вихід 16 останньої комірки 14_d з'єднаний з входом 17 додаткової комірки 15. Вхід 18 i-ої комірки 14_i ($i=2, \dots, d$) з'єднаний з відповідним входом $(i-1)$ -ої комірки 14_{i-1} , а вхід 18 першої комірки 14_1 і вхід 19 додаткової комірки 15 з'єднані з відповідним виходом останньої комірки 14_d .

Отже, класифікуючий пристрій (Фіг.1) представляє собою однорідну мережу, що містить K шарів, де K - порядок (ступінь) дискримінантної функції, яку необхідно реалізувати.

Класифікуючий пристрій (Фіг.1), що містить три шари I, II, III, працює в такий спосіб. На групу інформаційних входів $8_1, \dots, 8_d$ кожного дискримінатора 1 першого шару I подають набір числових ознак

X_1, \dots, X_d ; на групу входів $9_0, \dots, 9_d$ - набір коефіцієнтів W_{0i}, \dots, W_{di} , де $i=1, \dots, d$; на вхід 10 - значення порогу θ_i класифікації. Дискримінатори 1 першого шару I мережі пристрою формують дискримінантні функції вигляду:

$$\begin{aligned} S_{11} &= W_{01} \cdot \theta_1 + W_{11} \cdot X_1 + W_{21} \cdot X_2 + \dots + W_{d1} \cdot X_d, \\ S_{21} &= W_{02} \cdot \theta_2 + W_{12} \cdot X_1 + W_{22} \cdot X_2 + \dots + W_{d2} \cdot X_d, \\ &\dots \end{aligned} \quad (1)$$

$S_{d1} = W_{0d} \cdot \theta_d + W_{1d} \cdot X_1 + W_{2d} \cdot X_2 + \dots + W_{dd} \cdot X_d$, де X_1, X_2, \dots, X_d - набір ознак, які характеризують об'єкт класифікації;

$W_{1i}, W_{2i}, \dots, W_{di}$ - i-й набір вагових коефіцієнтів, на які множаться ознаки; причому W_{0i} - ваговий коефіцієнт, який приймає значення "-1" для встановлення порогу класифікації або значення "+1" для встановлення зміщення для дискримінантної функції.

У схемі пристрою прийнято таке позначення відповідних вагових коефіцієнтів: W_{01}, \dots, W_{0d} - для першого шару I; S_{01}, \dots, S_{0d} - для другого шару II; Q_{02} - для третього шару III багат шарової мережі.

Другий шар мережі II - це група d дискримінаторів 1, які по своїй структурі повністю аналогічні дискримінаторам 1 першого шару I, однак ваговими коефіцієнтами для ознак об'єкта використовують значення виходів 11 дискримінаторів 1 першого шару I. Тому можна написати для виходу Q_{12} другого шару II такий вираз:

$$Q_{12} = S_{01} \cdot \theta_1 + S_{11} \cdot X_1 + S_{21} \cdot X_2 + \dots + S_{d1} \cdot X_d \quad (2)$$

що після підстановки значень для $S_{11}, S_{21}, \dots, S_{d1}$ з виразу (1), S_{01} і елементарних перетворень приведе до такого загального виразу:

$$Q_{j2} = \sum_{i=1}^d W_{ii} \cdot X_i^2 + \sum_{i=1}^d (W_{ij} + W_{ji}) \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^d W_{0i} \cdot \theta_i \cdot X_i + S_{01} \cdot \theta_j \quad (3)$$

де Q_{j2} - j-та дискримінантна функція, що обчислюється на другому шарі II мережі.

З виразу (3) видно, що дискримінатори 1 другого шару II пристрою реалізують дискримінантні функції другого порядку і можуть бути використані в якості квадратичних дискримінаторів.

Аналогічно дискримінатори 1 третього шару III, де ваговими коефіцієнтами є значення виходів 11 дискримінаторів 1 другого шару II, реалізують дискримінантні функції третього степеня. Очевидно, що кількість шарів у пристрої може бути достатньо легко збільшена для отримання дискримінатора, що реалізує дискримінантну функцію потрібного порядку.

Суть роботи суматора 3 (Фіг.2) полягає в тому, що порогове оброблення d чисел $a_{i,0}$ зводиться до обчислення N часткових сум, де N - кількість різноманітних вхідних величин $a_{i,0}$ і порівняння цих сум з порогом θ , тобто результат дорівнює

$$S_N = \left| \sum_{i=1}^d a_{i,0} - \theta \right|, N \leq d \quad (4)$$

Процес підсумовування у суматорі 3 має такий вигляд. Спочатку визначається загальна значуща частина q, всіх доданків на j-му етапі, тобто

$$q_j = \min \left\{ a_{i,j-1} \right\}_{i=1}^d, j = 1, N \quad (5)$$

де $a_{i,0}$ - доданок на вході 13_i комірки 14_i суматора 3, і перевіряється умова

$$q_j = 0 \quad (6)$$

Якщо умова (6) виконується, то процес порогового оброблення припиняється. У протилежному випадку виділяється різницевий зріз A_j , тобто сукупність величин різниці всіх доданків j -го етапу з їхньою загальною частиною су вигляду

$$A_j = \{a_{i,j}\}_{i=1}^d = \{a_{i,j-1} - q_j\}_{i=1}^d \quad (7)$$

В подальшому отриманий різницевий зріз A_j є вхідною множиною доданків для наступного $(j+1)$ -го етапу.

Далі формується часткова сума S_j як кратне загальної частини q_j , де кратність d_j визначається кількістю додатних доданків j -го етапу:

$$S_j = q_j d_j \quad (8)$$

Після сформування часткової суми S_1 за формулою (8) на першому етапі формується різниця між заданим порогом θ та частковою сумою S_1 , отриманою на цьому етапі, тобто

$$\Delta_1 = \theta - S_1 \quad (9)$$

В подальшому поточна різниця Δ_{j-1} є поточним значенням порогу на наступному j -му етапі оброблення згідно з формулою

$$\Delta_j = \Delta_{j-1} - S_j \quad (10)$$

Отже, суматор 3 (Фіг.2) працює таким чином.

На початку роботи на установний вхід першої комірки 14₁ подається відповідний сигнал з установного виходу 6 групи.

Потім на вхід 13_i i -ої комірки 14_j надходить i -ий операнд $a_{i,0}$ з групи операндів, кількість яких d . Запис операндів у комірки 14₁, ..., 14_d виконується паралельно за одиничним сигналом на адресному виході 5 групи. Одночасно на вхід 13₀ додаткової комірки 15 подають зовнішній поріг θ . Після цього виконується послідовне виділення загальної (мінімальної значущої) частини двох операндів - i -го та $(i+1)$ -го. Згідно з виразом (5) ця операція виконується послідовно і проміжний результат подається з виходу i -ої комірки 14_i ($i=2, \dots, d-1$) на вхід 18 наступної комірки 14_{i+1}. Кінцевий результат q_1 виділення загальної частини всіх d операндів на пер-

шому етапі формується в d -ій комірці 14_d і з її виходу записується в комірку 14₁ по входу 18 і у додаткову комірку 15 по її входу 19.

Після цього в i -ій комірці відбувається порівняння i -го операнда $a_{i,0}$, та загальної частини q_1 всіх операндів послідовно, починаючи з першої комірки 14₁. Порівняння відбувається в процесі віднімання від величини кожного операнда загальної частини всіх операндів згідно з виразом (7).

Одночасно в комірках 14₁, ..., 14_d відбувається послідовне підсумовування загальних частин q_1 групи з d операндів, а в результаті на виході 16 d -ої комірки 14_d формується часткова сума S_1 операндів згідно з виразом (8). Після цього відбувається порівняння у додатковій комірці 15 зовнішнього порогу θ , що надійшов по її входу 13₀, з частковою сумою S_1 , що надходить по входу 17. Порівняння відбувається в процесі віднімання у першому циклі від зовнішнього порогу θ часткової суми S_1 , згідно з виразом (9). Різниця Δ_1 зберігається у додатковій комірці 15.

В подальшому процес порогового оброблення виконується аналогічно першому етапу оброблення згідно з формулами (5)-(8), (10). Цей процес припиняється тоді, коли загальна значуща q_i всіх поточних доданків на j -му етапі дорівнює нулю за виразом (6). При виконанні умови (6) на виході 11 суматора 3 після виконання N етапів оброблення формується остаточна сума S_N вигляду

$$S_N = \begin{cases} |S_N|, & \text{якщо } \text{Sign} \Delta_N = 1, \\ 0 & \text{у протилежному випадку.} \end{cases} \quad (11)$$

Тобто, якщо сума вхідних величин $a_{i,0}$ більша за поріг θ , про що свідчить від'ємний знак поточного порогу Δ_N на останньому етапі N оброблення, то результат S_N вигляду (4) з'явиться на виході 11 суматора 3. У протилежному випадку на цьому виході суматора 3 присутнє нульове значення.

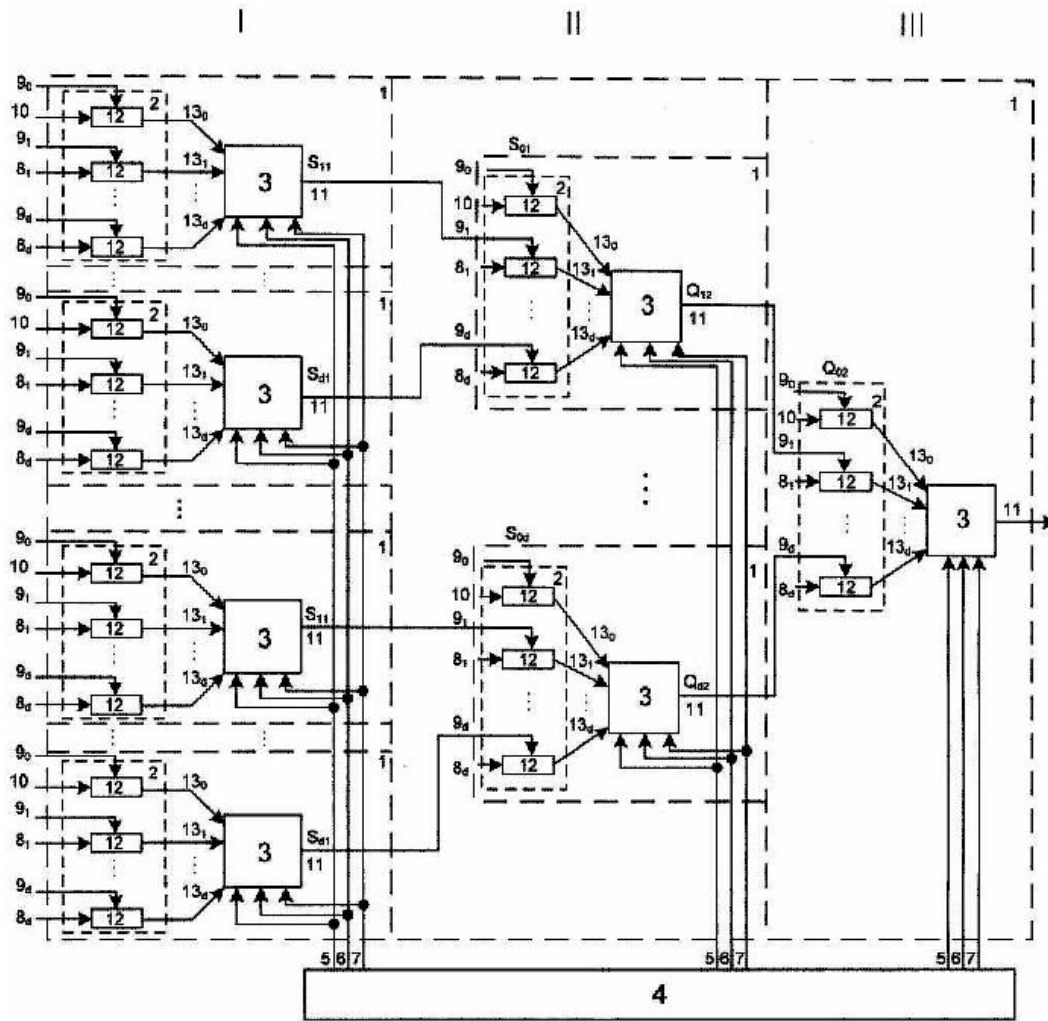
У таблиці наведено приклад формування суми чисел {13,8,3,11}, різницевих зрізів A_j , часткових сум S_j , поточного порогу Δ_j .

Таблиця.

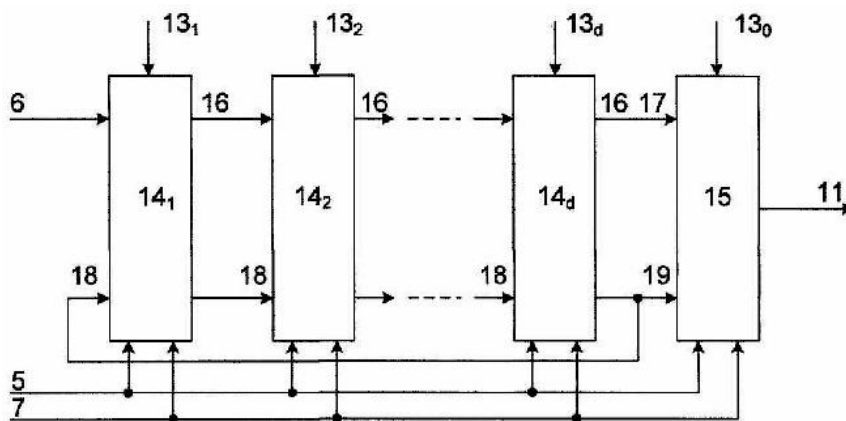
Елементи $a_{i,j}$ зрізів	Різницеві зрізи A_j					
	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$a_{1,j}$	13	10	5	2	0	0
$a_{2,j}$	8	5	0	-	-	-
$a_{3,j}$	3	0	-	-	-	-
$a_{4,j}$	11	8	3	0	-	-
Етапи оброблення	0	1	2	3	4	5
Найменше число q_j	0	3	5	3	2	0
Часткова сума S_j	0	$3 \times 4 = 12$	$5 \times 3 = 15$	$3 \times 2 = 6$	$2 \times 1 = 2$	0
Поточний поріг Δ_j	30	$30 - 12 = 18$	$18 - 15 = 3$	$3 - 6 = -3$	$-3 - 2 = -5$	$-5 - 0 = -5$

Таким чином, класифікуючий пристрій має розширені функціональні можливості через врахування зовнішнього порогу класифікації при форму-

ванні багатостепеневих дискримінантних функцій із застосуванням багат шарової мережі дискримінаторів.



Фиг. 1



Фиг. 2