



УКРАЇНА

(19) UA (11) 80530 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G06G 7/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПОРОГОВОГО ПАРАЛЕЛЬНОГО ДОДАВАННЯ ТРИВАЛОСТЕЙ ГРУПИ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ

1

2

(21) 2003087549

(22) 11.08.2003

(24) 10.10.2007

(72) МАРТИНЮК ТЕТЯНА БОРИСІВНА, UA,  
ГАЙДА ВАЛЕРІЙ БОРИСОВИЧ, UA, ПАВЛОВ  
СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, КУПЕРШТЕЙН  
ЛЕОНІД МИХАЙЛОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56)	SU	388269,	22.06.1973
	SU	1119035,	15.10.1984
	UA	22817,	21.04.1998
	SU	1101817,	07.07.1984
	SU	1249506,	07.08.1986

UA 40228, 16.07.2001

(57) Спосіб порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, оснований на накопиченні кратних тривалостей, в якому порівнюють між собою тривалості часових інтервалів групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості, формують поточну часткову суму тривалостей, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом її множення на

кількість часових інтервалів у групі, формують нову поточну групу часових інтервалів шляхом віднімання цієї найменшої тривалості від тривалості кожного часового інтервалу попередньої групи, далі зазначені дії повторюють для кожної нової поточної групи часових інтервалів до виділення інтервалу найменшої тривалості, який дорівнює нулю, а отримані кратні тривалості послідовно підсумовують, який **відрізняється** тим, що на кожному кроці оброблення, крім першого, формують поточний вектор ознак нульових тривалостей у поточній групі часових інтервалів, на останньому кроці оброблення виконують порівняння кінцевої суми поточних часткових сум тривалостей із заданим порогом і формують підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо сума поточних часткових сум тривалостей групи часових інтервалів більше або дорівнює порогові оброблення, або дорівнює нулю у протилежному випадку, а також формують матрицю бінарних ознак із поточних векторів ознак нульових тривалостей.

Винахід відноситься до автоматики та обчислювальної техніки та може бути використаний в обчислювальних пристроях для процесу порогової обробки масиву чисел, зокрема, при моделюванні нейронних та нейроподібних мереж.

Відомий спосіб паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів [а. с. СРСР №388269, кл. G 06 G 7/14, 1971], який оснований на накопиченні кратних тривалостей і полягає в тому, що для кожного часового інтервалу групи виділяють шляхом диференціювання моментів часу його початку і кінця, за виділеними моментами часу визначають поточне значення різниці між сумою моментів часу початку часових інтервалів групи і сумою моментів часу закінчення інтервалів групи, тривалість найбільшого часового інтервалу групи перетворюють у послідовність кратних тривалостей шляхом її множення на

отримане значення різниці, при цьому кратні тривалості накопичують.

Недоліком такого способу є низька точність формування суми тривалостей часових інтервалів групи, що визначається помилками, які виникають при можливому співпаданні одне з одним моментів часу початку і кінця різних інтервалів груп.

Відомий спосіб паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів [а. с. СРСР №1119035, кл. G06G7/14, 1984], який оснований на накопиченні кратних тривалостей, причому порівнюють між собою тривалості часових інтервалів групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості, формують тривалість, яка в подальшому позначається як поточна часткова тривалість і є кратною цій найменшій тривалості, шляхом її множення на кількість часових інтервалів у групі, формують нову групу часових інтервалів шляхом віднімання цієї найменшої

(13) C2

(11) 80530

(19) UA

тривалості від тривалості кожного часового інтервалу попередньої групи, далі зазначені дії повторюють для кожної нової групи часових інтервалів до виділення інтервалу найменшої тривалості, яка дорівнює нулю, а отримані кратні тривалості послідовно підсумовують.

Недоліком даного способу є обмежені функціональні можливості, оскільки спосіб додавання тривалостей групи часових інтервалів використовується лише для формування суми невід'ємних тривалостей початкової групи.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, який пропонується, є спосіб порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів [патент України 40228 А, кл. G06G 7/14, 2001, бюл. №6], який оснований на накопиченні кратних тривалостей, в якому між собою порівнюють тривалості часових інтервалів групи та виділяють часовий інтервал найменшої тривалості, формують поточну часткову суму тривалостей, що кратна цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів в групі, формують нову групу часових інтервалів, яка в подальшому позначається як поточна група часових інтервалів, шляхом віднімання цієї найменшої тривалості із тривалості кожного часового інтервалу попередньої групи, далі вказані дії повторюються для кожної нової поточної групи часових інтервалів, а отримані кратні тривалості послідовно підсумовують, на кожному кроці обробки виконують порівняння суми поточних часткових сум із порогом обробки і формують поточний підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо сума поточних часткових сум тривалостей групи часових інтервалів більше або дорівнює порогові обробки, і дорівнює нулю у протилежному випадку, при цьому вказані дії повторюються до формування підсумкового сигналу, що дорівнює одиниці або, у протилежному випадку, до виділення інтервалу найменшої тривалості, який дорівнює нулю.

Недоліком даного способу є те, що він не формує остаточного значення суми тривалостей групи часових інтервалів, що обмежує його функціональні можливості, оскільки цей спосіб паралельного додавання дозволяє визначити тільки мінімальне значення тривалостей первісної групи.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, в якому за рахунок введення нових дій досягається на кожному кроці оброблення можливість паралельного формування і накопичення поточних часткових сум тривалостей груп часових інтервалів з поступовим зменшенням кількості первісних операндів до моменту отримання нульового залишку, формування векторів ознак нульових тривалостей у поточних групах, а також порівняння остаточної суми із заданим порогом, що призводить до розширення функціональних можливостей способу за рахунок сортування вхідної інформації.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі порогового паралельного додавання

тривалостей групи часових інтервалів, який оснований на накопиченні кратних тривалостей, в якому порівнюють між собою тривалості часових інтервалів групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості, формують поточну часткову суму тривалостей, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом її множення на кількість часових інтервалів у групі, формують нову поточну групу часових інтервалів шляхом віднімання цієї найменшої тривалості від тривалості кожного часового інтервалу попередньої групи, далі зазначені дії повторюють для кожної нової поточної групи часових інтервалів до виділення інтервалу найменшої тривалості, який дорівнює нулю, а отримані кратні тривалості послідовно підсумовують, крім того на кожному кроці оброблення, крім першого, формують поточний вектор ознак нульових тривалостей у поточній групі часових інтервалів, на останньому кроці оброблення виконують порівняння кінцевої суми поточних часткових сум тривалостей із заданим порогом і формують підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо сума поточних часткових сум тривалостей групи часових інтервалів більше або дорівнює порогові оброблення, і дорівнює нулю у протилежному випадку, а також формують матрицю бінарних ознак із поточних векторів ознак нульових тривалостей.

На Фіг.1 зображена блок-схема пристрою, який реалізує спосіб порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, на Фіг.2 схематично представлено варіант порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів 11, 3, 5, 8, 15 і порогу 31.

Пристрій (Фіг.1), що реалізує даний спосіб порогового паралельного алгебраїчного додавання тривалостей групи часових інтервалів, містить: входи  $1_1, \dots, 1_n$ , на які подаються тривалості часових інтервалів первісної групи, схеми  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання (де  $n$  - максимальна кількість тривалостей в групі часових інтервалів), за допомогою яких виділяють різниці між тривалостями окремих інтервалів групи та інтервалами найменшої тривалості поточної групи, схему 3 порівняння, де виділяються інтервали найменшої тривалості поточної групи, схему 4 послідовного додавання (накопичення) кратних тривалостей, в якому також виконується множення найменших тривалостей на кількість часових інтервалів у поточній групі, схему 5 порогового оброблення, де формується різниця між заданим пороговим значенням та кінцевою сумою поточних часткових сум тривалостей і схему 6 пам'яті, де формується матриця бінарних ознак на виході 7 пристрою. У даному пристрої інформаційні виходи  $8_1, \dots, 8_n$  схем  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання з'єднані з входами схеми 3 порівняння і першою групою входів схем  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання, які також підключені до входів  $1_1, \dots, 1_n$  пристрою. Другі входи схем  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання з'єднані з виходом 9 схеми 3 порівняння, який також підключений до входу схеми 4 послідовного додавання. Виходи першої групи ознак схем  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання з'єднані з групою входів  $10_1, \dots, 10_n$  схеми 4

послідовного додавання, а виходи другої групи ознак схем  $2_1, \dots, 2_n$  віднімання з'єднані з групою виходів  $11_1, \dots, 11_n$  схеми 6 пам'яті. Вихід 12 схеми 4 послідовного додавання підключений до входу схеми 5 порогового оброблення, до якої також підключений пороговий вхід 13, а вихід 14 якої є виходом пристрою.

Порогове паралельне додавання тривалостей групи часових інтервалів виконується в такий спосіб.

На першому кроці порівнюють між собою тривалості часових інтервалів групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості. Формують поточну тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі. Так формують першу часткову суму тривалостей групи часових інтервалів.

На другому кроці у другій групі часових інтервалів, яка формується шляхом віднімання найменшої тривалості від тривалості кожного часового інтервалу попередньої (першої) групи, повторюють зазначені дії, а саме: порівнюють між собою тривалості часових інтервалів другої групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості. Формують поточну тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі і підсумовують її із поточною частковою сумою тривалостей, отриманою на попередньому кроці. Так формують першу суму поточних часткових сум тривалостей групи часових інтервалів. Крім того формують перший вектор ознак нульових тривалостей у другій групі часових інтервалів.

Зазначені дії повторюють на кожному кроці обробки до формування нульових поточних часткових сум тривалостей у групі часових інтервалів, після чого формують різницю між заданим пороговим значенням та кінцевою сумою поточних часткових сум групи часових інтервалів. В результаті цього, якщо отримана різниця є від'ємною або нульовою величиною, то підсумковий сигнал є одиничним, і нульовим - у протилежному випадку. Крім того, із поточних векторів ознак нульових тривалостей формується матриця бінарних ознак, за якою можна відсортувати часові тривалості первісної групи часових інтервалів.

Отже, на кожному кроці оброблення формуються та накопичуються поточні часткові суми, а на останньому проводиться їх порівняння із заданим порогом, який задається на початку процесу додавання. При цьому, якщо значення різниці між заданим порогом та кінцевою сумою поточних часткових сум менше або дорівнює нулю, то формується одиничний підсумковий сигнал або нульовий - в протилежному випадку, і процес обробки припиняється.

Розглянемо порогове паралельне додавання тривалостей групи, яка складається, наприклад, із п'яти часових інтервалів (Фіг.2). Додаються інтервали з тривалостями, які дорівнюють 11, 3, 5, 8, 15, а значення порогу дорівнює 31. Дані п'ять тривалостей подаються відповідно на входи  $1_1 - 1_5$ , внаслідок чого створюється первісна група для

додавання. Оскільки в початковому стані на виході схеми 3 порівняння присутня нульова тривалість, то на першому кроці оброблення від кожної початкової тривалості віднімається нуль зі схеми 3 порівняння, і на виходах  $8_1, \dots, 8_n$  схем  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці, які фактично дорівнюють початковим тривалостям часових інтервалів.

Ці тривалості 11, 3, 5, 8, 15, які паралельно подаються на п'ять входів схеми 3 порівняння, де відбувається виділення інтервалу найменшої ненульової тривалості з поданих п'яти інтервалів, тобто утворюється мінімальна тривалість, а саме 3. Ця тривалість подається з виходу 9 схеми 3 порівняння на входи схеми 4 послідовного додавання, де формується поточна тривалість 15, яка визначається кількістю тривалостей первісної групи, а саме, кількістю одиничних сигналів на входах  $10_1, \dots, 10_5$  схеми 4 послідовного додавання. Одиничні сигнали на цих входах формуються при наявності ненульових додатних тривалостей на виходах  $8_1, \dots, 8_5$  відповідних схем  $2_1, \dots, 2_5$  віднімання. Сформована поточна тривалість 15 є також першою частковою сумою тривалостей.

На другому кроці у схемах  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці між початковими тривалостями 11, 3, 5, 8, 15 та мінімальною тривалістю першої групи, яка дорівнює 3. Утворюються різниці 8, 0, 2, 5, 12 другої групи. Найменша ненульова тривалість часового інтервалу другої групи, яка дорівнює 2, формується в схемі 3 порівняння і подається з виходу 9 на схему 4 послідовного додавання, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах  $10_1, \dots, 10_5$  схеми 4 послідовного додавання чотирикратна мінімальна тривалість другої групи, в даному випадку 8, яка є другою частковою сумою тривалостей групи. В результаті у схемі 4 послідовного додавання накопичується сума 23, яка визначається сумою другої та першої часткових сум. Одночасно на виходах схем  $2_1, \dots, 2_5$  формується перший вектор ознак виду  $(0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$ , оскільки друга тривалість другої групи дорівнює нулю. Цей вектор подається по входах  $11_5, \dots, 11_5$  до схеми 6 пам'яті, де фіксується.

На третьому кроці у схемах  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці між тривалостями 8, 0, 2, 5, 12 та мінімальною тривалістю другої групи, яка дорівнює 2. Утворюються різниці 6, -, 0, 3, 10 третьої групи (знаком "-" позначається від'ємне значення тривалості). Найменша ненульова тривалість часового інтервалу третьої групи, яка дорівнює 3, формується в схемі 3 порівняння і подається з виходу 9 на схему 4 послідовного додавання, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах  $10_1, \dots, 10_5$  схеми 4 послідовного додавання трикратна мінімальна тривалість третьої групи, в даному випадку 9, яка є третьою частковою сумою тривалостей групи. В результаті у схемі 4 послідовного додавання накопичується сума 32, яка визначається сумою трьох поточних часткових сум тривалостей. Одночасно на виходах схем  $2_1, \dots, 2_5$  формується другий вектор ознак виду  $(0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0)$ , оскільки третя тривалість третьої групи дорівнює нулю. Цей

вектор подається по входах  $11_1, \dots, 11_5$  до схеми 6 пам'яті, де фіксується.

На четвертому кроці у схемах  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці між тривалостями 6, -, 0, 3, 10 та мінімальною тривалістю третьої групи, яка дорівнює 3. Утворюються різниці 3, -, -, 0, 7 четвертої групи. Найменша ненульова тривалість часового інтервалу четвертої групи, яка дорівнює 3, формується в схемі 3 порівняння і подається з виходу 9 на схему 4 послідовного додавання, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах  $10_1, \dots, 10_5$  схеми 4 послідовного додавання двократна мінімальна тривалість четвертої групи, в даному випадку 6, яка є четвертою частковою сумою тривалостей групи. В результаті у схемі 4 послідовного додавання накопичується сума 38, яка визначається сумою чотирьох поточних часткових сум тривалостей. Одночасно на виходах схем  $2_1, \dots, 2_5$  формується третій вектор ознак виду  $(0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0)$ , оскільки четверта тривалість четвертої поточної групи дорівнює нулю. Цей вектор подається по входах  $11_1, \dots, 11_5$  до схеми 6 пам'яті, де фіксується.

На п'ятому кроці в схемах  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці між тривалостями 3, -, -, 0, 7 та мінімальною тривалістю четвертої групи, яка дорівнює 3. Утворюються різниці 0, -, -, -, 4 п'ятої групи. Найменша ненульова тривалість часового інтервалу п'ятої групи, яка дорівнює 4, формується в схемі 3 порівняння і подається з виходу 9 на схему 4 послідовного додавання, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах  $10_1, \dots, 10_5$  схеми 4 послідовного додавання однократна мінімальна тривалість другої групи, в даному випадку 4, яка є п'ятою частковою сумою тривалостей групи. В результаті у схемі 4 послідовного додавання накопичується сума 42, яка визначається сумою п'яти поточних часткових сум тривалостей. Одночасно на виходах схем  $2_1, \dots, 2_5$  формується четвертий вектор ознак виду  $(1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$ , оскільки перша тривалість п'ятої поточної групи дорівнює нулю. Цей вектор подається по входах  $11_1, \dots, 11_5$  до схеми 6 пам'яті, де фіксується.

На шостому кроці у схемах  $2_1, \dots, 2_5$  формуються різниці між тривалостями 0, -, -, -, 4 та мінімальною тривалістю четвертої групи, яка дорівнює 4. Утворюються різниці -, -, -, 0 шостої групи і відсутність одиничних сигналів на входах  $11_1, \dots, 11_5$  схеми 4 послідовного додавання свідчить про наявність нульового інтервалу найменшої тривалості, тобто про отримання нульового залишку. Тоді накопичена сума 42 з виходу 12 схеми 4 послідовного додавання та значення порогу 31 з входу 13 подаються на схему 5 порогового оброблення, де формується їх різниця. Одночасно на виходах схем  $2_1, \dots, 2_5$  формується п'ятий вектор ознак виду  $(0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)$ , оскільки п'ята тривалість шостої поточної групи дорівнює нулю. Цей вектор подається по входах  $11_1, \dots, 11_5$  до схеми 6 пам'яті, де фіксується. Оскільки отримана різниця, а саме - 11, менше нуля, то формується підсумковий сигнал на виході 14 схеми 5 порогового оброблення, який в даному

випадку дорівнює одиниці, внаслідок чого процес оброблення припиняється.

Математичну модель запропонованого способу порогового паралельного оброблення можна представити таким чином:

$$y = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \sum_{i=1}^n (a_i) \geq p, \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases} \quad (1)$$

де  $y$  - підсумковий сигнал,  $p$  - поріг,  $a_i$  - тривалості часових інтервалів первісної групи.

$$\sum_{i=1}^n (a_i) = S = S_1 + S_2 + \dots + S_N, \quad (2)$$

де  $S_j$  - поточна часткова сума, сформована на  $j$ -му кроці оброблення, причому  $j = \overline{1, N}$ .

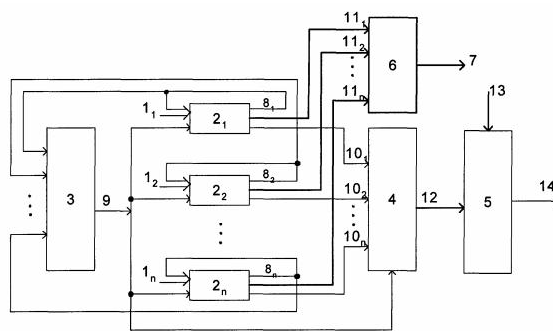
На останньому кроці перевіряється умова

$$\Delta = p - S = p - (S_1 + S_2 + \dots + S_N) \leq 0 \quad (3)$$

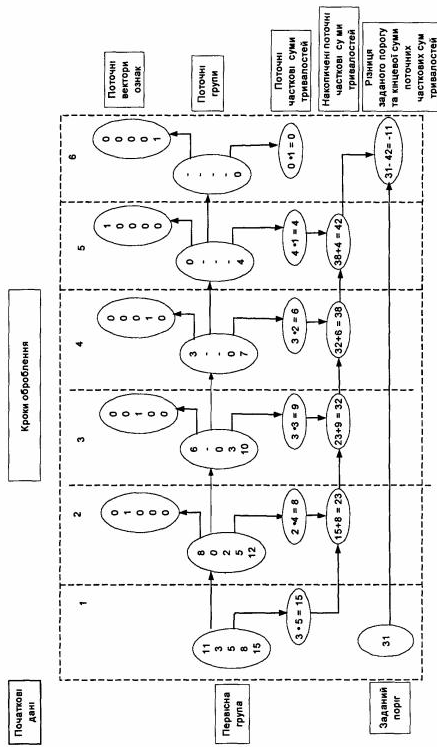
Крім того, послідовний аналіз стовпців  $g_j$  матриці  $G$  бінарних ознак, де

$$g_j = \begin{cases} 1, \text{ якщо } a_{ij} = 0, \\ 0, \text{ якщо } a_{ij} \neq 0, \end{cases} \quad (4)$$

де  $a_{ij}$  -  $i$ -та тривалість на  $j$ -му кроці, дозволяє відсортувати тривалості первісної групи. Так перегляд стовпців  $g_j$ , починаючи з першого, подає тривалості за збільшенням їх значення, починаючи з найменшої тривалості. Аналогічно, перегляд стовпців  $g_j$ , починаючи із старшого, подає тривалості за зменшенням їх значення, починаючи з більшої тривалості.



Фіг. 1



Фиг. 2