

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. G06G 7/14, 1971], який оснований на накопиченні кратних тривалостей і полягає в тому, що для кожного часового інтервалу групи виділяють шляхом диференціювання моменти 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.

Даний спосіб характеризується зниженою точністю 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. G06G 7/14, 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 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, яка в подальшому позначається як поточна часткова тривалість, 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 у обох групах, який дорівнює нулю.

Недоліком даного способу є те, що він не розрахований на наявність серед тривалостей групи часових інтервалів від'ємних елементів, що обмежує його функціональні можливості при моделюванні, наприклад, нейронних та нейроподібних мереж, в яких реалізується механізм латерального гальмування.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу порогового паралельного алгебраїчного додавання тривалостей групи часових інтервалів, в якому за рахунок введення нових дій досягається на кожному кроці оброблення можливість паралельного формування поточних часткових тривалостей додатних та від'ємних тривалостей групи часових інтервалів, формування поточної часткової різниці, а також порівняння її із поточним порогом, що призводить до розширення функціональних можливостей способу за рахунок виконання паралельного порогового оброблення як додатних, так і від'ємних часових тривалостей, що дозволяє моделювати нейронні та нейроподібні мережі з використанням механізму латерального гальмування.

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 тривалість, 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, на кожному кроці оброблення виконують порівняння отриманої поточної тривалості із порогом і формують поточний підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо отримана поточна тривалість більше або дорівнює порогові оброблення, і дорівнює нулю у протилежному випадку, при цьому вказані дії повторюються до формування підсумкового сигналу, що дорівнює одиниці, спочатку первісну групу часових інтервалів поділяють на додатну та від'ємну групи за знаком тривалостей, у кожній групі одночасно виконують формування поточної часткової тривалості і нової поточної групи часових інтервалів, формують поточну часткову різницю між отриманими поточними частковими тривалостями, яка є отриманою поточною тривалістю на кожному кроці оброблення, порівнюють її із заданим порогом на першому кроці шляхом віднімання її від заданого порога і формують поточний поріг і поточний підсумковий сигнал, крім того, починаючи з другого кроку оброблення поточний поріг формується як різниця між поточним порогом, що отриманий на попередньому кроці, та поточною частковою різницею, а у випадку нульового підсумкового сигналу вказані дії повторюються до формування нульових поточних часткових тривалостей в обох групах часових інтервалів.

На Фіг.1 зображена блок-схема пристрою, який реалізує спосіб порогового паралельного алгебраїчного додавання тривалостей групи часових інтервалів, на Фіг.2, 3 схематично представлено два варіанти

порогового паралельного алгебраїчного додавання тривалостей групи часових інтервалів 13, - 6, 12, - 8, 8, - 7 і порогу 10.

Пристрій (Фіг.1), що реалізує даний спосіб порогового паралельного алгебраїчного додавання тривалостей групи часових інтервалів, містить два блоки 1_1 і 1_2 відповідно для оброблення додатної та від'ємної груп часових інтервалів, причому кожний блок 1_1 і 1_2 містить схеми $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ віднімання (де n - максимальна кількість тривалостей в групі часових інтервалів), за допомогою яких виділяють різниці між тривалостями окремих інтервалів групи та інтервалами найменшої тривалості, схему 3 порівняння, де виділяються інтервали найменшої тривалості, схему 4 послідовного додавання (накопичення) кратних тривалостей, в якому також виконується множення найменших тривалостей на кількість часових інтервалів у поточній групі, входи $5_1, 5_2, \dots, 5_n$, на які подаються тривалості часових інтервалів первісної групи. Крім того, пристрій містить схему 6 віднімання, де формується поточні часткові різниці між отриманими поточними частковими тривалостями з урахуванням знаків поточних часткових різниць "+" або "-" відповідно у випадку, коли поточна часткова сума тривалостей додатної групи перевищує поточну часткову суму тривалостей від'ємної групи або навпаки, та схему 7 порогового оброблення, де формується поточний поріг. При цьому схема 7 порогового оброблення має інформаційний вхід 8, знаковий вхід 9, вхід 10 порогу порівняння та інформаційний вихід 11, який є виходом пристрою.

У кожному блоці 1_1 і 1_2 інформаційні входи $12_1, \dots, 12_n$ схем $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ віднімання з'єднані з входами схеми 3 порівняння і першою групою входів схем $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ віднімання, які також підключені до входів $5_1, 5_2, \dots, 5_n$ пристрою. Другі входи схем $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ віднімання з'єднані з виходом 13 схеми 3 порівняння, який також підключений до входу схеми 4 послідовного додавання. Виходи ознак схем $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ віднімання з'єднані з групою входів $14_1, \dots, 14_n$ схеми 4 послідовного додавання. Виходи 15 схеми 4 послідовного додавання обох блоків 1_1 і 1_2 підключені відповідно до входів схеми 6 віднімання, інформаційний та знаковий виходи якої з'єднані відповідно з входами 8 і 9 схеми 7 порогового оброблення, до якої також підключений пороговий вхід 10.

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

Спочатку поділяють первісну групу часових інтервалів відповідно за знаком на дві групи: додатну та від'ємну, після чого знак тривалостей від'ємної групи змінюють на додатний шляхом множення тривалостей цієї групи на "-1". В результаті отримують дві групи часових інтервалів, до яких паралельно застосовують нижче зазначені дії, а саме: на першому кроці порівнюють між собою тривалості часових інтервалів кожної групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості. Формують поточну часткову тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі. Формують поточну часткову різницю між двома отриманими поточними частковими тривалостями. При цьому, якщо поточна часткова тривалість додатної групи менша за модулем ніж відповідна поточна часткова тривалість від'ємної групи, поточна часткова різниця тривалостей помножується на "-1". Формують поточний поріг як різницю між заданим порогом і першою поточною частковою різницею. Якщо поточний поріг є від'ємною або нульовою величиною, то процес оброблення припиняється і формується одиничний поточний підсумковий сигнал. Якщо поточний поріг є додатною величиною, то поточний підсумковий сигнал є нульовим і процес оброблення продовжується.

На другому кроці у двох нових поточних групах часових інтервалів, які формуються шляхом віднімання найменшої тривалості від тривалості кожного часового інтервалу попередньої групи, повторюють зазначені дії, а саме: порівнюють між собою тривалості часових інтервалів кожної групи і виділяють часовий інтервал найменшої тривалості. Формують поточну часткову тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі. Формують поточну часткову різницю між двома отриманими поточними тривалостями. При цьому, якщо поточна часткова тривалість додатної групи менша за модулем ніж відповідна поточна часткова тривалість від'ємної групи, поточна часткова різниця тривалостей помножується на "-1". Формують другий поточний поріг як різницю між першим поточним порогом і другою поточною частковою різницею. Якщо поточний поріг є від'ємною або нульовою величиною, то процес оброблення припиняється і формується одиничний поточний підсумковий сигнал. Якщо поточний поріг є додатною величиною, то поточний підсумковий сигнал є нульовим і зазначені дії повторюють для кожних нових (поточних) груп часових інтервалів до формування одиничного поточного підсумкового сигналу або до формування нульових поточних часткових тривалостей в обох групах часових інтервалів, якщо підсумковий сигнал залишається нульовим.

Отже, на кожному кроці оброблення проводиться порівняння із заданим порогом, який задається на початку процесу додавання. При цьому, якщо значення різниці між поточним порогом та поточною частковою різницею менше або дорівнює нулю, то процес додавання припиняється. Починаючи з другого кроку поточне значення порогу буде приймати значення різниці між поточним порогом, отриманим на попередньому кроці, та поточною частковою різницею.

Розглянемо порогове паралельне алгебраїчне додавання тривалостей групи, яка складається, наприклад, з шести часових інтервалів (Фіг.2). Додаються інтервали з тривалостями, які дорівнюють 13, - 6, 12, - 8, 8, - 7, а значення порогу дорівнює 10. Три тривалості (окремо додатні та "трансформовані" від'ємні, тобто помножені на "-1") подаються відповідно на входи $5_1, 5_2, 5_3$ кожного блока 1_1 і 1_2 , внаслідок чого створюються первісні групи для додавання. Оскільки в початковому стані на виході схеми 3 порівняння обох блоків 1_1 і 1_2 присутня нульова тривалість, то на першому кроці оброблення від кожної початкової тривалості віднімається нуль зі схеми 3 порівняння, і на виходах схем $2_1, 2_2, 2_3$ формуються різниці, які фактично дорівнюють початковим тривалостям часових інтервалів.

Для блока 1_1 це тривалості 13, 12 та 8, які паралельно подаються на три входи схеми 3 порівняння, де відбувається виділення інтервалу найменшої ненульової тривалості з поданих трьох інтервалів, тобто утворюється мінімальна тривалість, а саме 8, яка подається на входи схеми 4 послідовного додавання, де формується поточна часткова тривалість 24, яка визначається кількістю тривалостей первісної додатної групи.

Відповідно для блока 1_2 це тривалості 6, 8, та 7, які паралельно подаються на три входи схеми 3 порівняння, де відбувається виділення інтервалу найменшої ненульової тривалості з поданих трьох інтервалів, тобто утворюється мінімальна тривалість, а саме 6, яка подається на входи схеми 4 послідовного додавання, де формується поточна часткова тривалість 18, яка визначається кількістю тривалостей первісної від'ємної групи.

Після отримання в блоках 1_1 і 1_2 поточних часткових тривалостей формується перша поточна часткова різниця (24-18), а саме 6, яка з урахуванням того, що поточна часткова тривалість додатної групи більша за поточну часткову тривалість від'ємної групи, подається на схему 7 порогового оброблення зі знаком "+", т.т. перша поточна часткова різниця дорівнює +6. Оскільки отримана поточна часткова різниця, а саме +6, не перевищує заданий поріг, т.т. 10, то формується поточний підсумковий сигнал, який в даному випадку дорівнює нулю, внаслідок чого продовжується процес додавання, а поточний поріг приймає значення +4 (10-6).

На другому кроці у схемах 2_1 , 2_2 , і 2_3 блока 1_1 формуються різниці між початковими тривалостями 13, 12 і 8 та мінімальною тривалістю першої групи, яка дорівнює 8. Утворюються різниці 5, 4 і 0 другої групи. Найменша ненульова тривалість часового інтервалу другої групи, яка дорівнює 4, формується в схемі 3 порівняння і подається на схему 4 послідовного додавання, де формується двократна мінімальна тривалість другої групи, в даному випадку 8, яка є поточною частковою тривалістю додатної групи.

Відповідно на другому кроці у схемах 2_1 , 2_2 , і 2_3 блока 1_2 формуються різниці між початковими тривалостями 6, 8 і 7 та мінімальною тривалістю першої групи, яка дорівнює 6. Утворюються різниці 0, 2 і 1 другої групи. Найменша ненульова тривалість часового інтервалу другої групи, яка дорівнює 1, формується в схемі 3 порівняння і подається на схему 4 послідовного додавання, де формується двократна мінімальна тривалість другої групи, в даному випадку 2, яка є поточною частковою тривалістю від'ємної групи.

Після отримання в блоках 1_1 і 1_2 поточних часткових тривалостей формується друга поточна часткова різниця (8-2), а саме 6, яка з урахуванням того, що поточна часткова тривалість додатної групи більша за поточну часткову тривалість від'ємної групи, подається на схему 7 порогового оброблення зі знаком "+", т.т. друга поточна часткова різниця дорівнює +6. Оскільки отримана поточна часткова різниця, а саме +6, перевищує поточний поріг, т.т. +4 ((4-6)<0), то формується поточний підсумковий сигнал, який в даному випадку дорівнює одиниці, внаслідок чого процес додавання припиняється.

На Фіг.3 показано приклад порогового оброблення тривалостей цієї ж самої групи часових інтервалів, де спочатку накопичуються поточні часткові різниці, а потім накопичена різниця порівнюється із заданим порогом і формується підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо різниця між порогом і накопиченою різницею є від'ємною або нульовою величиною.

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

$$y = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \sum_{i=1}^{2n} (\pm a_i) \geq p, \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases} \quad (1)$$

де y - підсумковий сигнал, p - поріг, $\pm a_i$ - тривалості часових інтервалів зі знаком. В процесі оброблення формується поточний поріг Δ_i виду

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} - (\pm S_i), \Delta_0 = p, i = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

де $\pm S_i$ - поточна часткова різниця зі знаком, сформована на i -му кроці оброблення, причому

$$S_i = S_i^+ - S_i^-, \quad (3)$$

де S_i^+ , S_i^- - поточні часткові тривалості (суми) відповідно додатних та від'ємних груп часових інтервалів.

Отже, на кожному кроці виконується перевірка співвідношення:

$$\Delta_i \leq 0. \quad (4)$$

Справедливість формул (2), (3), (4) можна довести виконанням таких перетворень основного співвідношення (1), а саме

$$\sum_{i=1}^{2n} (\pm a_i) = S = S_1 + S_2 + \dots + S_n. \quad (5)$$

Оскільки $p - \sum_{i=1}^{2n} (\pm a_i) \leq 0$, то вираз (1) можна записати таким чином:

$$\Delta = p - S \leq 0, \quad (6)$$

а потім виконати такі перетворення (6) з урахуванням виразів (3) і (5):

$$\begin{aligned} \Delta &= p - (S_1 + S_2 + \dots + S_n) = (\dots((p - S_1) - S_2) - \dots - S_n) = [\dots[[p - (S_1^+ - S_1^-)] - \\ &- (S_2^+ - S_2^-) - \dots - (S_n^+ - S_n^-)] = (p - S_1^+ + S_1^- - S_2^+ + S_2^- - \dots - S_n^+ + S_n^-) = \\ &= [p - (S_1^+ + S_2^+ + \dots + S_n^+) + (S_1^- + S_2^- + \dots + S_n^-)] = \{p - [(S_1^+ + S_2^+ + \dots + S_n^+) - \\ &- (S_1^- + S_2^- + \dots + S_n^-)]\}. \end{aligned}$$

Отже,

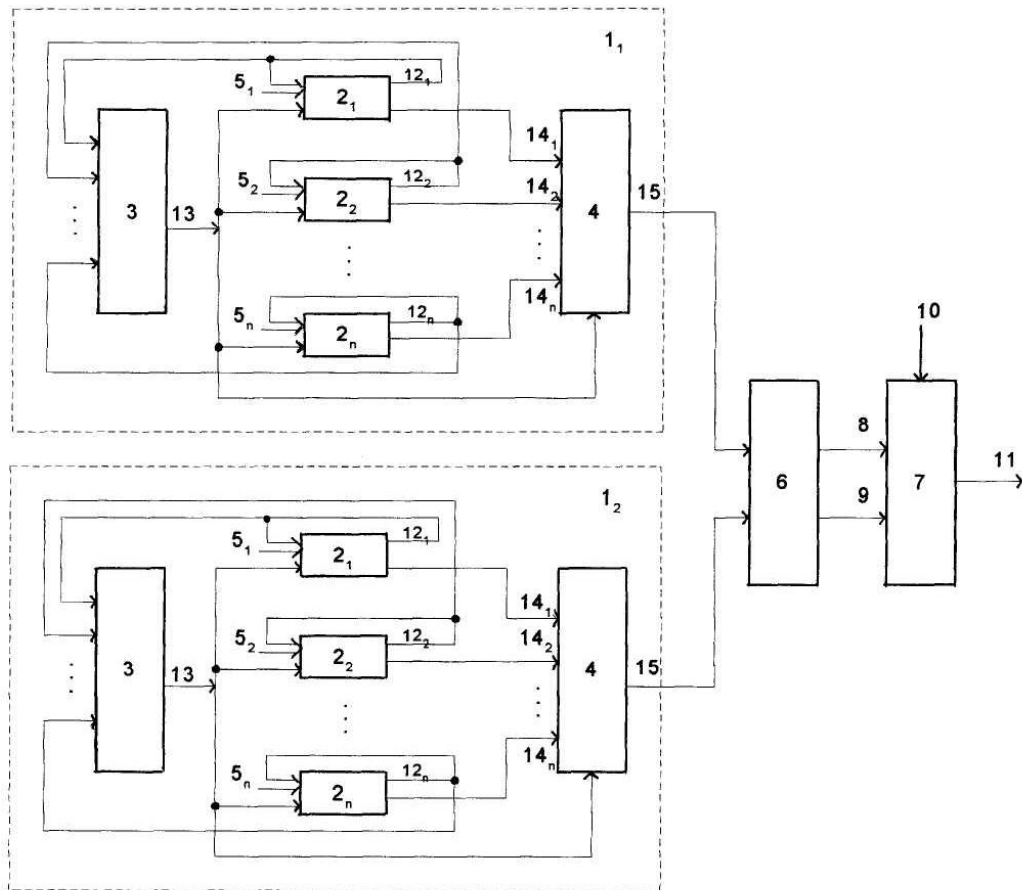
$$\Delta = p - (S^+ - S^-), \quad (7)$$

де S^+ , S^- - кінцеві накопичені суми відповідно додатних та від'ємних груп часових інтервалів, а саме $S^+ = S_1^+ + S_2^+ + \dots + S_n^+$, $S^- = S_1^- + S_2^- + \dots + S_n^-$. З іншого боку

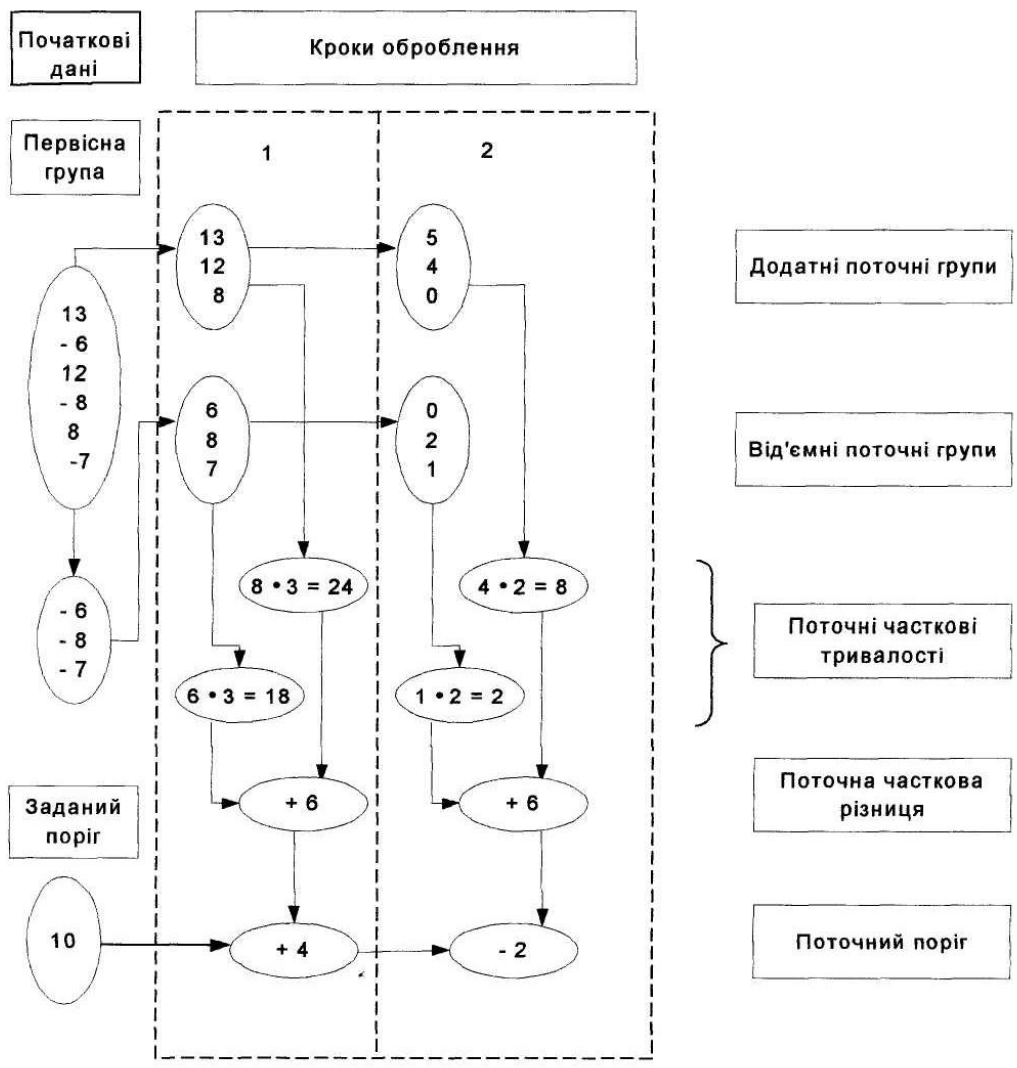
$$\Delta = \Delta_n = \Delta_{n-1} - S_n, \quad (8)$$

тобто сформувавши кінцеве значення поточного порогу Δ можна двома способами: за виразом (7) і за виразом (8). Якщо діяти за виразом (7), то необхідно спочатку сформувавши за n кроків відповідні кінцеві суми S^+ і S^- , а потім визначити значення Δ і проаналізувати його на відповідність виразу (6). Якщо діяти за виразом (8), то необов'язково формувати кінцеве значення Δ , оскільки можна перевіряти на кожному i -му кроці виконання співвідношення (4).

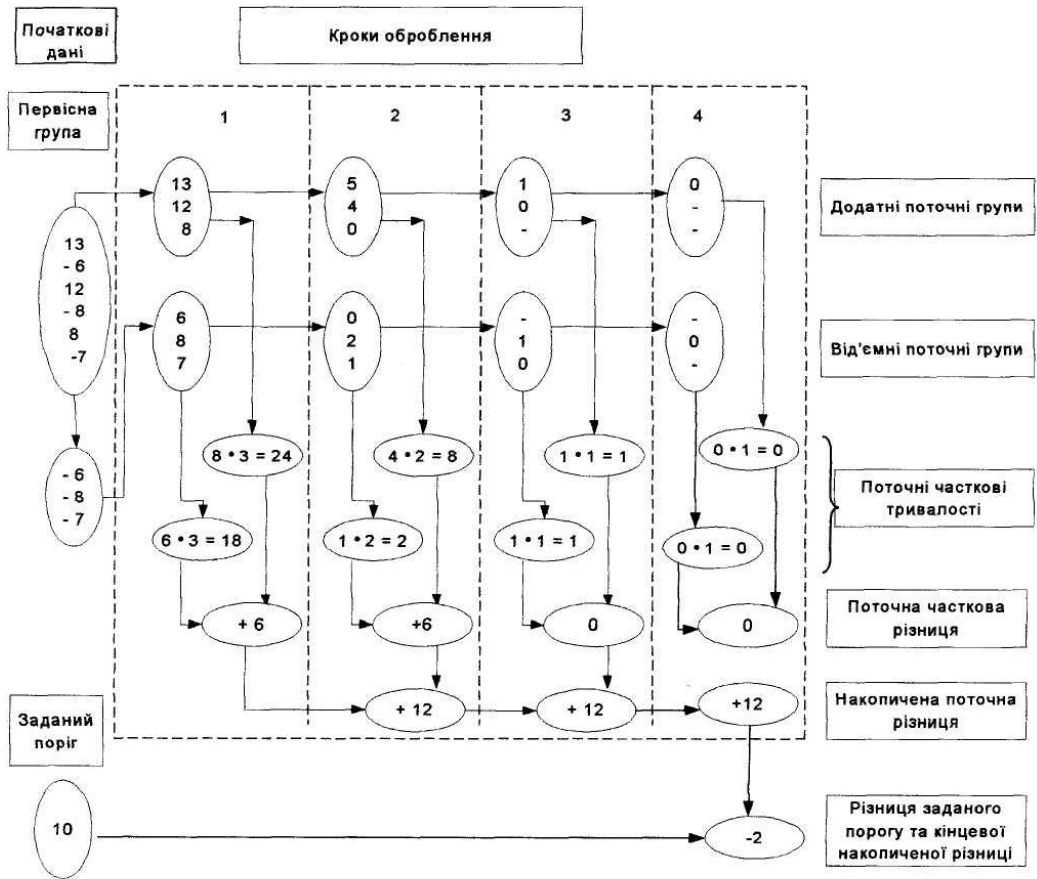
Запропонований спосіб дозволяє розширити функціональні можливості способу, зокрема при моделюванні нейронних та нейроподібних мереж, в яких використовується механізм латерального гальмування, за рахунок оброблення як додатних, так і від'ємних тривалостей часових інтервалів в результаті порівняння на кожному кроці оброблення поточної часткової різниці із поточним порогом і формування поточного підсумкового сигналу, який дорівнює одиниці тільки тоді, коли отримана поточна різниця більше або дорівнює порогові оброблення. Таким чином, немає необхідності у формуванні кінцевої накопиченої різниці тривалостей додатної та від'ємної груп часових інтервалів, якщо отримано в процесі додавання одиничне значення підсумкового сигналу.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3