

Винахід відноситься до автоматики та обчислювальної техніки та може бути використаний в обчислювальних пристроях для процесу порогового оброблення 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 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.

Недоліком даного способу є обмежені функціональні можливості через формування з малою точністю суми тривалостей початкової групи.

Відомий спосіб паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів (а. с. СРСР № 1119035, кл. G 06 G 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, який 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 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. G 06 G 7/14, 2001), 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 тривалостей із порогом обробки і формують поточний підсумковий сигнал, який дорівнює одиниці, якщо сума поточних часткових 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 в ньому на кожному кроці оброблення отримані кратні тривалості послідовно підсумовуються, тобто формується сума поточних часткових тривалостей, що в свою чергу, збільшує час оброблення.

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 поточної часткової тривалості групи часових інтервалів, порівняння її із поточним порогом, а також формування поточного порогу для наступного кроку оброблення шляхом віднімання поточної часткової тривалості від поточного порогу і формування підсумкового сигналу, що дорівнює одиниці тільки тоді, коли різниця, отримана в результаті вищезазначеного віднімання, менше або дорівнює нулю, що дозволяє завершити процес оброблення при наявності одиничного підсумкового сигналу без формування кінцевої суми тривалостей групи часових інтервалів, що призводить до прискорення способу за рахунок виконання паралельного порогового оброблення.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, 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, а також формують поточний підсумковий сигнал, далі зазначені дії повторюють для кожної нової поточної групи часових інтервалів до формування підсумкового сигналу, що дорівнює одиниці, або у протилежному випадку до виділення інтервалу найменшої тривалості, який дорівнює нулю, крім того на кожному кроці оброблення виконують порівняння отриманої поточної часткової тривалості із поточним порогом і формують новий поточний поріг шляхом віднімання від поточного порогу поточної часткової тривалості, при цьому поточний підсумковий сигнал дорівнює одиниці, якщо отриманий поточний поріг є від'ємною або нульовою величиною, і дорівнює нулю, якщо отриманий поточний поріг є додатною величиною, причому на першому кроці отриману поточну часткову тривалість порівнюють із заданим порогом шляхом віднімання її від заданого порога.

На фіг. 1 зображена блок-схема пристрою, який реалізує спосіб порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, на фіг. 2, 3 схематично представлено два варіанта порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, які дорівнюють 11, 3, 5, 8, 15, і порогу, який дорівнює 31.

Пристрій (фіг. 1), що реалізує даний спосіб порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, містить: входи $1_1, \dots, 1_n$ тривалостей часових інтервалів первісної групи, схеми $2_1, \dots, 2_n$ віднімання (де n - максимальна кількість тривалостей в групі часових інтервалів) для виділення різниці між тривалостями окремих інтервалів групи та інтервалом найменшої тривалості поточної групи, схему 3 порівняння для виділення інтервалу найменшої тривалості поточної групи, схему 4 формування поточної часткової тривалості, тобто для

множення найменших тривалостей на кількість часових інтервалів у поточній групі, схему 5 порогового оброблення для формування різниці між поточним пороговим значенням та поточною частковою тривалістю. Вихід 6 схеми 5 порогового оброблення є виходом пристрою, другі входи схем $2_1, \dots, 2_n$ віднімання з'єднані з виходом 7 схеми 3 порівняння, який також підключений до входу схеми 4 формування поточної часткової тривалості, а 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. Виходи групи ознак схем $2_1, \dots, 2_n$ віднімання з'єднані з групою входів $9_1, \dots, 9_n$ схеми 4 формування поточної часткової тривалості, вихід 10 якої підключений до першого входу схеми 5 порогового оброблення, другий вхід якої підключений до входу 11 порогового значення пристрою і до інформаційного виходу 12 схеми 5 порогового оброблення.

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 часткову тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі. Так формують першу поточну часткову тривалість групи часових інтервалів. Далі формують різницю між заданим порогом та отриманою поточною частковою тривалістю, ця різниця буде використовуватись як поточний поріг на наступному кроці оброблення. Якщо отримана різниця виявляється меншою або рівною нулю, то процес оброблення припиняється з формуванням одиничного підсумкового сигналу. У протилежному випадку формується нульовий підсумковий сигнал і процес оброблення продовжується.

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 другу поточну часткову тривалість, яка є кратною цій найменшій тривалості, шляхом множення її на кількість часових інтервалів у групі. Далі формують різницю між поточним порогом, який був отриманий на попередньому кроці, та другою поточною частковою тривалістю, ця різниця буде використовуватись як поточний поріг на наступному кроці оброблення. Якщо отримана різниця виявляється меншою або рівною нулю, то процес оброблення припиняється з формуванням одиничного підсумкового сигналу. У протилежному випадку формується нульовий підсумковий сигнал і процес оброблення продовжується.

Зазначені дії повторюють на кожному кроці оброблення для кожної нової групи часових інтервалів до формування підсумкового сигналу, що дорівнює одиниці, або, у протилежному випадку, до виділення інтервалу найменшої тривалості, що дорівнює нулю.

Отже, на першому кроці оброблення проводиться порівняння із заданим порогом, який задається на початку процесу додавання. При цьому, якщо значення різниці між поточним порогом та поточною частковою тривалістю 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 тривалістю.

Розглянемо порогове паралельне додавання тривалостей групи, яка складається, наприклад, із п'яти часових інтервалів (фіг. 1). Додаються інтервали з тривалостями, які дорівнюють 11, 3, 5, 8, 15, а значення порогу дорівнює 31 (фіг. 2). Дані п'ять тривалостей подаються відповідно на входи $1_1, \dots, 1_5$, внаслідок чого створюється первісна група для додавання. Оскільки в початковому стані на виході 7 схеми 3 порівняння присутня нульова тривалість, то на першому кроці оброблення від кожної початкової тривалості віднімається нуль зі схеми 3 порівняння, і на виходах $8_1, \dots, 8_5$ схем $2_1, \dots, 2_5$ формуються різниці, які фактично дорівнюють початковим тривалостям часових інтервалів.

Ці тривалості, які дорівнюють 11, 3, 5, 8, 15, 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 7 схеми 3 порівняння на входи схеми 4 формування поточної часткової тривалості, де формується поточна тривалість 15, яка визначається кількістю тривалостей первісної групи, а саме, кількістю одиничних сигналів на входах $9_1, \dots, 9_5$ схеми 4 формування поточної часткової тривалості. 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 першою поточною частковою тривалістю. Вона подається з виходу 10 схеми 4 на перший вхід схеми 5 порогового оброблення. На виході 12 схеми 5 формується різниця між заданим порогом 31, який подається з виходу 11 пристрою на другий вхід схеми 5 порогового оброблення, та першою поточною частковою тривалістю 15. Отримана різниця $16 (31-15=16)$ є поточним порогом на другому кроці оброблення. На виході 6 пристрою формується нульовий підсумковий сигнал ($16 > 0$).

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 7 на схему 4, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах $9_1, \dots, 9_5$ чотирикратна мінімальна тривалість другої групи, в даному випадку 8, яка є другою поточною частковою тривалістю. Ця тривалість подається з виходу 10 схеми 4 на перший вхід схеми 5 порогового оброблення. На виході 12 схеми 5 формується різниця між поточним порогом 16, який подається на другий вхід схеми 5, та другою поточною частковою тривалістю 8. Отримана різниця $8 (16-8=8)$ є поточним порогом на третьому кроці оброблення. На виході 6 пристрою формується нульовий підсумковий сигнал ($8 > 0$).

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 7 на схему 4, де формується за кількістю одиничних сигналів на входах $9_1, \dots, 9_5$ трикратна мінімальна тривалість третьої групи, в даному випадку 9, яка є третьою поточною частковою тривалістю групи. Ця тривалість подається з виходу 10 схеми 4 на перший вхід схеми 5

порогового оброблення. На виході 12 схеми 5 формується різниця між поточним порогом 8, який подається на другий вхід схеми 5 порогового оброблення, та третьою поточною частковою тривалістю 9. Отримана різниця -1 ($9-8=-1$) є поточним порогом на наступному кроці оброблення. На виході 6 пристрою формується одиничний підсумковий сигнал ($-1 < 0$) і 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 - i -та тривалість часових інтервалів первісної групи, n - кількість тривалостей у групі часових інтервалів.

Суму тривалостей часових інтервалів первісної групи можна визначити у такий спосіб:

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

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

На останньому кроці перевіряється умова

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

Вираз (3) можна переписати у вигляді

$$\Delta = (\dots((p - S_1) - S_2) - \dots - S_N).$$

Тоді на кожному j -му кроці оброблення необхідно перевірити слушність умови

$$\Delta_j = \Delta_{j-1} - S_j \leq 0, \quad j = \overline{1, N},$$

де $\Delta_0 = p$.

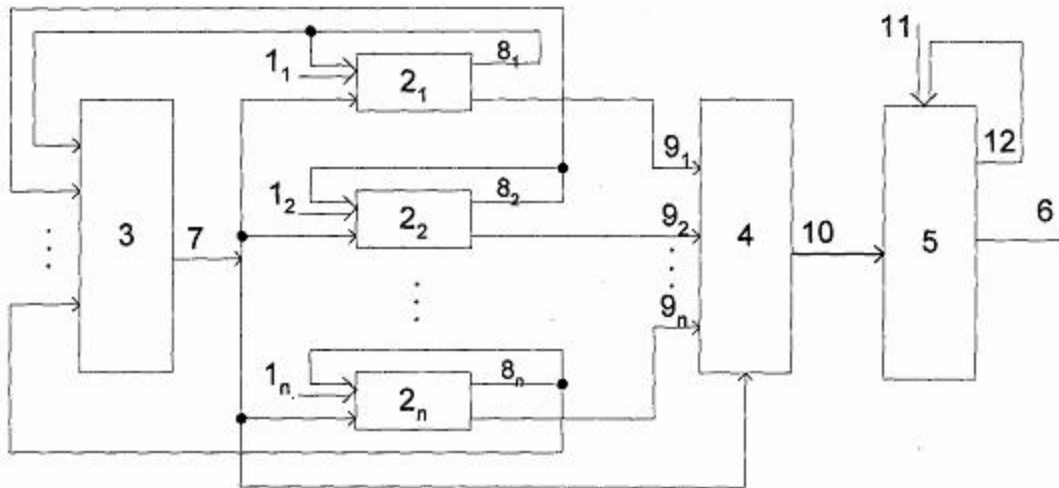
У способі, який вибраний в якості прототипу, на кожному j -му кроці оброблення перевіряється слушність умови (фіг. 3)

$$p - S_j \leq 0,$$

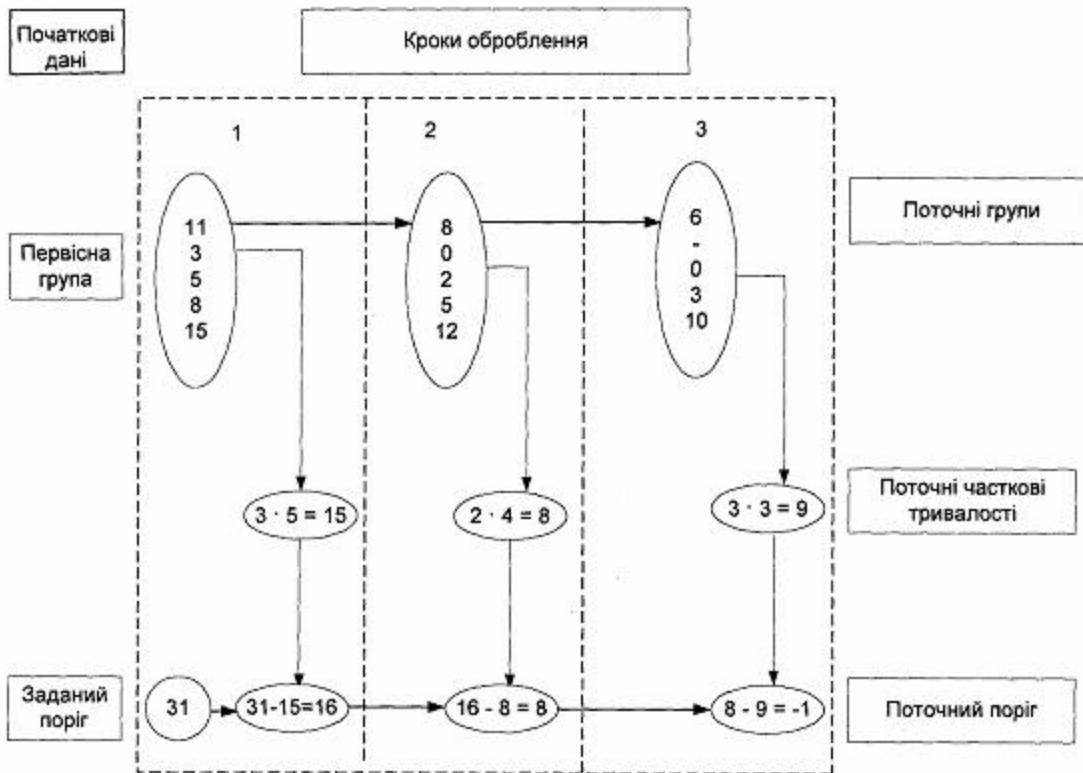
де

$$S_j = \sum_{k=1}^j S_k. \quad (4)$$

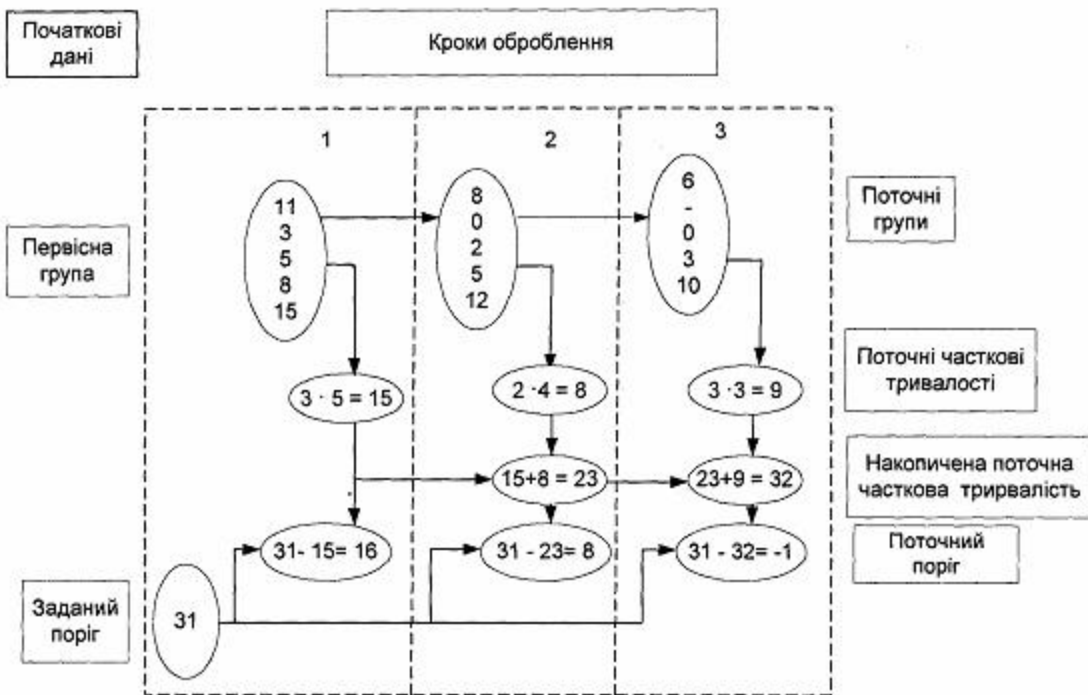
Запропонований спосіб дозволяє прискорити процес порогового паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, зокрема, у нейронних мережах, за рахунок відмови від накопичення поточних часткових тривалостей (4) на кожному кроці оброблення, тобто скорочення часу кожного циклу.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3