

DOI 10.36074/logos-19.03.2021.v2.32

ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНА ОБРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ ПРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

Мартинюк Тетяна Борисівна

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри обчислювальної техніки
Вінницький національний технічний університет

Микитюк Максим Васильович

аспірант кафедри обчислювальної техніки
Вінницький національний технічний університет

Зайцев Микола Олександрович

аспірант кафедри обчислювальної техніки
Вінницький національний технічний університет

УКРАЇНА

Вступ. Просторово-розподілена обробка матричних (двовимірних) числових даних при апаратній реалізації забезпечує такі переваги, як паралелізм обробки як по стовпцях, так і по рядках матриці даних, а внаслідок цього значну швидкість, а також регулярність структури відповідних обчислювальних засобів. Крім того, значно спрощується процес «розташування» таких засобів у сучасних програмованих логічних ІС (ПЛІС) [1].

В даній роботі розглядається застосування просторово-розподіленої обробки елементів дискримінантних функцій (ДФ), що ефективно використовуються при класифікації об'єктів за детермінованими ознаками. Одним з прикладів такого підходу є медичне діагностування захворювань [2,3].

Мета роботи. Метою роботи є аналіз особливостей просторово-розподіленої обробки елементів ДФ у матричному вигляді для апаратної реалізації класифікатора об'єктів.

Матеріали та методи. В основі запропонованої просторово-розподіленої обробки матричних числових даних використано різницево-зрізову обробку [4], яка поширена на матричну обробку двовимірного масиву даних.

На рис. 1 наведено графічне представлення просторово-розподіленої обробки матричного масиву даних розмірністю $m \times n$ елементів, де m – кількість класів, n – кількість ознак об'єктів, які подаються відповідним вхідним вектором X . Таким чином у вигляді матриці A^0 представлено m лінійних ДФ вигляду:

$$ЛДФ_i = w_{i1} \cdot x_1 + \dots + w_{ij} \cdot x_j + \dots + w_{in} \cdot x_n, i = \underline{1, m}, \quad (1)$$

де x_j – j -й елемент вхідного вектора X ; w_{ij} – коефіцієнт (вага) j -го елемента x_j ; m – кількість класів (груп).

Отже, для матриці A^0 , яка є початковою матрицею, її елементи a_{ij}^0 у відповідності з виразом (1) визначаються таким чином:

$$a_{ij}^0 = w_{ij} \cdot x_j. \quad (2)$$

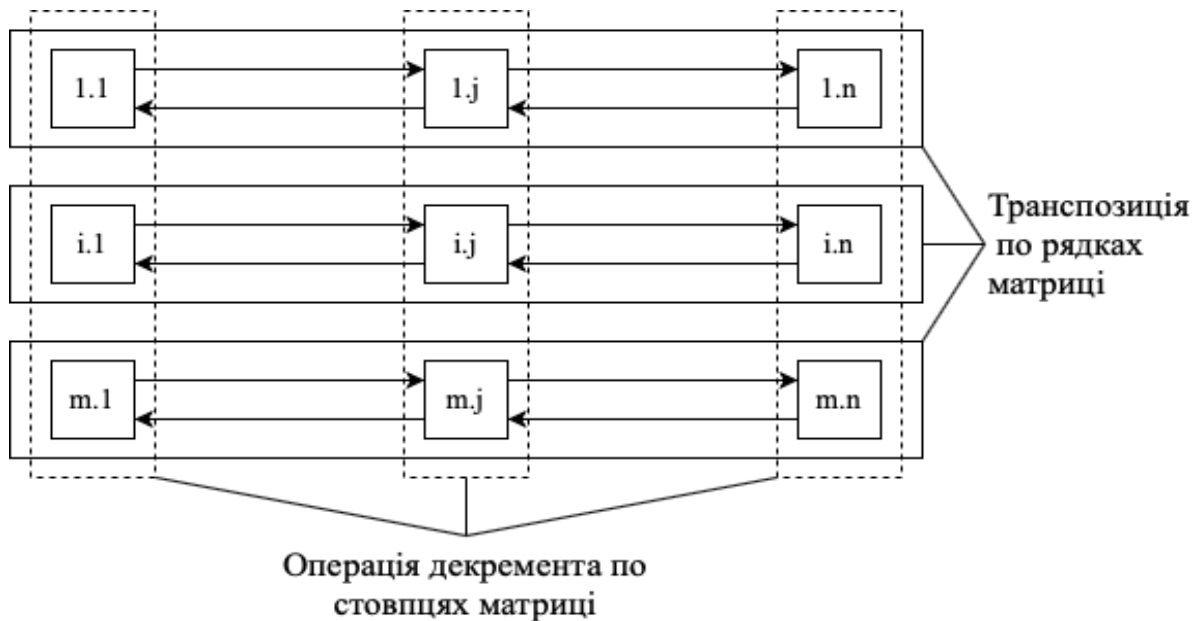


Рис 1. Просторово-розподілена обробка матричного масиву даних за різницеvими зрізами

В якості базового, враховуючи детерміновані ознаки при класифікації за ДФ, прийнято таке вирішальне правило:

$$y_l = \{1 | \max \text{ЛД}\Phi_l, l = \underline{1, m}\} \Rightarrow X \in C_l, \quad (3)$$

де X – вхідний вектор ознак об'єктів; $C = \{C_1, \dots, C_m\}$ – множина класів; $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$ – вихідний вектор ознак.

Таким чином, максимальній за величиною $\text{ЛД}\Phi_l$ відповідає одиничне значення вихідного сигналу y_l , що свідчить про належність вхідного об'єкта X до класу C_l . В результаті переходу до матричного представлення m лінійних ЛДФ (рис. 1) кожний i -й рядок матриці відповідає елементам a_{ij}^0 (2) i -ї ЛДФ (1). Враховуючи те, що для формування єдиного одиничного вихідного сигналу y_l необхідно визначити максимальну серед m ЛДФ _{i} , розглянемо базові положення запропонованої просторово-розподіленої обробки матричних числових даних.

Для цього будемо розглядати кожну з m ЛДФ _{i} (1) як суму доданків таким чином:

$$A_i^0 = a_{i1}^0 + \dots + a_{ij}^0 + \dots + a_{in}^0, \quad i = \underline{1, m}. \quad (4)$$

Відомо, що в процесі порівняння декількох числових величин вигляду A_i^0 , $i = \underline{1, m}$, їх можна одночасно зменшувати на конкретну величину, оскільки визначальним є співвідношення ($>$), а не величина різниці між ними.

Крім того, лінійність ДФ _{i} у вигляді суми A_i^0 (4) дозволяє застосовувати до кожної з них властивості асоціативності та комутативності [5], тобто одночасно зменшувати однойменні доданки a_{ij}^0 всіх сум A_i^0 на конкретну величину, а також змінювати положення (позицію) доданків a_{ij}^0 (реверсивно зсувати), оскільки такі дії не призведуть до втрати правильного співвідношення ($>$) між величинами A_i^0 .

Такий підхід дозволяє не тільки перейти до представлення та обробки масиву $m \times n$ A_i^0 (4) у вигляді матриці A^0 (рис. 1), але й визначити базові операції, що здійснюються над її елементами a_{ij}^0 :

1) визначається мінімальний (ненульовий) елемент у кожному стовпці матриці;

2) виконується корекція однойменних елементів стовпців матриці за рахунок зменшення їх величини на відповідний мінімальний елемент;

3) виконується впорядкування матриці в процесі транспозиції (просування) праворуч до краю нульових елементів у кожному рядку матриці.

Перші дві операції можна виконати одночасно, застосовуючи відому операцію декремента, тобто одночасного зменшення на одиницю всіх елементів a_{ij}^0 відповідного стовпця A_j^0 матриці до обнуління хоча б одного з елементів. Третя операція виконується як перекомутація сусідніх елементів у кожному рядку A_i^0 матриці.

Перед кожною транспозицією перевіряється умова наявності хоча б одного нульового рядка, а також умова обнуління всіх рядків матриці. Весь процес обробки елементів вхідної матриці виконується до повного обнуління її рядків, а сигнали ознаки нуля елементів цих рядків в подальшому використовуються для формування вихідних сигналів у класифікатора.

На рис. 1 показано по стовпцях і рядках матриці базові операції просторово-розподіленої обробки матричних даних, а саме, операцію декремента і транспозиції. Після кожного циклу, в якому виконується операція декремента в усіх стовпцях матриці, формується нова матриця A^t , $t = \underline{1, N}$, яка фактично представляє поточний двовимірний різницевий зріз (РЗ), який впорядковується застосуванням операції транспозиції в усіх рядках поточної матриці.

Результати та обговорення. У роботі [6] досліджено часові залежності обробки за РЗ елементів матриці, а також виконано порівняльний аналіз класичного методу обробки ДФ і методу обробки ДФ за РЗ. Так часові характеристики процесу обробки елементів матриці за РЗ складають $O\left(\frac{mn}{2}\right)$, тобто залежать від розмірності матриці.

Разом з тим, запропонований процес просторово-розподіленої обробки матричних даних на базі РЗ має таку структуру інформаційних залежностей, яка сприяє його ефективному «розміщенню» у двовимірній організованій структурі ПЛІС. Для прикладу було промодельовано з використанням VHDL – редактора процес обробки за РЗ матриці розмірністю 4×8 чисел розрядністю 8 біт. Числові дані було взято з прикладу медичного діагностування 4-х захворювань за 8-ма симптомами [2]. Результат моделювання показав час спрацювання ~ 10.5 нс при частоті 100 МГц для ПЛІС сімейства Spartan-6. Це свідчить про перспективні можливості використання просторово-розподіленої обробки значних двовимірних масивів даних при класифікації об'єктів.

Висновки. У запропонованому просторово-розподіленому способі обробки матричних даних не використовується «накопичення» суми добутків при обчисленні ЛДФ з подальшим вибором максимальної серед них, що характерно для класичного методу класифікації за ДФ. Для обробки за РЗ характерним є використання таких нескладних операцій, як декремент і транспозиція, які виконуються паралельно відповідно по стовпцях і рядках матриці. Така властивість обробки за РЗ двовимірних даних забезпечує регулярність структури при апаратній реалізації класифікатора об'єктів.

Список використаних джерел:

- [1] Грушвицкий, Р. И., Мурсаев, А. Х. & Угрюмов, Е. Л. (2002). Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. С.-Петербург: БХВ – Петербург.
 - [2] Юнкеров, В. И. & Григорьев, С. Г. (2002). *Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований*. С.-Петербург: ВМедА.
 - [3] Рангайян, Р. Н. (2007). *Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход*. Москва: ФИЗМАТЛИТ.
 - [4] Мартынюк, Т. Б., Кожемяко, А. В. & Куперштейн, Л. М. (2018). *Аспекты разностно-срезовой обработки данных в нейроструктурах*. LAMBERT Academic Publishing RU.
 - [5] Зубчук, В. И., Сигорский, В. П. & Шкуро, А. Н. (1990). *Справочник по цифровой схемотехнике*. Киев: Техника.
 - [6] Мартинюк, Т. Б., Кожемяко, А. В. & Позднякова, Т. Ю. (2015). Особливості двовимірного оброблення даних за різницевиими зрізами *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, №(1)(29), 10-17.
-