

# МАТРИЧНІ СТРУКТУРИ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБРАЗІВ ЗА МЕТОДОМ РІЗНИЦЕВИХ ЗРІЗІВ

Тетяна Мартинюк, Антоніна Буда, Віктор Хом'юк,  
Андрій Кожем'яко, Жанна Бітюкова

Вінницький національний технічний університет  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: (0432)598718  
Факс: (0432)465772, E-mail: vikira@svitonline.com

## Abstract

In the article the basic scheme of matrix structure for pattern recognition is given. Basic principles and features of bioelectric signal classification by the method of difference slices are considered.

## ВСТУП

На сьогоднішній день задача класифікації образів є актуальною в цілому ряді галузей: від оброблення біомедичних сигналів для діагностування стану пацієнта до аналізу та розпізнавання сигналів та зображень в системах технічного зору та штучного інтелекту. У зв'язку з цим існує необхідність в розробленні нових алгоритмів та створенні нових засобів класифікації образів з розширеними інтелектуальними можливостями. Особливий інтерес з цієї точки зору представляє нейромережевий підхід з його розвинутими програмними та апаратними можливостями [1].

В задачах розпізнавання та класифікації образів має місце оброблення набору багатовимірних вхідних сигналів, який може бути представлений векторним масивом або двовимірною матрицею [2]. В свою чергу, кожний векторний масив представляє собою набір дискретизованих значень параметрів або ознак, які характеризують деякий об'єкт (образ). Такими параметрами можуть бути часові затримки, амплітуда, частотні змінні сигналів або відомості щодо яскравісних, контурних, кольорових, текстурних та інших ознак об'єкта.

В даній роботі наводиться приклад класифікації біоелектричних сигналів (БЕС) з використанням дискримінантного аналізу, при

цьому класифікатор БЕС розглядається як система розпізнавання з навчанням [3], що забезпечує його реалізацію у вигляді багатощарової нейромережі.

## 1. КЛАСИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ОБРАЗІВ

В роботі [3] наводиться математична модель класифікації  $d$ -вимірного образу  $Z = [Z_1, \dots, Z_d]$  по  $L$  класах  $C = [C_1, \dots, C_L]$ , де належність образу  $Z$  до класу  $C_{i_0}$  визначається за максимумом функцій

$$\max_i g_i(Z) = g_{i_0}(Z) \quad (1)$$

у системі дискримінантних функцій  $g_i(Z)$  вигляду

$$\begin{cases} g_1(Z) = w_{11}z_1 + w_{12}z_2 + \dots + w_{1d}z_d - \Theta_1, \\ g_2(Z) = w_{21}z_1 + w_{22}z_2 + \dots + w_{2d}z_d - \Theta_2, \\ \dots \\ g_L(Z) = w_{L1}z_1 + w_{L2}z_2 + \dots + w_{Ld}z_d - \Theta_L, \end{cases} \quad (2)$$

де  $w_{i,j}, \Theta_i$  – вагові коефіцієнти і пороги класифікатора відповідно,  $i = \overline{1, L}, j = \overline{1, d}$ .

Як правило, дискримінантні функції  $g_i(Z)$ , які позначають границі образів  $Z$ , вагові коефіцієнти  $w_{ij}$  і пороги  $\Theta_i$  визначаються в процесі навчання класифікатора на базі деяких апріорних даних, які отримані шляхом дослідів. В даному способі процедури

формування зважених сум ознак та пошуку серед них максимальної виконуються двома окремими обчислювальними блоками цифрового фільтра обчислення дискримінантних функцій: блоком накопичення у вигляді піраміди суматорів зважених ознак образу і блоком вибору максимуму (1) [3]. До переваг даного методу класифікації (дискримінації) можна віднести мінімальну кількість апріорної інформації про статистику сигналів.

Разом з тим, існує підхід, який дозволяє не «виросувати»  $L$  сум виду  $g_i(Z)$  і потім порівнювати їх між собою для визначення максимальної серед них, а розпочати їхнє порівняння ще в процесі підсумовування. Цей підхід використовує оброблення векторних масивів даних за методом різницевого зрізів (РЗ) [4].

## 2. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА МЕТОДОМ РІЗНИЦЕВИХ ЗРІЗІВ

У роботі [5] запропоновано спосіб класифікації образів за принципом формування РЗ для випадку, коли вхідний набір векторних масивів зважених ознак подано у вигляді двовимірної матриці розміром  $m \times n$

$$A^0 = \begin{pmatrix} a_{1,1}^0 & \dots & a_{1,j}^0 & \dots & a_{1,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i,1}^0 & \dots & a_{i,j}^0 & \dots & a_{i,n}^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m,n}^0 & & a_{m,j}^0 & & a_{m,n}^0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1^0 \\ \vdots \\ A_i^0 \\ \vdots \\ A_m^0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

елементи  $a_{i,j}^0$  якої отримано в результаті векторно-матричного перемноження вхідного образу як векторного масиву

$$Z = [Z_1, \dots, Z_d] \quad (4)$$

і матриці вагових коефіцієнтів

$$W = \begin{pmatrix} w_{1,1} & \dots & w_{1,n} \\ \vdots & & \vdots \\ w_{m,1} & \dots & w_{m,n} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

На рис. 1 показано базову структурну схему для способу класифікації образів за методом РЗ. Отже, на інформаційних виходах  $4_{ij}$  помножувача 1 формуються векторні масиви зважених елементів виду

$$A_i^0 = (a_{i,1}^0, \dots, a_{i,j}^0, \dots, a_{i,n}^0), \quad i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

які записують у відповідні обчислювальні комірки матриці 6.

Належність вхідного образу  $Z$  до певного класу визначається в результаті ітераційного оброблення матриці  $A^0$ , причому кожний цикл складається з трьох основних операцій:

а) формування вектор-рядка мінеlementів

$$\text{Min}^{t-1} = (\min_1^{t-1}, \dots, \min_n^{t-1}), \quad t = \overline{1, N}, \quad (7)$$

де  $\min_j^{t-1}$  –  $j$ -й мінеlement;  $N$  – кількість циклів оброблення; причому  $\min_j^{t-1} = \min_i a_{i,j}^{t-1}$ .

б) формування різницевого зрізу

$$\bar{A}^t = \begin{pmatrix} a_{1,1}^{t-1} - \min_1^{t-1} & \dots & a_{1,n}^{t-1} - \min_n^{t-1} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m,1}^{t-1} - \min_1^{t-1} & \dots & a_{m,n}^{t-1} - \min_n^{t-1} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

в) формування впорядкованої матриці після транспозиції (просування) праворуч до краю всіх нульових елементів векторних масивів  $\bar{A}_i^t$ .

Перед кожною транспозицією перевіряють умову отримання векторного масиву  $\bar{A}_i^t$  зважених ознак, всі елементи якого мають нульові значення. Виконання цієї умови є ознакою наявності мінімальної суми елементів відповідного векторного масиву серед тих

масивів, що приймали участь в обробленні в даному циклі. Такий векторний масив виключають з процесу оброблення і в подальшій роботі алгоритму він участі не приймає. Послідовність вищезазначених операцій повторюють до отримання останнього масиву  $\bar{A}^l$  зважених ненульових елементів, що є ознакою належності вхідного масиву даних (образу) до відповідного  $l$ -го класу.

Перераховані основні операції реалізуються в обчислювальних комірках матриці 6 [6], а структура обчислювального

блока 10, який містить блок 11 аналізу, блок 12 рангів і блок 13 порогового оброблення, свідчить про широкі функціональні можливості оброблення векторних масивів даних за РЗ.

Так одинична інформація на  $l$ -му виході  $18_l$  визначає належність вхідного масиву до  $l$ -го класу, а на виходах  $17_1, \dots, 17_m$  фіксуються ранги відповідних векторних масивів  $A_1^0, \dots, A_m^0$  за сумою їхніх елементів.

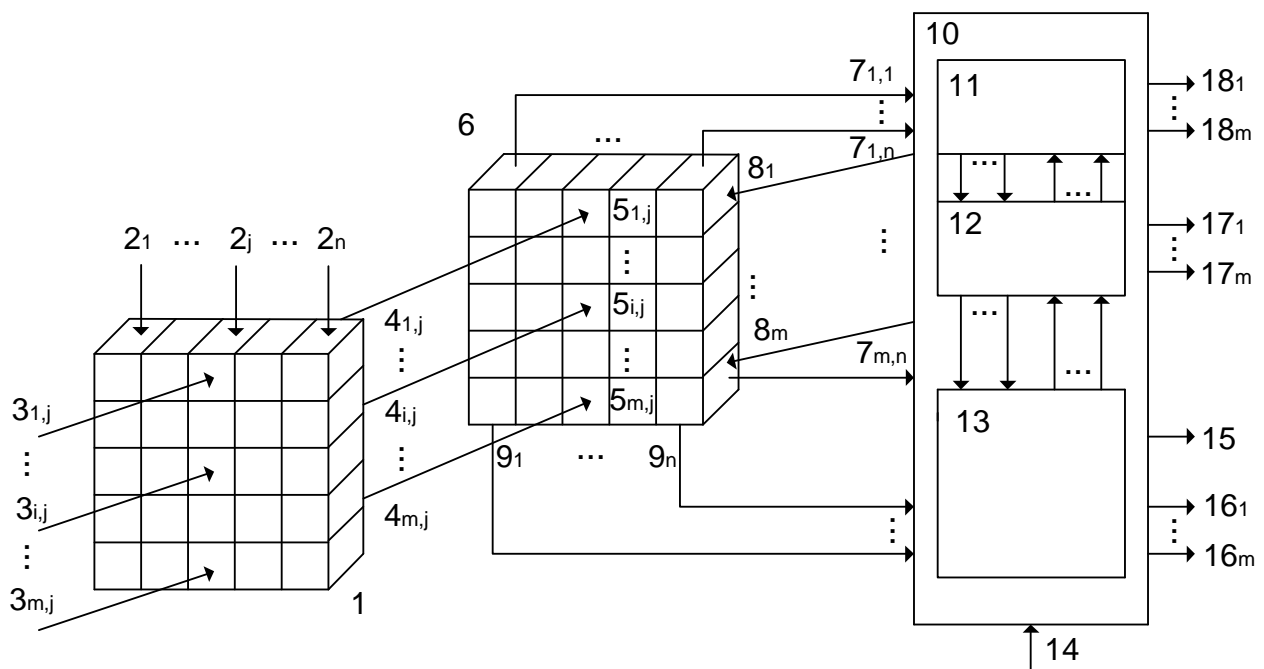


Рис.1. Базова структурна схема для класифікації образів:

1 – помножувач;  $2_j$  – входи для елементів вхідного векторного масиву даних  $Z$  ( $n$ -вимірний образ);  $3_{ij}$  – входи для вагових коефіцієнтів  $w_{ij}$ ;  $4_{ij}$  – інформаційні виходи помножувача;  $5_{ij}$  – інформаційні входи обчислювальної матриці; 6 – матриця обчислювальних комірок;  $7_{ij}$  – вихід ознаки нуля ( $i, j$ )-ої комірки;  $8_i$  – входи заборони  $i$ -го рядка матриці 6;  $9_j$  – вихід  $j$ -го мінеlementa; 10 – обчислювальний блок; 11 – блок аналізу; 12 – блок рангів; 13 – блок порогового оброблення; 14 – вхід порогу; 15 – вихід сигналу  $Y$ ;  $16_i$  – вихід суми елементів  $i$ -го масиву  $A_i^0$ ;  $17_i$  – вихід рангу  $i$ -го масиву  $A_i^0$ ;  $18_i$  – вихід ознаки нуля  $i$ -го масиву  $A_i^0$ .

Блок 13 порогового оброблення дозволяє не тільки враховувати зовнішній поріг  $\Theta$  оброблення на вході 14 і формувати одиничний сигнал  $Y$  на виході 15 у випадку перевищення порогу максимальною сумою елементів масиву  $A_i^0$ , але й сформувати дискримінантні функції  $g_i(Z)$  на відповідних виходах  $16_i (i = \overline{1, m})$  за необхідністю.

Моделювання розробленого алгоритму в середовищі Microsoft Visual C++ 6.0 показало, що його часові характеристики залежать не тільки від розмірності вхідного масиву даних, але й від закону розподілення чисел у вхідному масиві та величини зовнішнього порогу оброблення. А це робить процес розпізнавання образів за методом РЗ в деякій мірі адекватним процесу оброблення та аналізу даних у нейробіологічних системах [7], оскільки виділення та вилучення у масивах даних загальних складових у вигляді мінімальних величин за наведеним способом подібне до визначення загальних та відмінних ознак при аналізі та розпізнаванні образів людиною [8].

## ВИСНОВОК

В роботі запропоновано варіант цифрового фільтра обчислення дискримінантних функцій для класифікації біоелектричних сигналів у вигляді матричної структури з розширеними функціональними можливостями, максимальним рівнем розпаралелювання процесу оброблення та високим ступенем однорідності схемної реалізації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры. Кн. 3: Учеб. Пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 528 с.

2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: В 2-х кн. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.
3. Бернюков А.К., Сушкова Л.Т. Распознавание биоэлектрических сигналов// Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – № 12. – С. 47–51.
4. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В. Методи та засоби паралельних перетворень векторних масивів даних. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 203 с.
5. Мартинюк Т.Б., Павлов С.В., Бітюкова Ж.О., Белік Н.В. Паралельний метод класифікації біоелектричних сигналів за принципом різницевого зрізів//Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2004. – № 2(8). – С. 102–112.
6. Патент України 13107, G06F7/00. Комірка однорідної структури / Т.Б. Мартинюк, Ж.О. Бітюкова, М.О. Юрченко, М.М. Грендач. – №200508992; Заявлено 23.09.2005; Опубл. 15.03.2006.- Бюл. №3. – 7 с.
7. Мартинюк Т.Б. Модель порогового нейрона на основі паралельної обробки по різностним срезам//Кибернетика и системный анализ. – 2005. – №4. – С. 78-79.
8. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта: Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 568 с.