

Организация цифрового фильтра для нейросетевого классификатора биологических сигналов

К.т.н. Т.Б. Мартынюк, к.т.н. А.Г. Буда, к.т.н. В.В. Хомюк,
к.т.н. А.В. Кожемяко, А.М. Гуцал

Винницкий национальный технический университет, Украина
oeipt@vstu.vinnica.ua

Наиболее подходящим для классификации биологических сигналов (БЭС) из-за их особенности считается метод, использующий вычисление дискриминантных функций (ДФ) по исходным данным с ограниченными статистическими описаниями [1]. В этом случае нейросетевой классификатор работает по критерию минимума среднеквадратического расстояния вектора образа Z и среднего образа \overline{Z}_i , построенного с учётом опытных данных и обозначающего i – класс, что соответствует максимуму величины ДФ $g_i(Z)$. Цифровой фильтр (ЦФ) в систему ДФ $g_i(Z)$, $i = \overline{1, m}$ вида

$$\begin{aligned} g_1(Z) &= w_{11}z_1 + w_{12}z_2 + \dots + w_{1n}z_n - \theta_1 \\ &\dots \\ g_m(Z) &= w_{m1}z_1 + w_{m2}z_2 + \dots + w_{mn}z_n - \theta_m, \end{aligned} \quad (1)$$

где $w_{i,j}, \theta_i$ – весовые коэффициенты и пороги классификатора, n определяет принадлежность образа Z классу C_{i0} ($Z \in C_{i0}$) по максимуму ДФ вида

$$\max_i g_i(Z) = g_{i0}(Z). \quad (2)$$

Таким образом, входным массивом данных для ЦФ является матрица A^0 размерностью $m \times n$, элементы которой представляют собой результат перемножения матрицы весовых коэффициентов W входного образа в виде n – мерного векторного массива $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ вида

$$a_{ij} = w_{ij} \cdot z_j.$$

Использование метода обработки векторных массивов по разностным срезам (РС) [2] позволяет не только совместить выполнение базовых операций (1) и (2) ЦФ, но и отказаться от вычисления (накопления) ДФ $g_i(Z)$ вида (1), (2), а наоборот, уменьшать ДФ одновременно на величину сходства g_j^{t-1} соответствующих одноименных элементов в столбцах матрицы A^{t-1} в каждом t – м цикле обработки [3]. Такие действия по извлечению наименьших ДФ $g_i(Z)$ повторяются до тех пор, пока не останется последняя ДФ $g_l(Z)$, которая является максимальной среди всех ДФ.

Таким образом, суть обработки по РС заключается в использовании метрики сходства между элементами a_{ij}^{t-1} столбца A_j^{t-1} в виде минимального элемента g_j^{t-1} как общей части всех элементов этого столбца,

$$g_j^{t-1} = \min_i A_j^{t-1} = \min_i \{a_{i,j}^{t-1}\}_{i=1}^n, \quad t = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где A^0 – входная матрица; N – количество циклов обработки. Тогда разностный срез (РС) A_j^t в виде вектора-столбца

$$A_j^t = \{a_{i,j}^{t-1} - g_j^{t-1}\}_{i=1}^n. \quad (4)$$

Можно рассматривать как соответствующий вектор различий в t -м цикле обработки, а формирование вектора рангов $R = (r_1, r_2, \dots, r_m)^T$ соответствующих строк A_j^t матрицы A^t позволяет по его максимальному элементу зафиксировать максимальную ДФ. Поскольку в процессе итерационной обработки матрицы A^0 формируется вектор-строка величин g_j^{t-1} (3), $j = \overline{1, n}$, то используемая метрика сходства вида

$$Min^{t-1} = (g_1^{t-1}, \dots, g_n^{t-1}) \quad (5)$$

является векторной в отличие от известных скалярных метрик: метрики корреляции и т.д. [4] и подчёркивает двумерный характер обработки с использованием РС по всей матрице A^{t-1} .

В результате в составе ЦФ как матричного процессора, кроме умножителя, можно выделить вычислительный блок и блок анализа в виде соответственно двумерной и одномерной решёток ПЕ [5], которые по аналогии с двумерной картой Кохонена SOFM можно рассматривать в совокупности как карту разностных срезов DCM (Difference CutsMap).

Таким образом, для классификации БЭС с вычислением ДФ структуру ЦФ в составе нейросетевого классификатора можно организовать по принципу топографической карты, которая отличается от известной самоорганизующейся карты признаков Коханена используемым критерием соответствия, метрикой как количественной мерой сходства и принципом функционирования. Аналогичным для обеих карт является принцип реализации процедуры распознавания (классификации) образов – использование структурного (топологического) представления входных данных в виде вектора признаков.

Литература

1. Бернюков А.К., Сушкова Л.Т. Распознавание биоэлектрических сигналов//Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – № 12. – С. 47-51.
2. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В. Методи та засоби паралельних перетворень векторних масивів даних. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 203 с.
3. Патент України № 80562, МПК G06K 9/52, G06K 9/62. Спосіб класифікації образів/№ а 200503825; Заявлено 22.04.2005; Опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16. – 7с.
4. Кохонен Т. Ассоциативные запоминающие устройства: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 384 с.
5. Мартинюк Т.Б., Буда А.Г., Хом'юк В.В., Кожем'яко А.В., Бітюкова Ж.О. Матричні структури для класифікації образів за методом різницевих зрізів//Праці Восьмої Всеукр. міжнарод. конф. УкрОБРАЗ'2006. – Київ, 2006. – С. 39-42.