ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXXVII, № 1, 1984 Серия технических наук

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. И. КОРШЕНКО, А. К. АСЛАНЯН

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

Пусть имеется множество объектов, принадлежащих n различным классам

$$X = \{x_i\}, \qquad i = 1, 2, \dots, m, \tag{1}$$

где m — число возможных признаков объектов, которые могут быть использованы при распознавании.

На систему, выполняющую задачу распознавания этих объектов, воздействуют внешние условия, приводящие к изменению ее характеристик:

$$K = \{k_j\}, \qquad j = 1, 2, \dots, s, \tag{2}$$

где s — число характеристик, определяющих состояние системы. Каждый член множества K имеет ограничения на область изменения:

$$k_j^{\min} \leqslant k_j \leqslant k_j^{\max}. \tag{3}$$

Информация об объектах может поступать в систему распознавания через l параллельных каналов, или через один канал в течение l интервалов времени равной длительности

$$Y = \{y_k\}, \tag{4}$$

где $k = 1, 2, \dots, l$.

Из (1) и (2) следует, что информацию об объектах можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s); \\ y_k = f_k(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s); \\ y_l = f_l(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s). \end{cases} \tag{5}$$

Принятое решение о распознавании, в свою очередь, есть функция этой информации:

$$Z = z(y_1, y_2, \dots, y_l). \tag{6}$$

Случаи пустых множеств $\{k_j\}$ и $\{y_k\}$ можно исключить из рассмотрения, т. к. эти случаи не имеют практического значения.

Для получения (6) необходимо в явном виде представить множества $\{x_i\}$, $\{k_j\}$, $\{y_k\}$.

Предположим, что множество $\{x_i\}$ задано в спектральной области, а x_1 — наличие определенного вида модуляции сигнала и его спектральные характеристики; $\bar{x}_2$, $\bar{x}_3$, $\bar{x}_4$ — распределения спектра, соответственно, в областях нижних, средних и верхних частот; x_5 — полная энергия сигнала.

Множеством $\{k_j\}$ будем характеризовать чувствительность системы, которая может изменяться под воздействием внешних условий.

Результаты этих воздействий будем считать независимыми:

$$A = f(k_1)\cdot f(k_2), \ldots, f(k_5) = \prod_{j=1}^{5} f(k_j). \tag{7}$$

Эти функции можно представить аналитически или ступенчатой функцией:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_m, k_1, \ldots, k_j) = \prod_{j=1}^{5} f(k_j)\cdot f(x_1, x_2, \ldots, x_m). \tag{8}$$

Определение функции $f(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ может быть осуществлено, исходя из конкретного устройства распознавания.

Большинство современных устройств распознавания состоят из 3-х основных блоков: блока восприятия; блока обработки информации и запоминающего устройства (ЗУ). В ЗУ хранится информация об объекте — его образ, характеризуемый набором признаков $f_n(x)$. Информация, поступающая на вход устройства распознавания $f_{вх}(x)$, расщепляется на аналогичный набор признаков.

Можно предположить, что устройство распознавания идентифицирует объект и аналог при минимуме дисперсии разности $f_{вх}(x($ и $f_n(x)$:

$$D = \int_0^x [f_{вх}(x) - f_n(x)]^2 dx \to 0. \tag{9}$$

Выражение (9) представляет собой функционал, который достигает минимума, если имеет место уравнение Эйлера [1]:

$$F_{f_{вх}}(x) - \frac{d}{dx} F_{f_{вх}}(x) = 0, \tag{10}$$

где

$$F(f_{вх}, x) = [f_{вх}(x) - f_n(x)]^2. \tag{11}$$

Так как $F(f_{вх}, x)$ явно не зависит от $f'_{вх}(x)$, то (10) примет вид:

$$F_{f_{вх}} = 0, \tag{12}$$

тогда:

$$\frac{dF(f_{вх}, x)}{df_{вх}} = 0; \tag{13}$$

$$F(f_{вх}, x) = C. \tag{14}$$

Из (11) и (14) можно записать:

$$[f_{вх}(x) - f_n(x)]^2 = C, \tag{15}$$

откуда

$$f_{вх}(x) = f_n(x) + C_1, \tag{16}$$

т. е. функционал достигает минимума, если $f_{вх}(x)$ соответствует $f_n(x)$ с некоторой постоянной.

Рассмотрим (9):

$$D = \int_0^T [f_{вх}(x) - f_n(x)]^2 = \int_0^T f_{вх}^2(x)\,dx + \int_0^T f_n^2(x)\,dx - 2\int_0^T f_{вх}(x) f_n(x)\,dx. \tag{17}$$

Первый и второй члены являются автокорреляционной функцией, соответственно, входного сигнала и сигнала в памяти; третий член — взаимокорреляционной функцией сигнала в памяти и входного сигнала.

Подставим (16) в (17) для определения постоянной C_1:

$$D = \int_0^T (f_n(x) + C_1)^2\,dx + \int_0^T f_n^2(x)\,dx - 2\int_0^T (f_n(x) + C_1) f_n(x)\,dx =$$

$$= \int_0^T f_n^2(x)\,dx + \int_0^T 2f_n(x)\,C_1 dx + \int_0^T C_1^2\,dx - 2\int_0^T f_n^2(x)\,dx -$$

$$- 2\int_0^T C_1 f_n(x)\,dx + \int_0^T f_n^2(x)\,dx = \int_0^T C_1^2\,dx. \tag{18}$$

При

$$D \to 0 \Rightarrow C_1^2 = 0.$$

Исходя из вышесказанного, можно записать:

$$D = 2\int_0^T f_n^2(x)\,dx - 2\int_0^T f_{вх}(x)\,dx\, f_n(x)\,dx, \tag{19}$$

что и является алгоритмом идентификации объекта.

Из (8) и (19) можно записать:

$$y = \prod_{j=1}^{n} f(k_j) \left[2 \int_0^T f_a^2 (x)\, dx - 2 \int_0^T f_m (x) f_a (x)\, dx \right]. \tag{20}$$

Если информация имеет дискретный характер, то (20) преобразуется к виду:

$$y = \prod_{j=1}^{n} f(k_j) \left| 2 \sum_{i=1}^{m} f_{ai}^2 (x) - 2 \sum_{i=1}^{m} f_{ai} (x) f_{mi} (x) \right|. \tag{21}$$

Итак, решена задача первого этапа по восприятию и идентификации объекта. На втором этапе необходимо выдать решение о реакции на этот объект. Обычно реакция бывает трех типов: позитивная z_1, нейтральная z_2 и негативная z_3.

Решить задачу можно с помощью процедуры решающего фильтра.

Пусть идентифицированному объекту присваивается номер 01, а остальным — 00. Множество объектов будет представлять матрицу-строчку:

$$M = |00\ \ 00 \ldots 01 \ldots 00|. \tag{22}$$

Такой матрице будет соответствовать матрица:

$$B = |b_1\ b_2 \ldots b_n|, \tag{23}$$

где n — количество объектов распознавания.

Все b_i принимают 3 разных значения, соответствующих решающему правилу, а именно: 00 — негативная; 01 — нейтральная; 10 — позитивная. Алгоритм принятия решения будет выражаться формулой:

$$Z = \sum_{i=1}^{n} m_i\, b_i \tag{24}$$

или в матричном виде:

$$Z = M \cdot B^T. \tag{25}$$

Элементы матрицы B определяются в каждом случае из постановки задачи распознавания, а в общем случае они являются функцией элементов матрицы K.

Таким образом, получены алгоритмы идентификации объекта с аналогом в памяти устройства (21) и принятия решения (24). Пользуясь ими, можно построить систему распознавания, учитывая при этом как характеристики распознаваемого объекта, так и состояние самой системы распознавания.

МИЭТ 12.11.1981

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимов А. В., Терчигорело В. М.* Спецглавы по высшей математике. — М.: МИЭТ, ч. II, 1976. — 366 с.