

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

Амиров Р.З., ассистент

Донбасская государственная машиностроительная академия
г. Краматорск, Украина, ep@digma.donetsk.ua

Разработан метод идентификации параметров объекта, маркированного круговым штриховым кодом. Данный метод обеспечивает дистанционную идентификацию параметров объекта с высокой скоростью и достоверностью. Применение данного метода в информационно-измерительной системе идентификации типоразмеров брикетов комплекса по переработке радиоактивных отходов обеспечивает снижение стоимости утилизируемых отходов и реализует концепцию безлюдной технологии.

The method of identification of parameters of plant labeled by a circular two-condition code is developed. The given method ensures remote identification of parameters of plant of monitoring in conditions of an operation of interferences with a high speed and reliability. The application of this method in the informational - measuring system of identification of standard sizes of briquettes of a complex on processing radioactive wastes allows to lower cost of processing of wastes and realizes the concept of deserted technique.

Существующие комплексы по переработке радиоактивных отходов (РАО), обладая низким уровнем информационного обеспечения, обеспечивают заполнение контейнера брикетами, полученными в результате прессования, не более чем на 62% по объему, чем обуславливают высокую стоимость захоронения РАО (более 1500\$ за 1 м³). Одним из резервов снижения стоимости захоронения РАО является сокращение неиспользованных объемов в контейнере, что требует применения информационно-измерительной системы (ИИС) идентификации типоразмеров брикетов. Это обуславливает необходимость разработки метода идентификации параметров объектов (типоразмеров брикетов), обеспечивающего эффективное функционирование ИИС в условиях действия помех.

Основной контролируемый параметр при минимизации неиспользованного объема контейнера – высота получаемых из пресса

брикетов, значение которой представлено круговым штриховым кодом, нанесенным на брикет.

Разработка структуры маркера заключалась в использовании кода на основе позиционной системы счисления [1]:

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} C_i Z^{i-1}, \quad (1)$$

где N – целое число;

n – число разрядов кодовой комбинации;

C_i – цифры данной системы счисления;

Z – основание системы счисления.

Учитывая незначительное число требуемых кодовых комбинаций, а также с целью повышения помехозащищенности кода был принят двоичный код с простым повторением. Декодирование производится сравнением информационной и проверочной частей кода. Согласно [2] вероятность появления необнаруживаемых ошибок определяется по формуле:

$$P_{н.о} = \sum_{i=2}^n C_n^i P^i (1-P)^{n-i}, \quad (2)$$

где i – кратность ошибки в последовательности; $i=2,4,\dots,n$;

C_n^i – число сочетаний из n по i ;

P – вероятность поражения каждого символа.

Помехозащищенность кода высока, так как обнаруживаются все ошибки, кроме парных.

Задача идентификации типоразмеров брикетов базируется на информационной задаче восстановления сигнала и задаче теории распознавания образов – сравнения с эталоном [2]. Процесс распознавания образа объекта (идентификации типоразмера брикета) состоит из следующих этапов.

1) Считывание штрихового кода видеокамерой.

Полученный на ее выходе аналоговый сигнал подвергается усредненной фильтрации, что обеспечивает компенсацию влияния помех. Затем сигнал преобразуется АЦП в цифровую форму и поступает в память ЭВМ.

2) Бинаризация сигнала:

$$Y[T] = \begin{cases} 0, & \text{если } Y[T] < Y_{н} \\ 1, & \text{если } Y[T] \geq Y_{н} \end{cases} \quad (3)$$

В качестве порога бинаризации выбрано наибольшее из всех минимальных значений амплитуды сигнала:

$$Y_n > Y_{\min}^*, \quad (4)$$

$$Y_{\min}^* = \min[Y \in (y_1, y_2, \dots, y_n)], \quad (5)$$

где Y_n – пороговое значение кода сигнала;

Y_{\min}^* – наибольшее из всех минимальных значений амплитуды сигнала.

3) Подавление случайных помех.

Подавление случайных помех, соответствующих черным и белым точкам, осуществляется логическим оператором сглаживания с окном 1×3 , рис. 1.

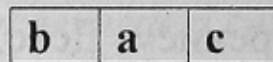


Рисунок 1 – Окно сглаживания

Новое значение интенсивности сигнала в центральном элементе окна:

$$a = \bar{a}(bc) \vee a(b \vee c). \quad (6)$$

На границах сигнала рассматриваемый элемент не имеет соседей с одной стороны. Поэтому существуют исключения для этих случаев, таблица 1.

Таблица 1 – исключения к правилу подавления помех окном 1×3

Исследуемый край сигнала	Полученная последовательность сигнала	Новая последовательность сигнала
Левый	011	111
	100	000
Правый	001	000
	110	111

4) Формирование вектора измерений $U(\bar{V}_j, P_j)$ по правилу:

- значение уровня сигнала:

$$V_j \rightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } Y[T] \geq Y_n \\ 0, & \text{если } Y[T] < Y_n \end{cases} \quad (7)$$

- ширина сигнала:

$$P_j = \left\{ \sum_{i=1}^m V_i [T] \right\} \text{ для } Y_i = Y_{i+1}, \quad (8)$$

где $j=0, 1, 2, \dots, k$ – количество параметров полос вектора измерений;
 $i=0, 1, 2, \dots, m$, m – число отсчетов для бита одного уровня (лог. “0” или “1”).

Ширина полос определялась по разности координат последовательных переходов сигнала.

5) Поиск старт-стоповой последовательности.

Поиск старт-стоповой последовательности в сформированном векторе измерений осуществляется поэлементно:

$$U_1(\dots, 1, N_1, 0, N_1, \dots) \in U(\overline{V_j}, \overline{P_j}), \quad (9)$$

где N_1 – количество отсчетов, соответствующих полосе шириной 1 мм.

6) Выделение кода в найденном векторе измерений U .

То есть значений уровня сигнала, находящихся между крайними старт-стоповыми последовательностями символов:

$$\overline{U}_2 = \overline{U}(\dots, 1, N_1, 0, N_1, \dots, 0, N_1, 1, N_1, \dots) \in U(\overline{V_j}, \overline{P_j}) \quad (10)$$

Если выделить код невозможно, то необходимо выполнить смещение камеры влево на расстояние L_1 и перейти к пункту 1 процедуры распознавания. Если при смещении камеры влево не удалось выделить код, переместить камеру вправо на расстояние $2L_1$ и повторить процедуру распознавания с пункта 1. Затем вернуть камеру на исходную траекторию сканирования (переместить влево на расстояние L_1).

7) Поиск в векторе U_2 масштабного символа:

$$M = U_2(\dots, 0, N_m, \dots), \quad (11)$$

где N_m – длина масштабного символа в дискретах.

Масштабный символ сравнивается с допустимой величиной $N_{\text{доп}}$:

$$N_m - N_{\text{доп}} < N_{\text{пор}}, \quad (12)$$

где $N_{\text{пор}}$ – пороговое значение числа отсчетов, принимается $N_{\text{пор}}=10$.

В случае, если масштабный символ не найден, перейти к пункту 1.

8) Формирование левой и правой частей кода вектора U_2 , расположенных слева (N_L) и справа (N_R) масштабного символа:

$$N_L \in \bar{U}_2(1, N_1, 0, N_1, \dots, 0, N_m), \quad (13)$$

$$N_R \in \bar{U}_2(0, N_m, \dots, 0, N_1, 1, N_1). \quad (14)$$

9) Проверка равенства левой и правой частей кода.

Выполняется поэлементным вычитанием соответствующих последовательностей. Условие равенства левой и правой части кода:

$$\sum_{j=1}^k (N_{L_j}[T] - N_{R_j}[T]) \leq \xi_{\text{п}} \quad (15)$$

где $N_{L_j}[T], N_{R_j}[T]$ - число отсчетов, соответствующих j -й позиции левой и правой части кода соответственно;

$j=1, 2, \dots, k$ - длина кода, $k=7$;

$\xi_{\text{п}}$ - заданный допустимый порог ошибки.

В результате проведенных исследований установлено значение допустимой ошибки, которое выбрано с учетом минимальной разности полос: $\Delta S = 1 \text{ мм}$. Число дискретных отсчетов, соответствующих значению ΔS , определяется из выражения:

$$N^* = \frac{S_k}{T_k}, \quad (16)$$

где S_k - длительность кадра;

T_k - период квантования.

Допустимое значение ошибки:

$$\xi_{\text{п}} < 100. \quad (17)$$

При проведении экспериментов процедура распознавания эффективно работала при $\xi_{\text{п}} = 90$.

10) Ротация изображения.

В случае, если левая и правая части кода не равны, выполняется ротация (вращение) изображения. Ротация изображения осуществляется с помощью отдельного вращения каждого элемента, исходного изображения. Уравнения, позволяющие осуществить перемещение позиций элементов исходного изображения (x_0, y_0) в их новые позиции (x_n, y_n) в выходном изображении имеют вид:

$$X_n = X_0 \cos \alpha + Y_0 \sin \alpha, \quad (18)$$

$$Y_n = Y_0 \cos \alpha - X_0 \sin \alpha, \quad (19)$$

где α - заданный угол ротации.

С целью выполнения измерений ширины полос маркера и последующей идентификации типоразмера брикета установлено значение угла ротации $\alpha = 90^\circ$.

При осуществлении вращения с целью упрощения обработки изображения, а следовательно повышения скорости идентификации типоразмера брикета, выбрана квадратная решетка со стороной a , формирующая элементы изображения квадратами. В этом случае коррекция изображения при ротации на угол $\frac{\pi}{2}n$ не потребуется.

11) Идентификация типоразмера брикета.

Поиск полученного кода в словаре эталонов и идентификация типоразмера брикета осуществляется методом простого перебора, так как число объектов рассматриваемого класса маркеров мало ($N=106$):

$$N_L \rightarrow N_{\text{ит}} \rightarrow h_{\text{опт}}, \quad (20)$$

где $N_{\text{ит}}$ – эталонное значение кода.

Мерой соответствия полученного значения кода и эталонного является коэффициент корреляции:

$$K_{\text{ит}} = \sum_{j=1}^k (N_{L_j}[T] - N_{i_j}[T])P, \quad (21)$$

где $N_L[T], N_i[T]$ – число отсчетов, соответствующих j -й позиции считанного кода и эталона соответственно;

P – вероятность принятия системой значения $N_{L_j}[T]$.

Условие соответствия считанного изображения маркера и эталона:

$$\frac{K_{\text{ит}}}{P} \leq \xi_{\text{ит}}, \quad (22)$$

где $\xi_{\text{ит}}$ – значение допустимой ошибки.

Экспериментальные исследования показали, что при $\xi_{\text{ит}} = 90$ с достоверностью 0.85 можно утверждать о соответствии эталона и изображения. Время на идентификацию типоразмера брикета в этом случае составляет менее 2с.

Разработанный метод идентификации применим для оптических устройств, осуществляющих считывание штрихового кода дистанционно или непосредственно с объекта контроля в автоматическом режиме при воздействии помех. Этот метод заключается в следующем:

1) определение параметра контроля;

- 2) разработка словаря признаков;
- 3) разработка структуры маркера, обеспечивающего оптимальный прием оптического сигнала;
- 4) подавление помех в аналоговом измерительном сигнале;
- 5) бинаризация сигнала;
- 6) подавление помех в цифровом сигнале с применением фильтра скользящее "окно";
- 7) формирование вектора измерений;
- 8) поиск и определение в векторе измерений старт-стоповой последовательности сигнала;
- 9) выделение кода в найденном векторе измерений;
- 10) поиск и определение масштабного символа в векторе измерений
- 11) выполнение масштабирования (для случая, расстояние между читающим устройством и объектом контроля изменяется значительно);
- 12) проверка кода на наличие ошибок (формирование и сравнение левой и правой частей кода для кругового штрихового кода);
- 13) поиск полученного кода в словаре эталонов и идентификация объекта.

Изложенный метод благодаря простоте программной реализации обеспечивает высокую скорость и достоверность идентификации, что соответствует растущим требованиям автоматизации процессов производства.

В заключение необходимо отметить, что применение ИИС и разработанного метода идентификации параметров объектов (типоразмеров брикетов) реализует снижение стоимости переработки РАО за счет минимизации неиспользованных объемов брикетов, а также концепцию безлюдной технологии.

Разработанная автором структура маркера, реализующая оптимальную передачу технологической информации объекта (брикета), а также метод идентификации типоразмера брикета, обеспечивающий высокую скорость и достоверность идентификации параметров объекта (брикета) позволяют информационно-измерительной системе эффективно функционировать в условиях действия помех.

Список источников.

1. Кодирование информации: двоичные коды/ Под ред. Березюка Н.Т.- Харьков: "Выща школа", 1978.- 252с.
2. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. -М.:Высш.шк., 1989.-232с.