

*Key words: lost values, cyclic shift, the discrete Hartley transform*

The article proposes the algorithm for recovery of lost measurements values based on the use of out of the discrete Hartley transform, which is reduced to scalar multiplication coefficient vector by a vector composed of known values.

*В. Л. Евсеев, В. Г. Иваненко*

## ЦИФРОВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УТРАЧЕННЫХ

### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Среди различных погрешностей измерений наибольшее влияние на конечные результаты обработки данных оказывают значительные или резко выделяющиеся погрешности, связанные чаще всего со сбоями в измерительной или передающей аппаратуре либо в преобразователях «код — аналог». Существуют алгоритмы выявления таких неверных данных, которые затем исключают из входных числовых массивов, а самим недостающим отсчетам в подобных случаях присваивают нулевые или некоторые усредненные значения измеряемой величины. При подобном подходе, хотя и исключаются грубые искажения результатов обработки данных, в результате неизбежно привносится некоторая погрешность, которая может оказаться весьма значительной, особенно при малом количестве исходных данных. Для ее существенного уменьшения целесообразно восстановление исключенных (утраченных) данных каким-либо алгоритмическим способом, основанным на широко применяемых эффективных методах цифровой обработки сигналов.

Основная проблема при разработке цифровых методов восстановления возникает из-за двукратного увеличения интервала дискретизации вокруг утраченного отсчета. Если в связи с этим из исходных данных выбрать подпоследовательность измеренных значений с двойным интервалом дискретизации и провести цифровую интерполяцию утраченного отсчета, то во избежание наложения частот в соответствии с теоремой Котельникова необходимо предварительно осуществить низкочастотную фильтрацию исходных значений, что в конечном счете может привести в результат весьма значительную погрешность. В данной работе рассматривается подход, свободный от подобного недостатка.

Предлагаемый алгоритм восстановления основывается на процедуре обратной интерполяции, под которой будем понимать вычисление для некоторого цифрового сигнала его значений  $h(i)$ ,

$i = 0, 1, 2 \dots N - 1$ , по известным  $N$  измерениям этой величины, из которых хотя бы

одно имеет своим аргументом не целое число. Таким образом, полагаем, что известны значения

$h(i + A), i = 0, 1, 2 \dots N - 1$ , где хотя бы одно  $A$  не целое число, причем у элементов

последовательности  $\{h(i + A)\}$  нет совпадающих аргументов. Показано, что задача обратной интерполяции решается по следующей формуле, использующей дискретное преобразование Хартли (ДПХ) [1]:

$$h = NB^{-1}P^{-1}h(A),$$

где  $h = [h(0) h(1) \dots h(N - 1)]^T$  — вектор из отсчетов, расположенных равномерно на интервале наблюдения,  $h(A.)$  — вектор, составленный из известных отсчетов  $h(i+A.)$ ,  $B$  — матрица ДПХ [1], элементами которой являются значения



$$b_k = \cos(2\pi k/N), \cos a = \cos a + \sin a, i, k = 0, 1, 2 \dots N-1,$$

а строки матрицы  $P$  определяются в виде  $b^T S(A_i)$ , где вектор  $b$  представляет собой  $i$ -й столбец матрицы  $B$ , а матрица  $S(A_i)$  есть матрица сдвига, предложенная в работе [2].

Нахождение одного утраченного отсчета в конечном счете сводится к скалярному умножению вектора, составленного из известных отсчетов, на некоторый векторный коэффициент, который определяется только аргументами известных значений исходного сигнала и утраченного отсчета и может быть вычислен заранее, до поступления результатов измерений. Алгоритм нахождения этого векторного коэффициента, основанный на применении сдвинутого ДПХ [2], помимо элементарных матричных операций содержит только одно обращение матрицы.

Алгоритм обобщен на случай, когда утрачены несколько отсчетов, в том числе и следующих подряд.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Брейсуэлл Р. Преобразование Хартли. М.: Мир, 1990.

2. Иваненко В. Г. Интерполяция цифровых сигналов на основе сдвинутого дискретного преобразования Хартли. М. Препринт

МИФИ 005-89. 1989.

#### **REFERENCES:**

1. Braycuell R. Preobrazovanie Khartli. M.: Mir, 1990.

2. Ivanenko V. G. Interpolyatsiya tsifrovyyh signalov na osnove sdvnutogo diskretnogo preobrazovaniya Khartli. M. Preprint MEPhI 005 89. 1989.



