

МЕТОД КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМАРНЫХ ФУНКЦИЙ

Гуляев Ю.В., Кравченко В.Ф., Колпаков И.В.

Институт радиотехники и электроники РАН
103907, ГСП-3, ул. Моховая, Москва.

Тел: (095) 203.4793. Факс: (095) 203.8414, E-mail: kravchenko_vf@fromru.com

Известно, что информация о большинстве непрерывных процессов представляет собой набор дискретных значений, полученных при помощи измерений. На практике эти значения содержат случайные погрешности и грубые ошибки. В докладе рассматривается задача получения информации о физическом процессе с максимальной достоверностью, требующая удаления грубых ошибок и сглаживания случайных погрешностей. Для решения подобных задач широкое распространение получили рекурсивные алгоритмы фильтрации калмановского типа, основанные на использовании статистических характеристик сигналов на входе измерителя [1]. В скалярном случае критерием качества является минимум СКО оценки фильтрации. Применение такого подхода затруднительно в случае, когда статистические характеристики сигналов изменяются в широком интервале значений. Одним из факторов, влияющих на изменение дисперсии шумов, является наличие грубых ошибок. Для удаления грубых ошибок предлагается использовать метод *LULU*-фильтрации [2]. Операторы *L* и *U* вводятся следующим образом:

$$Lx_i = \max \left\{ \min \{x_{i-1}, x_i\}, \min \{x_i, x_{i+1}\} \right\};$$
$$Ux_i = \min \left\{ \max \{x_{i-1}, x_i\}, \max \{x_i, x_{i+1}\} \right\}.$$

Двойные операторы *LU* и *UL* вводятся аналогично:

$$LUx_i = \max \left\{ \min \{Ux_{i-1}, Ux_i\}, \min \{Ux_i, Ux_{i+1}\} \right\};$$
$$ULx_i = \min \left\{ \max \{Lx_{i-1}, Lx_i\}, \max \{Lx_i, Lx_{i+1}\} \right\}.$$

В качестве результирующего значения принимается $\bar{x}_i = \frac{1}{2}(LUx_i + ULx_i)$. Данный метод позволяет удалить единичные грубые ошибки. Действие *LULU* оператора подобно действию медианного фильтра с апертурой равной 3. Для частичного сглаживания случайных ошибок предлагается метод сплайн-интерполяции. В качестве сглаживающих сплайнов предлагается использовать систему сдвигов-сжатий атомарных функций (АФ).[3-8]

Процесс сглаживания производится путём последовательного осреднения сигнала с использованием интерполяции по части значений. Доопределение на краях производится в зависимости от выбранного алгоритма интерполяции. После применения предлагаемых алгоритмов информация о физическом процессе не должна иметь грубых ошибок, а случайные погрешности будут частично сглажены. Дальнейшая фильтрация с использованием алгоритмов калмановского типа приведёт к получению данных с высокой степенью достоверности.

Литература

1. Kalman filter and neural networks. Edited by Simon Haykin, 2001, John Wiley & Sons, Inc, New York.
2. С.Н. Rowher. Idempotent One-Sided Approximation of Median Smoothers. Journal of Approximation Theory, 1989, vol. 58, no 2, p. 151-163.
3. Кравченко В.Ф., Пустовойт В.И. Новый класс весовых функций и их спектральные свойства. ДАН РАН, 2002, т. 386, №1, с. 38-42.
4. Зелкин Е.Г., Кравченко В.Ф. Атомарные функции в задачах синтеза антенн и новые синтезированные окна. - Радиотехника и электроника, 2001, т.46, №8, с.903 – 931.
5. Кравченко В.Ф. Новые синтезированные окна. ДАН РАН, 2002, т. 282, №2, с. 190-198.
6. Кравченко В.Ф., Голубин М.В. Спектральные свойства новых весовых функций в цифровой обработке сигналов. ЭВ и ЭС, 2002, т. 7. №2, с. 25-37.
7. Зелкин Е.Г., Кравченко В.Ф. Современные методы аппроксимации в теории антенн. Кн.1: Задача синтеза антенн и новые методы их решения. М.: ИПРЖР.2002.
8. И.В. Колпаков, В.Ф. Кравченко, М.А. Басараб. Атомарные функции и их применение в задачах сплайн-интерполяции. – Электромагнитные волны и электронные системы, 2002, т.7, №1, с.32-40.

COMBINED FILTERING OF SIGNALS USING ATOMIC FUNCTIONS

Gulyaev Yu., Kravchenko V., Kolpakov I.

Radio Engineering and Electronics Institute of RAS
103907, GSP-3, Mohovaya str., Moscow, Russia.

Tel: (095) 203-47-93, Fax: (095) 203-84-14, E-mail: kravchenko_vf@fromru.com

Information on most continuous processes comes in form of series of discrete samples, taken from measurements. Often, these values are imprecise and contain errors of different magnitudes. It's important to retrieve information from physical process as reliably as possible, that is to remove gross errors and smooth out random errors from the dataset.

Recursive Kalman filter-based algorithms are widely used for these types of problems. They use statistical characteristics of signals on gauge input. In case of scalar data minimum standard deviation of filtering estimation is often used as a quality criteria. This doesn't work quite well when statistical characteristics of a signal vary significantly. Presence of gross errors is one of the factors, which changes standard deviation of a noise. It is proposed to use LULU-filtering method as a way to get rid of the gross errors. Operators L and U are introduced as:

$$Lx_i = \max \left\{ \min \{x_{i-1}, x_i\}, \min \{x_i, x_{i+1}\} \right\};$$

$$Ux_i = \min \left\{ \max \{x_{i-1}, x_i\}, \max \{x_i, x_{i+1}\} \right\}.$$

Analogously, double operators LU and UL are introduced as follows:

$$LUx_i = \max \left\{ \min \{Ux_{i-1}, Ux_i\}, \min \{Ux_i, Ux_{i+1}\} \right\};$$

$$ULx_i = \min \left\{ \max \{Lx_{i-1}, Lx_i\}, \max \{Lx_i, Lx_{i+1}\} \right\}.$$

$\bar{x}_i = \frac{1}{2}(LUx_i + ULx_i)$ is taken as a resulting value. This method permits one to delete single gross

errors. Operation of the LULU-operator is similar to operation of a median filter with aperture equal to 3. For smoothing out random errors spline-interpolation method is offered. A system of scaled atomic functions is proposed to be used as interpolation splines. Smoothing process works by continuously averaging series of samples from reconstructed signals, which are build from original by spline-interpolation. Further application of Kalman filtering will give higher precision results.