

# Кусочно-линейная аппроксимация формы сильно зашумленного сигнала методом наименьших квадратов

**Р.Ю. Голиков<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Университет «Синергия», Москва, Россия

\*rgolikov@yandex.ru

**Аннотация.** Возрастающая тенденция применения компьютерных технологий делает особенно актуальными методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), преобразованных в числовые массивы данных. В большинстве своем они достаточно сложны, а их применение не всегда оправдано при решении широкого круга прикладных задач. Это обуславливает постоянный интерес к эвристическим алгоритмам, основанным на упрощенных подходах и позволяющим быстро получать приближенные оценки с наименьшей трудоемкостью. Широкий диапазон изменения параметров регистрируемых сигналов и ограниченность технических характеристик применяемых средств измерения часто приводят к значительному повышению уровня помех, на фоне которых полезный сигнал становится практически нераспознаваемым. В статье рассматривается способ математической обработки импульсного (одиночного) апериодического сигнала с высоким уровнем шумовой составляющей путем аппроксимации его формы кусочно-линейной функцией, параметры которой определяются по методу наименьших квадратов. Дано краткое обоснование этого способа на основе анализа стохастического характера шума и его влияния на полезный сигнал. Проведены численный анализ спектрального состава сигналов до и после обработки, а также количественная оценка в сравнении с другими распространенными методами – фильтрацией и когерентным усреднением. При этом показано, что кусочно-линейная аппроксимация формы позволяет эффективно отделить полезный сигнал от шумовой составляющей, не требует сложных алгоритмических конструкций, а ее реализация в виде программного кода возможна на любом языке высокого уровня. В общем случае предложенный способ одинаково применим к сигналам любого вида, но наибольшей эффективностью отличается при обработке одиночных апериодических импульсов, не имеющих возможности повторения. Предложенный подход может быть использован также в учебном процессе при изучении основ программирования и для решения экономических задач, основанных на определении линий тренда параметрическими методами.

**Ключевые слова:** сигнал, шум, цифровая обработка, фильтрация, преобразование Фурье, аппроксимация, кусочно-линейная функция, метод наименьших квадратов

**Для цитирования:** Голиков Р.Ю. Кусочно-линейная аппроксимация формы сильно зашумленного сигнала методом наименьших квадратов // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5. С. 116–124. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-116-124

# Piecewise linear approximation of a highly noisy signal waveform using least squares method

R. Golikov<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Synergy University, Moscow, Russia

\*rgolikov@yandex.ru

**Abstract.** The rising trend of computer technology using makes digital signal processing (DSP) techniques converted into numerical data sets particularly relevant. For the most part, they are quite complex and their use is not always justified for a wide range of applications. This determines the ongoing interest in heuristic algorithms that are based on simplified approaches and allow quickly obtaining approximation of estimates with the least work amount. This paper discusses a method of pulsed (single) aperiodic signal with a high level of noise component mathematical processing by approximating its shape by a piecewise linear function, that parameters are determined using the method of least squares. A brief justification for this method is given, based on an analysis of the stochastic nature of the noise component. A numerical analysis of the signals spectral composition before and after processing is performed, as well as a comparison with other common methods: filtering and coherent averaging. It is shown that the waveform piecewise linear approximation can effectively separate the useful signal from the noise component, does not require complex algorithmic designs, and its program code implementation is possible in any high-level languages. The developed method is applicable for all types of signals and is most effective for processing single aperiodic pulses without its repetition possibility. The proposed approach can also be used in the educational process when studying the programming basics and for solving economic problems based on the determination of trend lines by parametric methods.

**Keywords:** signal, noise, digital processing, filtering, Fourier transform, approximation, piecewise linear function, least squares method

**For citation:** Golikov R. Piecewise linear approximation of a highly noisy signal waveform using least squares method. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.5, pp.116-124 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-116-124

## Введение

Массовое распространение компьютерных технологий во всех сферах жизни сделало ЦОС, ранее обособленное направление научно-технической деятельности, важным компонентом современных технологических приложений в области мультимедиа, мобильной связи, GPS, сжатия, передачи данных и многих других. Это привело к разработке большого количества программных реализаций ЦОС как в виде отдельных модулей, так и в качестве инженерных комплексов для

автоматизации анализа, фильтрации и преобразования сигналов. Преобразование внешнего аналогового сигнала в кодированный цифровой формат является важным звеном, определяющим эффективность восприятия информации, которую он несет.

В практике научной работы также немаловажную роль играют экспериментальные данные, получаемые в результате исследований различных физических процессов. Возрастающая тенденция применения ЦОС во всех областях знания делает особенно актуальными вопросы анализа первичной измери-