

Оценка точности цифровой обработки сильно зашумленных сигналов с помощью эвристических алгоритмов

Р.Ю. Голиков¹, Ж.В. Мекшенева¹, И.И. Молчанов¹, А.А. Рынкова¹

¹Университет «Синергия», Москва, Россия

^{}rgolikov@yandex.ru*

Аннотация. Эвристические алгоритмы часто используются в качестве альтернативы при решении задач высокой вычислительной сложности или не имеющих точного решения, позволяя быстро получить требуемый результат. Как правило, они не имеют строгого математического обоснования, но их применение оправдано с точки зрения практической целесообразности. Формально к эвристическим можно отнести алгоритмы, в которых используются приближенные методы. Однако их применение часто порождает проблему отсутствия детерминированности, что не всегда позволяет оценить точность полученного решения. В статье рассмотрен методический подход к оценке точности эвристических алгоритмов, разработанных для определения формы и параметров полезного сигнала на фоне сильной шумовой составляющей. Он базируется на методе аналогии и состоит в моделировании искусственного сигнала с заданными параметрами, а также фоновой шумовой помехи, сходной по своим характеристикам с аддитивным белым гауссовским шумом. При этом шумовая составляющая формируется программными средствами с помощью генератора псевдослучайной последовательности чисел. Такие генераторы входят в пакеты встроенных функций практически всех языков программирования высокого уровня. Представлен сравнительный анализ характеристик реального и искусственного шума, показавший возможность решения задачи путем численного моделирования. Получены результаты оценки точности определения параметров искусственного сигнала, отделенного от шумовой составляющей с помощью эвристических алгоритмов кусочно-линейной аппроксимации и усреднения. Также рассмотрена задача сглаживания эмпирических данных путем эквивалентной замены дискретного сигнала набором квадратичных функций, параметры которых обеспечивают кусочно-параболическую аппроксимацию его формы. Эта процедура устраняет остаточный дребезг сигнала, который неизбежно возникает в результате линеаризации и позволяет в дальнейшем записать его с любой частотой дискретизации. Таким образом, предложенный подход дает возможность количественной оценки точности эвристических алгоритмов, применяемых при определении параметров ожидаемого сигнала.

Ключевые слова: сигнал, шум, цифровая обработка, частота дискретизации, псевдослучайная последовательность, аппроксимация, точность, погрешность, сглаживание

Для цитирования: Голиков Р.Ю., Мекшенева Ж.В., Молчанов И.И., Рынкова А.А. Оценка точности цифровой обработки сильно зашумленных сигналов с помощью эвристических алгоритмов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 5. С. 20–32. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-20-32

Accuracy estimating of highly noisy signals digital processing using heuristic algorithms

R. Golikov¹, Zh. Meksheneva¹, I. Molchanov¹, A. Rynkova¹

¹Synergy University, Moscow, Russia

¹rgolikov@yandex.ru

Abstract. Heuristic algorithms are often used as an alternative when solving problems of high computational complexity or lacking an exact solution, allowing to quickly obtain the desired result. Usually, they do not have a strict mathematical justification, but their application is justified in terms of practicality. Formally, algorithms that use approximate methods can be classified as heuristic. However, when applying them, the problem of determinism lack is often arises, which does not always allow one to evaluate the solution obtained accuracy. The paper considers a methodical approach to assessing the accuracy of heuristic algorithms designed to determine the useful signal shape and parameters on the strong noise component background. It is based on the method of analogy and consists in modeling an artificial signal with given parameters and a background noise interference similar in its characteristics to additive white Gaussian noise. In this case, the noise component is formed by software using a pseudo-random number sequence generator. Such generators are included in the packages of almost all high-level programming languages built-in functions. A comparative analysis of the real and artificial noise characteristics is presented, that shown the problem solving by numerical modeling possibility. The results of accuracy estimation in determining the artificial signal parameters, that is separated from the noise component using piecewise linear approximation and averaging heuristic algorithms, are obtained. The problem of empirical data smoothing with the discrete signal equivalent replacement by a quadratic functions whose parameters provide a piecewise parabolic approximation its shape is also considered. This procedure eliminates the residual signal bounce that inevitably occurs as a result of linearization and allows further recording at any sampling rate. Thus, the proposed approach allows us to quantify the accuracy of heuristic algorithms used in determining the expected signal parameters.

Keywords: signal, noise, digital processing, sample rate, pseudo-random sequence, approximation, accuracy, error, smoothing

For citation: Golikov R., Meksheneva Zh., Molchanov I., Rynkova A. Accuracy estimating of highly noisy signals digital processing using heuristic algorithms. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.5, pp.20-32 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-20-32

Введение

Эвристические алгоритмы базируются на методах решения задач, не имеющих строгого математического обоснования, но оправданных с точки зрения практической целесообразности. По формальному признаку к эвристическим можно отнести алгоритмы, в которых используются приближен-

ные методы. Они широко применяются в качестве альтернативы для задач высокой вычислительной сложности, позволяя быстро получить требуемый результат, в том числе для задач, не имеющих точного решения. Характерными примерами являются алгоритмы распознавания образов, антивирусные программы, аналитика больших данных и т. п. Ввиду отсутствия объекта сравнения критерием достоверности