

# Оптимизация квантователей на основе равномерного итерационного расширения интервалов квантования

Н.И. Глумов<sup>1,2</sup>, М.В. Гашников<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

<sup>2</sup>Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

## Аннотация

В работе предлагается алгоритм, оптимизирующий шкалы квантования с использованием равномерного итерационного расширения интервалов квантования. Алгоритм позволяет оптимизировать шкалы по произвольному критерию качества. При оптимизации шкалы остаются допустимыми в терминах заданных ограничений. Проводятся вычислительные эксперименты по исследованию предложенного алгоритма при оптимизации шкалы по энтропийному критерию с ограничением на квадратичную погрешность в рамках решения задачи компрессии. Экспериментально показано, что предлагаемый алгоритм позволяет строить шкалы квантования, эффективность которых несущественно отличается от оптимальных шкал.

## Ключевые слова

Квантование, оптимизация, итерационный алгоритм

## 1. Введение

Под квантованием будем понимать замену каждого значения квантуемой величины на некий уровень квантования из заранее заданного набора уровней, количество возможных значений в котором меньше количества возможных значений квантуемой величины [1-3].

Наиболее распространена равномерная шкала, состоящая из равных интервалов с квантованными уровнями по их центрам. Однако, если уровней квантования мало, то используется неравномерная шкала, чаще всего шкала Ллойда-Макса, оптимальная по критерию квадратичной погрешности при заранее заданном количестве квантованных уровней.

Но часто такая шкала неэффективна. Например, для методов компрессии [4, 5], использующих разностное представление сигнала, более предпочтительна шкала, оптимальная по энтропии квантованного разностного сигнала.

Таким образом, в ситуациях, которые не сводятся к оптимизации шкалы квантования по квадратичному критерию, актуальна задача разработки шкал квантования, оптимальных по произвольному показателю качества. Одним из решений является алгоритм [3], позволяющий строить оптимальные шкалы, но обладающий высокой сложностью.

В данной работе предлагается и экспериментально исследуется другой алгоритм построения шкал квантования, обладающий существенно меньшей вычислительной сложностью.

## 2. Итерационная оптимизация квантователя

Шкалы квантования с равными интервалами отличаются от равномерных шкал тем, что их уровни квантования могут быть расположены не по центрам интервалов квантования.

Как показали эксперименты [3], шкалы квантования с равными интервалами близки к оптимальным при малых значениях показателя ограничения, поэтому обоснованной представляется идея предложенного итерационного алгоритма оптимизации квантователя:

- 1) в качестве стартовой шкалы выбирается именно шкала с равными интервалами;

2) итерации строятся таким образом, чтобы шкалы получающиеся шкалы, по возможности, имели как можно более протяжённые связные участки, содержащие одинаковые интервалы.

### 3. Экспериментальное исследование

Квантованию подвергался разностный сигнал, вычисленный на наиболее детальном масштабном уровне метода компрессии изображений [4, 5], основанного на иерархической сеточной интерполяции.

При исследовании эффективности предложенного алгоритма квантования в качестве базы для сравнения использовался алгоритм [3], позволяющий строить шкалы, сколь угодно близкие к оптимальным. Мерами эффективности являлись: относительное отклонение  $\Delta \varepsilon_{MSE}^2$  (в процентах) квадратичной погрешности и относительное отклонение  $\Delta H$  энтропии шкал предложенного алгоритма от соответствующих характеристик шкал алгоритма [3] (см. рис. 1).

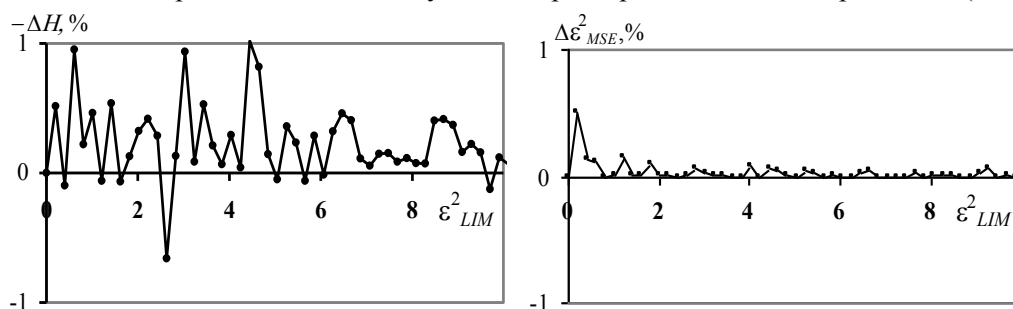


Рисунок 1: Исследование предложенного алгоритма оптимизации шкал квантования

Из графиков видно, что результаты сравниваемых алгоритмов отличаются незначительно. Другими словами, предложенный алгоритм, при гораздо меньшей вычислительной точности, показывает результаты, сравнимые с алгоритмом [3], что позволяет сделать вывод о предпочтительности предложенного алгоритма.

### 4. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-29-09045 (разделы 2-5), а также Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (раздел «Введение»).

### 5. Литература

- [1] Колесников, Д.С. Оптимальное равномерное квантование параметров сверточных нейронных сетей / Д.С. Колесников, Д.А. Кузнецов // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 8. – С. 99-103. DOI: 10.21778/2218-5453-2018-8-99-103.
- [2] Брюханов, Ю.А. Эффекты квантования сигналов с амплитудной манипуляцией / Ю.А. Брюханов, Ю.А. Лукашевич // Радиотехника. – 2020. – Т. 84, № 1. – С. 42-48.
- [3] Глумов, Н.И. Алгоритм оптимизации шкал квантования по произвольному показателю качества / Н.И. Глумов, М.В. Гашников // VI Международная конференция «Информационные технологии и нанотехнологии». – 2020. – Т. 2. – С. 136-142.
- [4] Sergeev, V.V. Compression method for real-time systems of remote sensing / M.V. Gashnikov, N.I. Glumov, V.V. Sergeev // Proceedings of 15th International Conference on Pattern Recognition. – 2000. – Vol. 3. – P. 232-235. DOI: 10.1109/ICPR.2000.903527.
- [5] Максимов, А.И. Адаптивная интерполяция многомерных сигналов при дифференциальной компрессии / М.В. Гашников, А.И. Максимов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 4. – С. 679-687. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-4-679-687.