

## МЕТОД КОНТРОЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ОШИБКИ КОМПРЕССИИ

В.В. Сергеев<sup>1,2</sup>, Е.И. Тимбай<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия,

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, Россия

### Аннотация

В работе предлагается метод контроля максимальной ошибки восстановления, который может использоваться вместе с любыми известными методами компрессии изображений. Метод исследован для случая его использования вместе со стандартными методами компрессии JPEG и JPEG2000. Результаты исследования показали, что он позволяет существенно уменьшить максимальную ошибку восстановления изображения при сохранении степени компрессии.

### Введение

Сегодня на рынке информационных технологий предлагается много новых методов и программных средств компрессии изображений. В то же время основная масса пользователей проявляет разумный консерватизм и не торопится отказываться от существующих стандартных форматов сжатия (JPEG, JPEG2000 и т. п.) в угоду, как правило, незначительным преимуществам новых методов. Поэтому, наряду с задачей разработки новых алгоритмов компрессии изображений, актуальной является задача «достраивания» известных методов таким образом, чтобы пользователь мог продолжать их использование, но получил бы новое качество компрессии. Один из вариантов такого «достраивания» предлагается в этой статье.

Почти все известные методы компрессии изображений являются искажающими, при этом в них невозможен контроль максимальной ошибки восстановления. Конечно, это не является препятствием для использования компрессии в обычной цифровой фотографии, где главным требованием является высокое визуальное качество изображений, восстановленных после компрессии. Однако в некоторых прикладных задачах обработки изображений (в медицине, технической диагностике, космических исследованиях и т. д.) наличие в восстановленных изображениях неконтролируемых искажений пикселей приводит к появлению недопустимых артефактов в результатах обработки. Данное обстоятельство послужило стимулом для разработки метода контроля максимальной ошибки, который описывается ниже.

### 1. Описание предлагаемого метода

Чтобы обеспечить контроль максимальной ошибки восстановления для произвольного метода компрессии, мы предлагаем применить схему обработки изображения, показанную на рис. 1.

Смысл обработки прост. Сразу же после компрессии изображения  $X$  выполняется его восстановление, в результате которого получается восстановленное изображение  $Y$ . Вычисляется поле ошибок восстановления

$$E = Y - X \quad (1)$$

(здесь и далее используем обозначения для матриц изображений – полей пикселей, все арифметические операции имеют смысл поэлементных, т. е. выполняемых для каждого пикселя). Далее выполняется равномерное квантование поля  $E$  таким образом, чтобы все его квантованные значения не отличались от истинных больше, чем на заданную величину  $\varepsilon_{MAX}$ :

$$\hat{E} = E + Q, \quad (2)$$

$$|q| < \varepsilon_{MAX}, \quad q \in Q, \quad (3)$$

где  $\hat{E}$  – поле квантованных ошибок,  $q$  – элементы поля ошибок квантования  $Q$ .

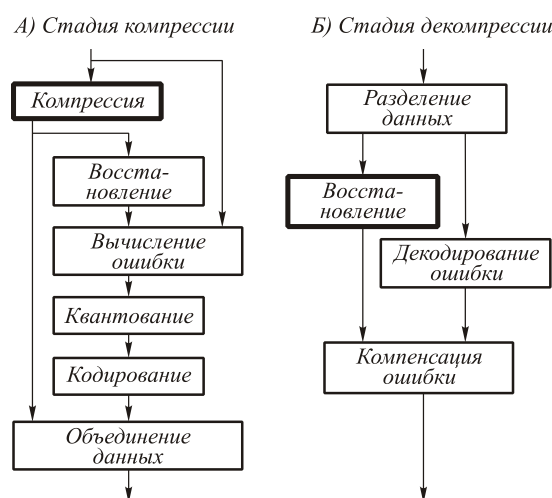


Рис. 1. Схема обработки данных

Затем поле  $\hat{E}$  подвергается дополнительной компрессии. Как правило, это поле близко к дискретному белому шуму, т. е. его элементы почти независимы. Поэтому здесь может быть использован любой известный алгоритм статистического кодирования независимых случайных символов (Хаффмена, арифметический и т. д.). Разумеется, при этом порождается некоторый дополнительный объем данных, который необходимо объединить с данными, полученными основной процедурой компрессии.

На стадии восстановления изображения сначала происходит разделение компрессированных данных на основную и дополнительную части. Из основной части восстанавливается изображение  $Y$ , а из дополнительной – поле квантованных ошибок  $\hat{E}$ . После этого производится компенсация ошибки восстановления, а именно, вычисляется разность этих полей. В результате получается окончательно восстановленное изображение  $\hat{X}$ . С учетом (1) и (2) получаем:

$$\hat{X} = Y - \hat{E} = (X + E) - (E + Q) = X - Q.$$

Принимая во внимание (3), можно видеть, что ошибка окончательного восстановления изображения не превышает заданного максимального значения  $\varepsilon_{MAX}$ .

## 2. Результаты экспериментов

Эффект от применения описанного метода оказывается двояким. С одной стороны, ошибка восстановления изображения гарантированно уменьшается до заданной (контролируемой) величины  $\varepsilon_{MAX}$ .

С другой стороны, объем компрессированных данных возрастает из-за добавления в них закодированного поля квантованных ошибок. Чтобы сделать выводы о целесообразности практического применения метода, он был реализован и протестирован на наборе тестовых изображений из коллекции «Waterloo» [1]. В качестве исходных методов компрессии были взяты JPEG и JPEG2000 в реализации IrfanView [2]. Для кодирования поля квантованных ошибок использовался арифметический кодер [3].

Эксперименты ставились следующим образом. Изображение подвергалось компрессии методом JPEG или JPEG2000 при разных значениях «качества компрессии» (параметра методов). Далее выполня-

лась дополнительная его обработка предлагаемым методом при различных значениях  $\varepsilon_{MAX}$ .

На рис. 3 и 4 приведены примеры полученных результатов – графики зависимостей максимальной ошибки восстановления от коэффициента компрессии (отношения объемов исходного изображения и компрессированных данных) для изображений «Washsat» и «Lena» (рис. 2).

Графики 1 на рис. 3 построены для изображения «Washsat», с исходной компрессией методами JPEG (рис. 3а) и JPEG2000 (рис. 3б) с «качеством компрессии», равным 20; графики 2 – с «качеством компрессии», равным 30; графики 3 – с «качеством компрессии», равным 40. На рис. 4 приведены результаты работы предложенного метода на изображении «Lena», в качестве исходных методов компрессии здесь были использованы те же алгоритмы сжатия, что и в предыдущем случае, и графики построены для изображений «Lena» с теми же значениями «качества компрессии», что и для изображения «Washsat».

Проведенные исследования показывают, что предложенный метод контроля максимальной ошибки восстановления изображения позволяет существенно (в несколько раз) уменьшить максимальную ошибку восстановления изображения при том же коэффициенте компрессии.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), (грант № 07-01-12070-офи), в рамках программы фундаментальных научных исследований президиума РАН «Математическое моделирование и интеллектуальные системы» (проект 2.12), в рамках российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (CRDF Project RUX0-014-SA-06)



Рис. 2. Тестовые изображения «Washsat» (а) и «Lena» (б)

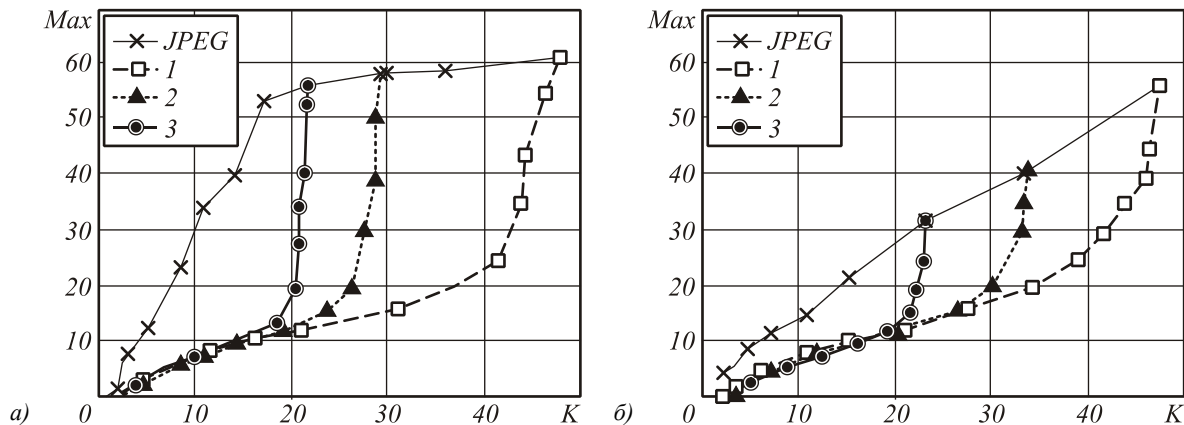


Рис. 3. Зависимости максимальной ошибки от коэффициента компрессии для изображения «Washsat» с исходной компрессией методами JPEG (а) и JPEG2000 (б)

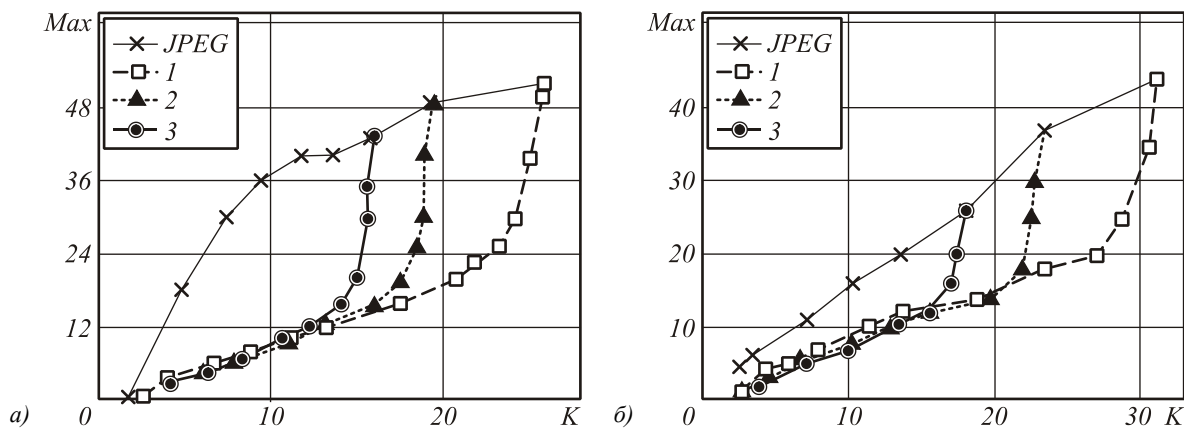


Рис. 4. Зависимости максимальной ошибки от коэффициента компрессии для изображения «Lena» с исходной компрессией методами JPEG (а) и JPEG2000 (б)

**Литература**

1. [Электронный ресурс] <http://links.uwaterloo.ca/greyset2.base.html>
2. [Электронный ресурс] <http://www.irfanview.com>
3. Langdon G.G. An introduction to arithmetic coding // IBM Journal of Research and Development, 1984. - Vol. 28. - No. 2. - Pp. 135-149.

## METHOD FOR CONTROLLING MAXIMUM COMPRESSION ERROR

V.V. Sergeev<sup>1,2</sup>, E.I. Timbai<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Precision Mechanics and Control of the RAS, Samara, Russia,*

<sup>2</sup>*Samara State Aerospace University (SSAU), Samara, Russia*

### **Abstract:**

This paper presents a method for controlling maximum reconstruction error that can be used together with any other well-known image compression methods. The method is analyzed for the case of its application together with the standard compression methods JPEG and JPEG2000. The research results have shown that the method can significantly reduce maximum image reconstruction error while maintaining a compression ratio.

**Keywords:** maximum compression error, compression ratio, controlling of an error

**Citation:** Sergeev VV, Timbai EI. Method for controlling maximum compression error [In Russian]. *Computer Optics* 2007; 31(3): 83-85.

**Acknowledgements:** The research was partly supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (grants No. 07-01-12070-ofi), within the framework of the RAS Presidium Fundamental Research Program "Mathematical Modeling and Intellectual System" (Project 2.12) and under the Russian-American Basic Research and Higher Education Program (CRDF Project RUX0-014-SA-06).

### **References:**

- [1] <http://links.uwaterloo.ca/greyset2.base.html>
- [2] <http://www.irfanview.com>
- [3] Langdon GG. An introduction to arithmetic coding. *IBM Journal of Research and Development* 1984; 28(2): 135-149.