

УДК 004; 004.93

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЛЕ ИХ СЖАТИЯ АЛГОРИТМОМ JPEG



Ю.И. Голуб

Старший научный сотрудник
ОИПИ НАН Беларуси, кандидат
технических наук, доцент
6423506 @gmail.com

Ю.И. Голуб

Окончила Белорусский национальный технический университет. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов обработки и анализа цифровых изображений.

Аннотация. Описаны исследования количественных оценок качества, которые были использованы для анализа изображений после их сжатия алгоритмом *JPEG*. Рассматриваются безэталонные оценочные функции качества (no-reference measure). Оценка качества изображений после сжатия влияет на выбор оптимальных настроек различных методов и позволяет улучшать визуальные характеристики сжатого изображения, сохраняя его приемлемое качество. Качество оценивается с точки зрения анализа резкости, контраста и яркости цифровых изображений. Предлагается использовать новый подход к оценке качества изображений, основанный на анализе распределения локальных значений оценочных функций. Показано, что предложенный подход позволяет точнее выполнять оценку качества изображений после их сжатия.

Ключевые слова: цифровое изображение, алгоритм сжатия *JPEG*, количественная оценка качества, распределение Вейбулла.

Введение. Оценка качества цифровых изображений после сжатия алгоритмом *JPEG* является важным этапом в области цифровой обработки изображений. Данные неудовлетворительного качества снижают точность работы алгоритмов обработки и анализа регистрируемых снимков, занимают память, отнимают время у эксперта при их оценке или исследовании. *JPEG* (*The Joint Photographic Experts Group*) – один из наиболее распространённых на сегодня алгоритмов сжатия цифровых изображений [1, 2], который используется при передаче файлов, хранении в базах данных и т.п. Однако при использовании этого алгоритма могут возникать различные искажения, а некоторые детали могут быть утеряны, что сказывается на качестве снимков и их общем восприятии. Поэтому важно выполнять анализ качества изображения после сжатия, чтобы убедиться, что оно соответствует требованиям и ожиданиям пользователей. Сжатие изображений – это поиск компромисса между визуальным качеством и степенью сжатия, или размером выходных данных. Изображения с однородными областями могут сжиматься до меньшего размера и иметь меньше различных артефактов, чем изображения с большим количеством объектов. Для изображений с мелкими деталями или текстом степень сжатия имеет важное значение.

Этап анализа изображений после их сжатия важен для определения уровня потери качества и оценки визуального восприятия изображений в таких областях, как:

– выбор методов для хранения, передачи или шифрования потока данных. Из-за процедуры квантования при сжатии с потерями, структура изображения может быть сильно изменена, особенно при низкой скорости передачи данных, что приводит к очевидному ухудшению качества восприятия, например, к появлению блочности, искажению деталей объектов, размытию краев и т.д.;

– передача больших объемов данных, например, при дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) или дистанционной медицинской диагностике. В этих областях сжатие цифровых изображений представляет серьезную проблему, т.к. необходимо устранить избыточность многоспектральных данных, сократить их объем для оперативной передачи и выполнить сжатие таким образом, чтобы иметь возможность в случае необходимости восстановить исходное изображение.

На рисунке 1 представлены фрагменты исходных изображений и их копий после сжатия алгоритмом *JPEG*. Первое изображение – это спутниковый снимок, полученный при ДЗЗ, второе – снимок сетчатки глаза, используемый для диагностики диабетической ретинопатии.

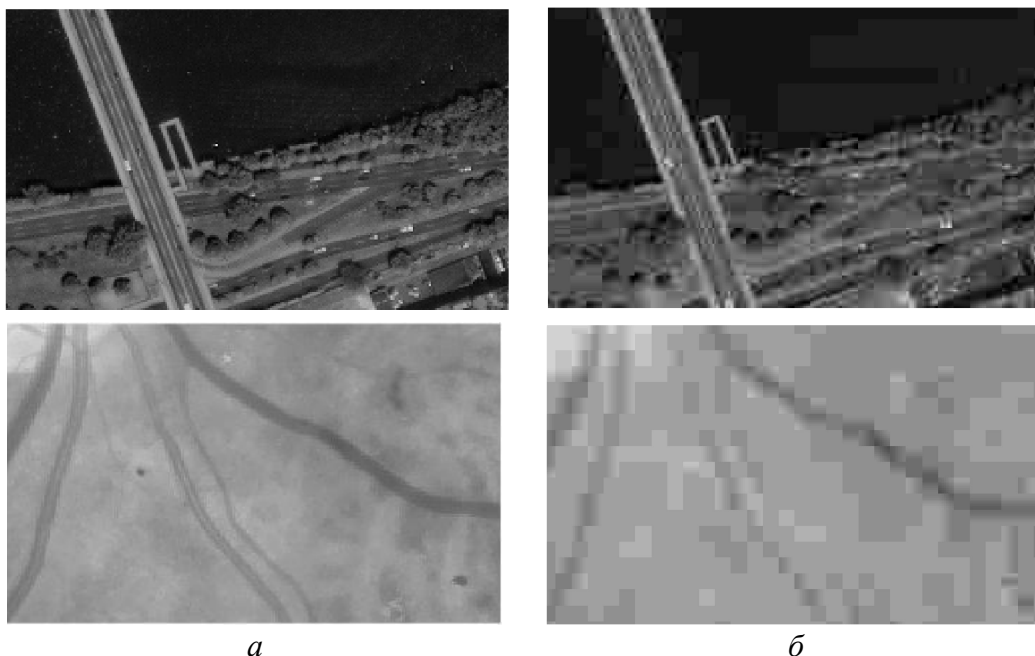


Рисунок 1. Фрагменты изображений: *a* – без сжатия, *б* – высокая степень сжатия алгоритмом *JPEG* (10)

Анализируя изображения рисунка 1, можно заметить, что сжатие оказалось слишком сильным и это привело к потере информации, что может быть крайне критичным в некоторых областях, например, при диагностике заболеваний или ДЗЗ. Оценка качества изображения после сжатия позволяет выбрать оптимальные параметры сжатия для конкретных потребностей и задач, в том числе обеспечить сохранение важных деталей на изображении.

Постановка цели исследования. Для того чтобы оценить качество сжатого снимка, разработаны различные методы и количественные оценки, большинство из которых используют эталон для оценки сходства двух изображений (исходное и сжатое) [3, 4]. Однако не всегда доступно эталонное изображение и необходимо оценить один снимок или их последовательность. Это более сложная задача, при решении которой используются абсолютные (безэталонные или *no-reference*) оценки качества. В реальных прикладных задачах чаще всего используются безэталонные количественные оценки

качества, которые вычисляются локально различными способами. Например, на основе локальных градиентов, статистических характеристик, вейвлет-преобразований и др. Это позволяет оценить качество снимка, учитывая его изменения в различных областях.

Целью написания статьи было исследование количественных безэталонных оценок качества и поиск тех, которые позволяют выбирать изображения хорошего качества и соответствуют визуальному восприятию изображения после его сжатия алгоритмом JPEG.

В настоящее время в исследованиях в области обработки и анализа цифровых изображений широко используются методы машинного обучения (МО). Однако реальные прикладные задачи часто решаются в условиях ограничения объема данных и отсутствия размеченного набора изображений, поэтому методы МО в данном исследовании не рассматривались.

Результаты экспериментального анализа. Для экспериментальных исследований был использован пакет прикладных программ *MATLAB*, в котором реализованы алгоритм сжатия JPEG и стандартные количественные оценки качества изображений, которые можно применять без использования эталона – *BRISQUE*, *PIQE*, *NIQE* [1]. Для указанных оценок, чем меньше значение, тем лучше должно быть качество изображения. На рисунке 2 представлены графики безэталонных количественных оценок, вычисленных для двух изображений, фрагменты которых представлены на рисунке 1. По вертикальной оси графиков – нормализованные значения оценок в диапазоне [0; 1], по горизонтальной оси – степень сжатия алгоритмом JPEG, где 10 – это максимальная степень сжатия (результат сжатия на рисунке 1б), 100 – это минимальная степень сжатия, а значением 110 обозначено исходное изображение без сжатия.

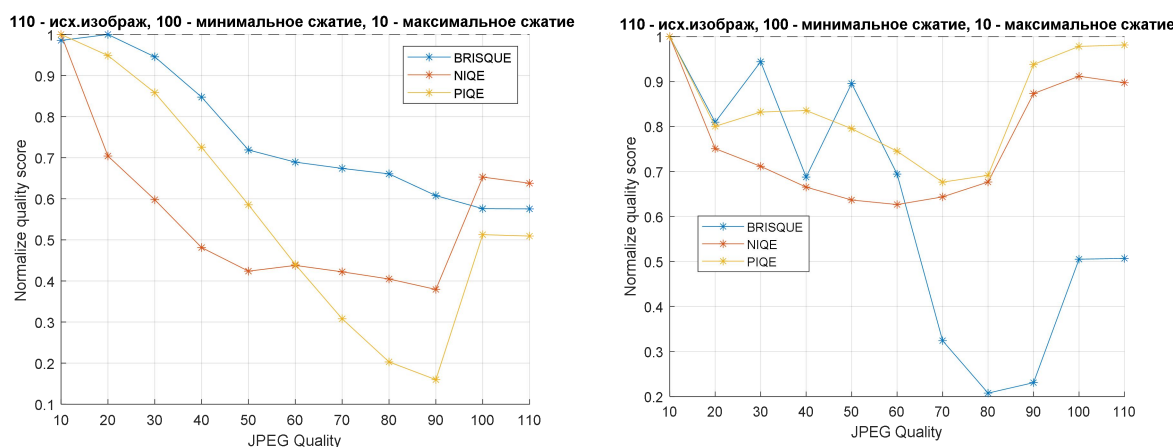


Рисунок 2. Количественные оценки, используемые в *MATLAB* для анализа качества изображений без наличия эталона

Проводя анализ полученных экспериментальных данных, можно отметить, что количественные оценки качества *BRISQUE*, *PIQE*, *NIQE* для определенных типов изображений не соответствуют визуальному восприятию человека. Такой пример представлен на рисунке 2, где минимальное значение оценок не соответствует изображению с лучшим качеством, т.е. исходному изображению. Аналогичные результаты, где количественные оценки *BRISQUE*, *PIQE*, *NIQE* не соответствуют визуальному анализу, были получены для изображений из общедоступной базы *TID2013* [5] после их сжатия алгоритмом *JPEG*. На рисунке 3 представлено одиннадцать анализируемых изображений (одно исходное *I01_jpeginput_image.jpg* из базы *TID2013* и десять его копий с разной степенью сжатия). Т.к. при печати сложно заметить разницу изображений рисунка 3, на рисунке 4 представлены увеличенные фрагменты шести изображений. На рисунке 5 показаны графики оценочных функций: три стандартные из

среды *MATLAB* и функция *NJQA* [6], используемая для оценки качества изображений после сжатия.

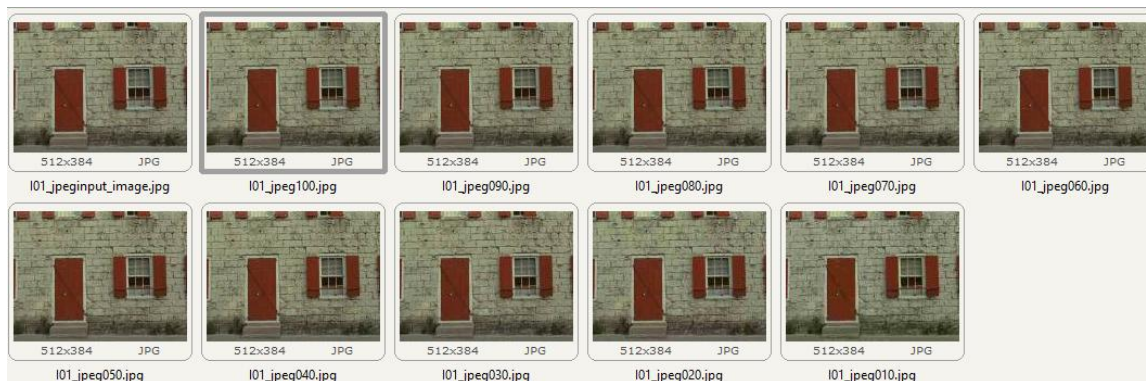


Рисунок 3. Последовательность из 11 изображений, где первое изображение – это исходное изображение из базы TID2013 (без сжатия), остальные – после сжатия алгоритмом *JPEG* (слева направо степень сжатия увеличивается от 100 до 10)

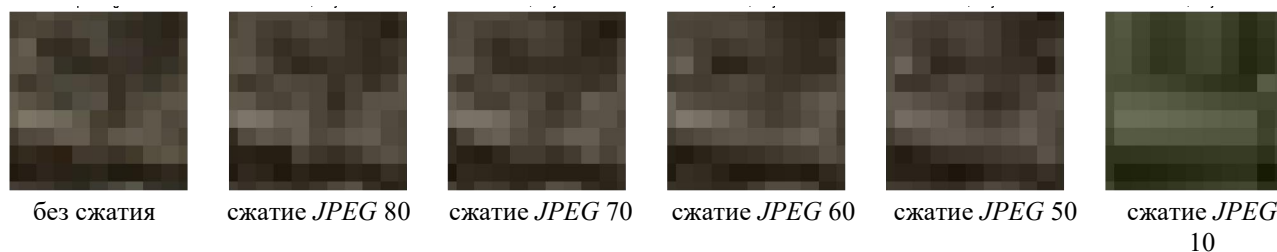


Рисунок 4. Увеличенные фрагменты изображений, представленных на рисунке 3 (слева направо степень сжатия увеличивается, последнее изображение с максимальным сжатием)

На графиках рисунка 5 можно заметить, что количественные оценки изображений не соответствуют визуальным, т.к. исходный снимок без сжатия должен иметь минимальные значения.

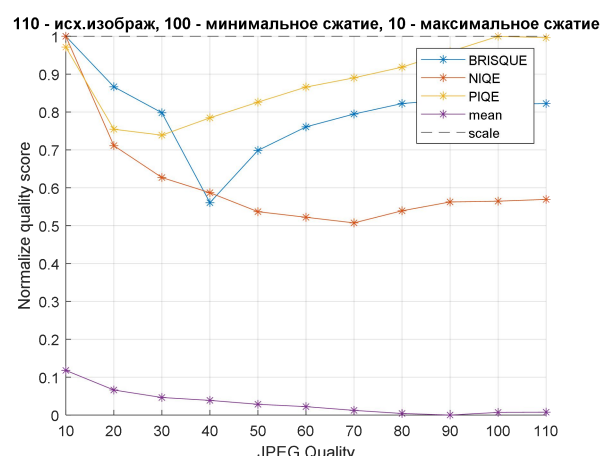


Рисунок 5. Количественные оценки качества изображений, представленных на рисунке 3

Экспериментальный анализ показал, что чем меньше разрешение изображения в пикселях, тем меньше его можно сжимать без потери визуального качества. При сжатии изображения меньшего разрешения, искажения проявляются в большей степени, но и размер изображения сокращается больше (рисунок 6). Таким образом, при выборе между

сжатием изображения меньшего разрешения и сжатием изображения большего разрешения, необходимо учитывать, как визуальное качество, так и размер файла. В зависимости от задачи и требований пользователей, можно найти оптимальный баланс между масштабированием изображения и сохранением деталей, чтобы достичь желаемого результата.

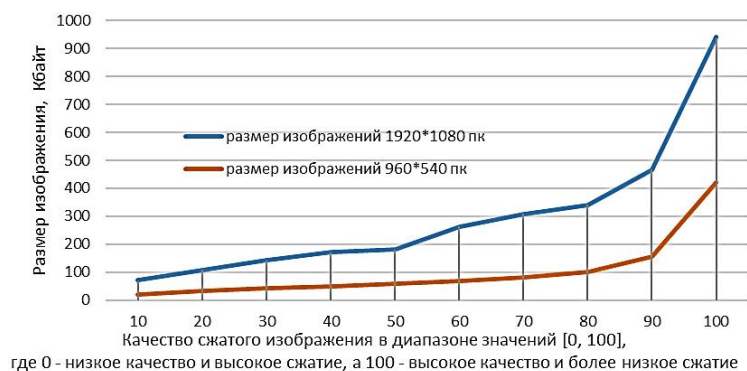


Рисунок 6. Изменение размера изображения в зависимости от качества файла, сжатого в формате *JPEG*

Было проанализировано тридцать безэталонных оценочных функций качества [1], которые используют усреднение локальных значений и упоминаются в отечественной, а также в зарубежной литературе. Оценки вычислялись как в частотной области, так и в пространственной. Размер локальной области мог быть фиксированным (например, 15x15 пикселей) или зависел от размера анализируемого изображения. Обычно в исследованиях используют предположение, что локальные оценки качества, вычисленные на основе одного изображения, нормально распределены, и в роли глобальной оценки применяют параметры нормального распределения – среднее арифметическое (математическое ожидание) и среднеквадратичное локальных оценок. Как показывают эксперименты распределение локальных значений оценочных функций чаще всего не соответствует нормальному распределению. Пример изображения после сжатия *JPEG* и его гистограмма локальных оценок функции *NJQA* представлены на рисунке 7. Анализ гистограмм локальных оценок (на нескольких тысячах изображений) показал, что они могут иметь несимметричную и мультимодальную форму распределения.

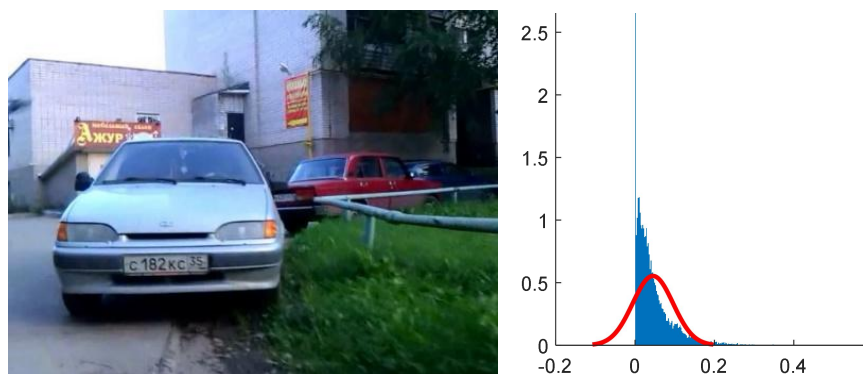


Рисунок 7. Изображение после сжатия и распределение его локальных значений оценочной функции качества *NJQA*. Визуальный анализ показывает, что форма гистограммы не соответствует нормальному распределению данных (красная линия на графике)

Для выбора более подходящего варианта аппроксимации множества локальных значений оценочных функций было исследовано 16 распределений данных: равномерное, нормальное, логарифмическое нормальное (логнормальное), экспоненциальное, гамма, Вейбулла, логистическое, логарифмическое логистическое, обобщенное распределение экстремальных значений, Бирнбаума-Саундерса, экстремальных значений, обобщенное Парето, обратное Гаусса, Накагами, Рэлея, Стьюдента. Анализ экспериментальных данных показывает, что распределение Вейбулла, имея более гибкую форму, точнее описывает множество локальных оценок, вычисленных для изображения. Предлагается вместо усреднения использовать параметры распределения Вейбулла – масштаб (*scale*) и форма (*form*). Для демонстрации предлагаемого подхода на рисунке 8 представлены графики для трех вариантов обобщения локальных значений оценочной функций качества *GLLV* [1], вычисленные для спутникового снимка (фрагмент его представлен на рисунке 1а) и его копий, полученных сжатием разной степени. Вертикальная и горизонтальная оси графиков соответствуют описанию осей рисунка 2. Анализ графиков показывает, что параметры распределения Вейбулла предпочтительнее использовать для обобщения локальных значений оценочных функций, а параметр *mean* (среднее) не соответствует визуальной оценкой человека.

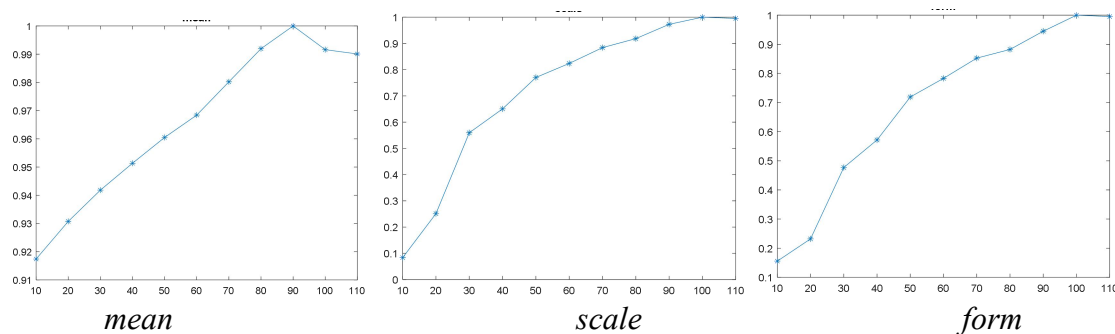


Рисунок 8. Графики для трех вариантов обобщения локальных значений количественной оценки *GLLV* (по горизонтальной оси – степень сжатия *JPEG*, по вертикальной оси – нормализованные значения оценок)

Заключение. Применение оперативной и точной автоматической оценки качества позволяет исключать из базы данных изображения неудовлетворительного качества, тем самым сокращая объем хранилища и экономя время специалистов, занимающихся последующим анализом данных. Это особенно актуально в областях, где требуется обработка большого количества цифровых изображений, таких как медицинская диагностика, научные исследования и промышленность.

Эксперименты показали, что использование распределения Вейбулла для моделирования количественных оценок изображений дает более точные результаты в оценке качества, чем нормальное распределение.

Работа частично выполнена в рамках проекта № Ф22СРБГ-001.

Список литературы

- [1] Голуб Ю. И. Оценка качества цифровых изображений / Ю.И. Голуб, В.В. Старовойтов. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2023. – 252 с.
- [2] ITU-T T.81 (1992) | ISO/IEC 10918-1:1994, Information technology – Digital compression and coding of continuous-tone still images – Requirements and guidelines. – 182p.
- [3] Zhang W., Ma K., Zhai G., Yang X. Uncertainty-Aware Blind Image Quality Assessment in the Laboratory and Wild // IEEE Transactions on Image Processing. – 2021. – Vol.30. – P.3474–3486.
- [4] Zhang X., Kwong S., Kuo C.-C.J. Data-Driven Transform-Based Compressed Image Quality Assessment // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2021. – 31(9). – P.3352–3365.

[5] Color image database TID2013: Peculiarities and preliminary results / N. Ponomarenko [et al.] // Signal Processing: Image Communication. – 2015. – Vol.30. – P.57–77.

[6] No-reference quality assessment of JPEG images via a quality relevance map // Signal Processing Letters. – 2014. – Vol.21. – №.2. – P.155–158.

IMAGE QUALITY ASSESSMENT AFTER JPEG COMPRESSION

Y.I. Golub

*Ph.D., Associate Professor, Senior
Researcher UIIP NAS of the
Republic of Belarus*

Abstract. The article describes the research of quality assessment methods, which were used to analyze images after their JPEG compression. No-reference measures are considered. Quality assessment of images after compression impacts the choice of optimal settings of various methods and allows to improve the visual characteristics of the compressed image while maintaining its acceptable quality. The quality is evaluated in terms of analyzing the sharpness, contrast and brightness of digital images. It is proposed to use a new approach to image quality estimation based on the analysis of distribution of local values of estimation functions. It is shown that the proposed approach allows more accurate estimation of image quality after image compression.

Keywords: digital image, JPEG compression algorithm, quality assessment, Weibull distribution.