



УДК 004.932:519.6

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНФОРМАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ ОДНОРОДНОСТИ****EVALUATION OF IMAGE QUALITY WITH THE USE OF THE INFORMATION
CRITERIA OF HOMOGENEITY****Е.М. Маматов, Д.А. Яцынюк
E.M. Mamatov, D.A. Yatsynyuk**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State University, Russia, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: mamatov@bsu.edu.ru, dashayatsynyuk@gmail.com**Аннотация**

Рассматривается задача нахождения оптимального способа оценки качества изображения. Данный способ основан на общеизвестных критериях оценки изображения и на информационной мере однородности. В данной работе предлагается для оценки качества использовать не сами критерии, а степень изменения данных критериев в пределах изображения. Предложенный способ может использоваться для автоматического отбора изображений для дальнейшей их обработки. Для проведения эксперимента было реализовано консольное приложение на языке программирования C++, с использованием библиотеки для компьютерной обработки изображений OpenCV. По итогам проведенных экспериментов была доказана эффективность оценки качества данным способом.

Abstract

This paper reveals existing methods for estimating image quality. Existing methods do not give ability to get absolute score for image quality. The main goal of the study is proposing of new effective method for evaluation of image quality. This method is based on well-known criteria for evaluation of image quality with the use of the information criterion of homogeneity. Image quality can be estimated with following criteria: brightness, contrast and tone saturation. By themselves criteria give information about general properties of image – those methods cannot be used for comparison. This paper proposes to use degree of change for criteria instead of using criteria itself. Offered method can be used for automatic selection of images for further processing. Console application was developed for experimentation with offered method with use of C++ programming language and computer vision framework OpenCV. Results of this experimentation proved high performance and effectiveness of evaluation of image quality with proposed method.

Ключевые слова: оценка качества изображения, мера однородности, степень изменения критериев, изменение яркости изображения.

Keywords: evaluation of image quality, homogeneity, degree of change for criteria, degree of change for brightness.

Введение

Объективная метрика качества изображения является важной частью систем обработки изображений. Особенно широко данные метрики используются в алгоритмах улучшения качества изображения [Корсунов, Торопчин, 2016].

В настоящее время для оценки качества изображений используют два подхода:

1. Количественная оценка качества с помощью математических методов
2. Субъективная оценка на основе экспертных оценок.

Субъективная оценка дает лишь некоторые представления о характере изображения и не может быть использована в автоматических процедурах обработки изображений. Для



использования вычислительной техники для организации процедур обработки изображений необходимы количественные оценки, которые смогут дать более точные показатели для сравнения и сделают возможным автоматическое их вычисление и сравнение.

На сегодняшний день для оценки качества изображений применяются следующие показатели:

1. яркость;
2. контрастность;
3. тоновая насыщенность.

Данные показатели характеризуют изображения отдельно в отношении каждого из них. Т.е. изображения можно сравнивать между собой, например, по яркости или по контрастности. Такая характеристика не всегда позволяет объективно дать комплексную оценку качества изображения. Для сравнения изображений различного качества необходимо предложить единый подход к вычислению яркости, контрастности, тоновой насыщенности, что позволит в дальнейшем конструировать функционалы оценки качества изображений.

В рамках настоящей работы предлагается для оценки яркости, контрастности и тоновой насыщенности использовать критерий однородности, предложенный в работе [Жиляков, Маматов, 1999].

Рассмотрим критерий оценки яркости изображения.

Яркость изображения оценивают как среднюю яркость всех пикселей или как математическое ожидание в терминах теории вероятностей [David H. Hubel, 1987].

Таким образом, яркость одного пикселя вычисляется по следующей формуле:

$$Y_p = R_p + G_p + B_p \tag{1}$$

Яркость всего изображения Y , содержащего N пикселей будет равна:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N R_p + G_p + B_p$$

Перейти к относительным величинам можно разделив значение яркости на максимально возможное значение яркости:

$$Y_{rel} = \frac{Y}{Y_{max}}$$

Тогда Y_{rel} будет лежать в диапазоне $[0,1]$. Значение 0 будет соответствовать абсолютно чёрному изображению, а значение 1 – абсолютно белому. Как отмечается в работе [David H. Hubel, 1987] изображение оптимальной яркости должно иметь значение Y_{rel} близкое к 0.5.

При использовании данного критерия сравнение двух изображений может привести к неверным результатам, так как его чувствительность к значительному изменению яркости изображения достаточно низкая (до 0,0001) [Kaehler, Bradski, 2016].

В настоящей работе предлагается следующий способ оценки яркости изображения.

Пусть изображение состоит из M пикселей. Далее вычислим яркость каждого пикселя Y_p по формуле (1).

Затем по следующей формуле

$$m_p = \frac{Y_p}{\sum_{p=1}^M Y_p}$$

получаем значения нормированных величин m_p

В рамках настоящей работы предлагается оценивать не саму яркость изображения, а характер ее изменения в пределах изображения [Жиляков, Маматов, 2000]. Для вычисления этого показателя будем использовать следующее выражение:

$$F(\bar{m}) = - \frac{\sum_{k=1}^K m_k \ln m_k}{\ln K},$$

предложенное в работе [Жиляков, Маматов, 1999].

Чем больше этот показатель, тем хуже качество изображения, так как зачастую ухудшение качества изображения происходит из-за «размытия» изображения – на нем появляются лишние оттенки цветов и характер изменения яркости пикселей в пределах изображения уменьшается, соответственно достигается наибольшая степень однородности [David H. Hubel, 1987]. Таким образом изображение будет иметь лучшее качество, при минимальных значениях этого показателя [Фисенко, Фисенко, 2008]. Данные утверждения подтверждают результаты вычислительного эксперимента. Для проведения эксперимента были отобраны несколько изображений. На рис.1 приведены 2 черно-белых изображения – слева изображение высокого качества и справа размытое изображение. Для изображения слева алгоритм показал 0,4154 однородности. Для размытого изображения – 0,6931. Данный пример наглядно иллюстрирует, что данный критерий верно отображает степень однородности яркости изображения и его можно использовать для автоматического отбора изображений [Жилияков, Маматов, 1999] при дальнейшей обработке.



Рис. 1. Примеры изображений
Fig. 1. Image examples

В то же время, если мы применим для сравнения критерий яркость, то не получим результатов подходящих для сравнения. Для правого изображения яркость была определена следующим значением – 0,8532, для левого – 0,8505. Исходя из этих результатов можно сказать лишь то, что изображение лучшего качества имеет большую яркость по сравнению с худшим [Prateek Joshi и т.д., 2016].

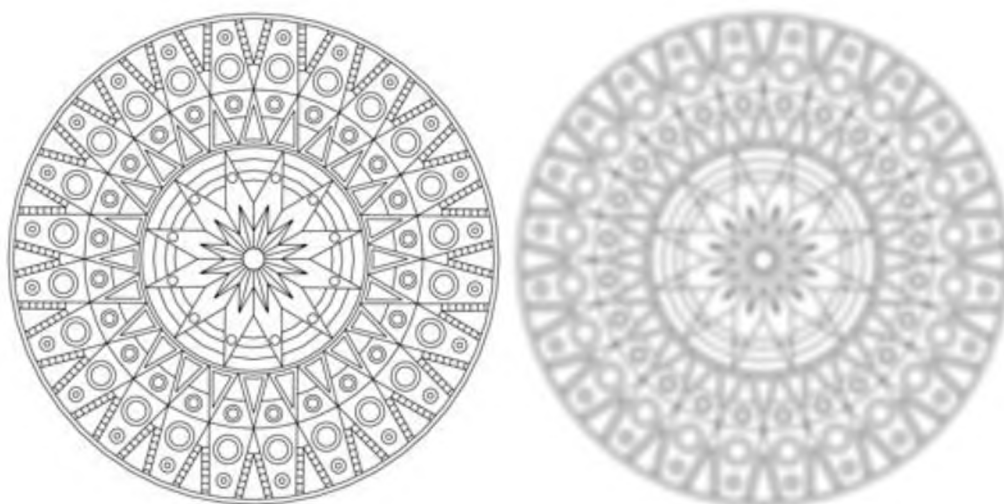


Рис. 2. Пример черно-белого изображения большого размера
Fig. 2. Large black-white image example

На рис.2 также приведены 2 черно-белых изображения, но большего размера. Алгоритм также выдал ожидаемые результаты: для первого изображения – 0,2322, а для второго – 0,7479. При этом значение яркости по выражению (3) для лучшего изображения



равно 0,7523, для худшего – 0,7843. Несмотря на то, что оба примера отображают черно-белые изображения, результаты оказались совершенно противоположны. Очевидно, что используя этот критерий, невозможно выработать определенную логику сравнения качества изображений.

Рассмотрим следующий критерий – тоновая контрастность [Wesley E. Snyder, Hairong Qi, 2017].

Можно вычислить «средний тон» пикселя для всего изображения. Его удобно выразить через средние значения RGB [Wesley E. Snyder, Hairong Qi, 2017]:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N R_p$$

$$G = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N G_p$$

$$B = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N B_p$$

Тоновая контрастность представляет собой отклонение цвета пикселя от «среднего тона», то есть расстояние между ними.

Расстояние в RGB кубе между пикселями изображения и «средним тоном» определяется по формуле [Фисенко, Фисенко, 2008]:

$$d_p = \sqrt{(R_p - R)^2 + (G_p - G)^2 + (B_p - B)^2} \tag{2}$$

Для оценки тоновой контрастности изображения содержащего N пикселей используется следующая формула [Маматов, 2003]:

$$d = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N d_p$$

Данный показатель не приводится к относительным величинам [Маматов, 1999]. Оценить степень тоновой контрастности можно сравнивая полученное расстояние с максимальными расстояниями в RGB-кубе - R_{\max} , G_{\max} , B_{\max} [Parker, 1996]. Если расстояние больше или равно данным величинам, то данное изображение имеет хорошую тоновую контрастность [Жиляков, Маматов, 1999].

В настоящей работе предлагается следующий способ оценки тоновой контрастности изображения.

Пусть изображение состоит из N пикселей. Далее вычислим расстояние между каждым пикселем и «средним тоном» по формуле d_p (2).

Затем по следующей формуле

$$z_p = \frac{d_p}{\sum_{p=1}^N d_p}$$

получаем значения нормированных величин z_p .

В рамках настоящей работы предлагается оценивать не саму контрастность изображения, а характер ее изменения в пределах изображения [Жиляков, Маматов, 2000]. Для вычисления этого показателя будем использовать следующее выражение:

$$G(z) = - \frac{\sum_{k=1}^K z_k \ln z_k}{\ln K}$$

предложенное в работе [Жиляков, Маматов, 1999].

Для изображения слева на рис.3 степень однородности составляет 0,9375, а справа – 0,9426.



Рис. 3. Цветные изображения
Fig. 3. Colored images

При применении данного критерия метод сравнения остается прежним – чем хуже качество, тем больше степень однородности изображения [Жиляков, Маматов, 2000].

Также можно заметить, что в сравнении с черно-белыми изображениями, для цветного были получены большие значения однородности. Это связано с тем, что на цветном изображении используется больше различных цветов [Маматов, 2005].

Также рассмотрим критерий для оценки тоновой насыщенности изображения. У изображения худшего качества очень сильно изменяются тона цветов – они становятся тусклыми [Маматов, 2006].

Тоновая насыщенность – это отличие цвета от ахроматического при их одинаковой яркости. В RGB-кубе тоновую насыщенность пикселя можно выразить как расстояние до диагонали ахроматических цветов [Фисенко, Фисенко, 2008]:

$$h_p = \sqrt{R_p^2 + G_p^2 + B_p^2 - \frac{(R_p + G_p + B_p)^2}{3}} \quad (3)$$

Данный критерий дает лишь определенную численную характеристику, что затрудняет процесс сравнения с использованием этого критерия [Жиляков, Маматов, 2013].

В настоящей работе предлагается следующий способ оценки тоновой насыщенности изображения.

Пусть изображение состоит из N пикселей. Далее вычислим расстояние между каждым пикселем и диагональю ахроматических цветов по формуле h_p (3).

Затем по следующей формуле

$$q_p = \frac{h_p}{\sum_{p=1}^N h_p}$$

получаем значения величин q_p .

В рамках настоящей работы предлагается оценивать не саму тоновую насыщенность изображения, а характер ее изменения в пределах изображения [Жиляков, Маматов, 2007]. Для вычисления этого показателя будем использовать следующее выражение:

$$E(\bar{q}) = - \frac{\sum_{k=1}^K q_k \ln q_k}{\ln K},$$

предложенное в работе [Жиляков, Маматов, 1999].

При применении данного критерия необходимо учитывать тип изображения (цветное оно или черно-белое), так как для черно-белого изображения изменяется метод сравнения – для изображения лучшего качества степень однородности больше, ведь расстояние между черным и белым цветами до диагонали ахроматических цветов является наибольшим и используется лишь 2 цвета, а при размытии на изображении черный и белый цвета переходят в различные оттенки серого, количество цветов пикселей увеличивается, соответственно однородность уменьшается [Маматов, 2008].

Для изображений на рис.1 были получены следующие результаты: для лучшего изображения – 0,3917, для худшего – 0,19.



Заключение

В статье предложен новый способ для объективной оценки качества изображений, основанный на информационной мере однородности. Данный способ можно использовать для автоматического отбора изображений при их дальнейшей обработке. Кроме того такой метод позволит в дальнейшем конструировать функционалы оценки качества изображений.

Список литературы

References

1. Корсунов Н.И., Торопчин Д.А., 2016. Метод классификации изображений на основе кластеризации сложных объектов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 23 (244): 100-104

Korsunov N.I., Toropchin D.A., 2016. A method for classifying images based on the clustering of complex objects. Scientific bulletins of BelSU. Ser. Economy. Computer science. 23 (244): 100-104

2. Жилияков Е.Г., Маматов Е.М., 1999 Информационный критерий однородности классификации объектов. Сборник докладов Российской научной конференции “Экономические информационные системы на пороге XXI века”, Москва: Изд-во МЭСИ. 197-200.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 1999. Informational criterion of homogeneity of classification of objects. Collection of reports of the Russian scientific conference "Economic Information Systems on the Threshold of the 21st Century", Moscow: Izd-vo MESI. 197-200.

3. David H. Hubel. Eye, brain and vision.-Scientific American library a division of help.-New York.

4. А.Гонта, Е.Седов Резкость изображения и оборудование CCTV. Источник: security-bridge.com

A.Gonta, E.Sedov Sharpness of the image and the equipment CCTV. Source: security-bridge.com

5. В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко, 2008, Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО. 192.

V.T. Fisenko, T.Yu. Fisenko, 2008, Computer processing and image recognition: Textbook. allowance. SPb: SPbSU ITMO. 192.

6. Жилияков Е.Г., Маматов Е.М., 1999. Определение весов признаков в алгоритмах вычисления оценок. Распознавание образов и обработка информации: Сб. науч. Тр. Минск: Издательство БГУ. 75-78.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 1999. Determination of feature weights in evaluation algorithms. Image recognition and information processing: Sat. sci. Tr. Minsk: Publishing house of BSU. 75-78.

7. Маматов Е.М., 1999. Оценка информативности признаков при решении задач классификации объектов. Потребительская кооперация России на пороге третьего тысячелетия: Сборник научных трудов участников научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Белгород: Изд-во БУПК. 165-175.

Mamatov E.M., 1999. Evaluation of the informative character of the characteristics when solving the problems of classification of objects. Consumer cooperation of Russia on the threshold of the third millennium: A collection of scientific works of participants in the scientific and practical conference of the faculty. Belgorod: Publishing House of BUPC. 165-175.

8. Жилияков Е.Г., Маматов Е.М., 1999. Оценка информативности признаков в задачах распознавания образов. Россия на пороге XXI века. Региональные особенности в процессе трансформации общества: Тезисы Международной научно-практической конференции, г.Архангельск: Международный «ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ». 35-37.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 1999. Evaluation of the informativeness of signs in the problems of pattern recognition. Russia on the threshold of the XXI century. Regional features in the process of society transformation: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference, Arkhangelsk: International "INSTITUTE FOR MANAGEMENT". 35-37.

9. Жилияков Е.Г., Маматов Е.М., 2000. Об Автоматической классификации объектов. Материалы Всероссийской научной конференции «Математическое моделирование в научных исследованиях», г. Ставрополь: Издательство СГУ. 36-38.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 2000. About automatic classification of objects. Materials of the All-Russian Scientific Conference "Mathematical Modeling in Scientific Research", Stavropol: Publisher SSU. 36-38.

10. Жилияков Е.Г., Маматов Е.М., 2000. Использование информационной меры в автоматической классификации объектов. Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века (XV научные



чтения БелГТАСМ): сб. докл. Белгород: БелГТАСМ, 2000. Ч. 5: Моделирование, информационные технологии и автоматизация в строительстве. 237-241.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 2000. The use of information measures in the automatic classification of objects. Quality, safety, energy and resource saving in the building materials industry and construction on the threshold of the XXI century (XV scientific readings of BelSTA): coll. doc. Belgorod: BelGTCM, 2000. Ч. 5: Modeling, information technology and automation in construction. 237-241.

11. Маматов Е.М., 2005. Обработка растровых изображений с использованием вариационного алгоритма автоматической классификации объектов, основанного на функционале однородности. Современные проблемы прикладной математики и математического моделирования: Материалы конференции.-Воронеж: Воронежская государственная академия.142.

Mamatov E.M., 2005. Processing of raster images using the variational algorithm for automatic classification of objects based on the homogeneity functional. Modern Problems of Applied Mathematics and Mathematical Modeling: Proceedings of the Conference. Voronezh: Voronezh State Academy. 142.

12. Маматов Е.М., 2006. О формировании признакового пространства в задачах распознавания образов и классификации объектов. Вестник Московской академии рынка труда и информационных технологий. Москва: МАРТИТ. 4(26). 20-28.

Mamatov E.M. 2006. On the formation of a feature space in problems of pattern recognition and object classification. Bulletin of the Moscow Academy of Labor and Information Technology. Moscow: MARTIT. 4 (26).20-28.

13. Жиликов Е.Г., Маматов Е.М., 2007. Информационная технология вариационной автоматической классификации объектов и распознавания образов. Журнал Научно-техническая информация-published in Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya, Seriya 2, No. 7, 21-28.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 2007. Information technology of variation automatic classification of objects and pattern recognition. Journal of Scientific and Technical Information-published in Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya, Seriya 2, 7, 21-28.

14. Жиликов Е.Г., Маматов Е.М., 2007. Вариационная технология классификации объектов. ISSN 0005-1055, Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, 2007, 41, 4, 150-158. Allerton Press, Inc.

Zhilyakov E.G., Mamatov E.M., 2007. Variational technology of object classification. ISSN 0005 1055, Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, 2007, 41, 4, 150-158. Allerton Press, Inc.

15. Маматов Е.М., 2008. Об автоматической классификации объектов и распознавании образов с использованием весов признаков и репрезентативностей классов. Научные ведомости. Белгородский государственный университет. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 17 (57). 47-55

Mamatov E.M., 2008. On automatic classification of objects and pattern recognition using characteristic weights and representativeness of classes. Scientific bulletins. Belgorod State University. Series: History. Political science. Economy. Computer science. 17 (57) 47-55

16. Маматов Е.М., 2003. Автоматизированное рабочее место для автоматической классификации объектов и распознавания образов. Вестник Национального технического университета "Харьковский политехнический институт". Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. Харьков: НТУ «ХПИ». 26. 111-114.

Mamatov E.M., 2003. Automated workplace for automatic classification of objects and pattern recognition. Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Collection of scientific papers. Thematic issue: Informatics and modeling.-Kharkov: NTU "KhPI". 26. 111-114.

17. J.R. Parker, 1996. Algorithms for image processing and computer vision. ISBN: 978 0 470 64385 3.

18. Adrian Kaehler, Gary Bradski, 2016. Learning OpenCV 3. Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. ISBN: 978 1 491 93799. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.

19. Prateek Joshi, David Millan Escriva, Vinicius Godoy, 2016. OpenCV By Example. ISBN: 978 1 785 28 094 8. Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place, 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK.

20. Wesley E. Snyder, Hairong Qi, 2017. Fundamentals of Computer Vision. ISBN: 978 1 107 18488 6. Published by Cambridge University Press, University Printing House, Cambridge CB2 8BS, UK.