



УДК 004.932:519.6

DOI:10.18413/2411-3808-2018-45-1-184-191

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНФОРМАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ ОДНОРОДНОСТИ****COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF IMAGE QUALITY WITH THE USE
OF THE INFORMATION CRITERIA OF HOMOGENEITY****Н.Г. Захарченко¹, Е.М. Маматов², Д.А. Яцынюк², Н.В. Колос¹
N.G. Zakharchenko¹, E.M. Mamatov², D.A. Yatsynyuk², N.V. Kolos¹**¹⁾ Белгородский университет кооперации, экономики и права,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Садовая, 116а²⁾ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85¹⁾ Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
Russia, 116a Sadovaya St, Belgorod, 308015, Russia²⁾ Belgorod State University, Russia, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: zng@bukep.ru, mamatov@bsu.edu.ru, dashayatsynyuk@gmail.com, kaf-ist-zav@bukep.ru

Аннотация

Рассматривается задача нахождения единого, универсального способа оценки качества изображения. Данный способ основан на критериях, которые характеризуют степень изменения яркости, тоновой насыщенности и контрастности изображений. Сами по себе критерии не во всех случаях дают возможность провести сравнительный анализ качества изображения. В данной работе предлагается для оценки качества использовать не сами критерии в отдельности, а функционал, отображающий степень изменения вышеперечисленных критериев в совокупности. Предложенный способ учитывает все возможные изменения характеристик изображения при ухудшении качества. 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, based on well-known criteria for evaluation of image quality with the use of the information criterion of homogeneity. Existing methods do not take into account all possible causes of quality loss and all types of images. The main goal of the study is proposing of universal 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: degree of change for brightness, contrast and tone saturation. By themselves criteria does not give correct results for all different types of images and causes of quality loss. This paper proposes to use composition of these criteria instead of using criteria itself. Offered method allows to unify method of evaluation of image quality. 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: комплексная оценка качества изображения, мера однородности, степень изменения критериев, изменение яркости изображения, изменение тоновой контрастности изображения, изменение тоновой насыщенности изображения.

Keywords: comprehensive assessment of image quality, homogeneity, degree of change for criteria, degree of change for brightness, degree of change for contrast, degree of change for tone saturation.



Введение

Важной составляющей систем обработки изображений является объективная оценка качества изображения. Такая оценка наиболее часто применима в алгоритмах улучшения качества изображения [Корсунов, Торопчин, 2016].

В настоящее время для оценки качества изображений применяют два подхода:

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

Субъективная оценка требует достаточно много времени и дает лишь некоторые представления о характере изображения и не может быть использована в автоматических процедурах обработки изображений. В свою очередь количественные оценки позволяют дать более точные показатели для сравнения и делают возможным автоматическое их вычисление и сравнение с использованием вычислительной техники.

В работе [Маматов, Яцынюк, 2017] были предложены следующие критерии для оценки качества:

1. степень изменения яркости;
2. степень изменения контрастности;
3. степень изменения тоновой насыщенности.

Данные критерии позволяют автоматически получать количественную оценку и проводить сравнение качества изображений. Однако, они не предоставляют единый подход для сравнения. Например, для оценки качества изображения с использованием критерия, характеризующего степень изменения тоновой насыщенности, необходимо учитывать тип изображения – цветное оно или черно-белое. Также возможен случай, когда изображению худшего качества будет дана неверная оценка. Такое возникает из-за случайного характера причины ухудшения изображения.

В рамках настоящей работы предлагается для комплексной оценки качества изображения использовать функционал, зависящий от степени изменения яркости, контрастности и тоновой насыщенности, которые предложены в работе [Маматов, Яцынюк, 2017].

Методы, основанные на информационном критерии однородности

Рассмотрим критерий, характеризующий степень изменения яркости.

Яркость изображения оценивают как среднюю яркость всех пикселей или как математическое ожидание в терминах теории вероятностей [David H. Hubel, 1987]. В работе [Маматов, Яцынюк, 2017] степень изменения яркости предлагается оценивать следующим образом:

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

где m_k - нормированные значения яркости, определенные следующей формулой:

$$m_k = \frac{Y_k}{\sum_{k=1}^M Y_k}$$

Чем больше этот показатель, тем хуже качество изображения, так как зачастую ухудшение качества изображения происходит из-за «размытия» изображения [Маматов, Яцынюк, 2017].

Рассмотрим следующий критерий – степень изменения тоновой контрастности [Маматов, Яцынюк, 2017].

В работе [Маматов, Яцынюк, 2017] степень изменения тоновой контрастности предлагается оценивать следующим образом:

$$G(\bar{z}) = - \frac{\sum_{k=1}^K z_k \ln z_k}{\ln K}, \tag{2}$$

где z_k - нормированные значения расстояний между каждым пикселем и «средним тоном изображения», определенные следующим выражением:

$$z_k = \frac{d_k}{\sum_{k=1}^N d_k}$$

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

Также рассмотрим критерий, характеризующий степень изменения тоновой насыщенности изображения.

Тоновая насыщенность — это отличие цвета от ахроматического при их одинаковой яркости. В работе [Маматов, Яцынюк, 2017] степень изменения тоновой насыщенности предлагается оценивать следующим образом:

$$E(\bar{q}) = -\frac{\sum_{k=1}^K q_k \ln q_k}{\ln K}, \quad (3)$$

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].

Результаты исследований

Наиболее часто изображения теряют качество из-за появления лишних шумов при передаче данных по каналам связи или какой-либо другой причине. А также из-за размытия изображения.

Шум на изображении - дефект изображения, который заключается в возникновении хаотически разбросанных пикселей случайного цвета и яркости по всему изображению, не соответствующих зарегистрированному свету.

Целью данного исследования является выявление закономерностей между существующими критериями оценки качества при построении функционала, отражающего комплексную оценку качества.

Проведем сравнительный анализ вышеупомянутых критериев при различной степени зашумления различных типов изображений.

Исследуем изображение с небольшим количеством различных цветов (Рис. 1).



Рис. 1. Исследуемые изображения с малым количеством цветов
Fig. 1. Examined images with a small number of colors

На рис. 1 приведены оригинальное изображение и изображение со степенью зашумления 100%. Для проведения эксперимента оригинальное изображение зашумлялось 10 раз с шагом зашумления 10%. Использовался переменный шум.

Для вычислений применим формулы (1), (2), (3).

Для наглядного представления результатов эксперимента была построена диаграмма, приведенная на рис. 2.

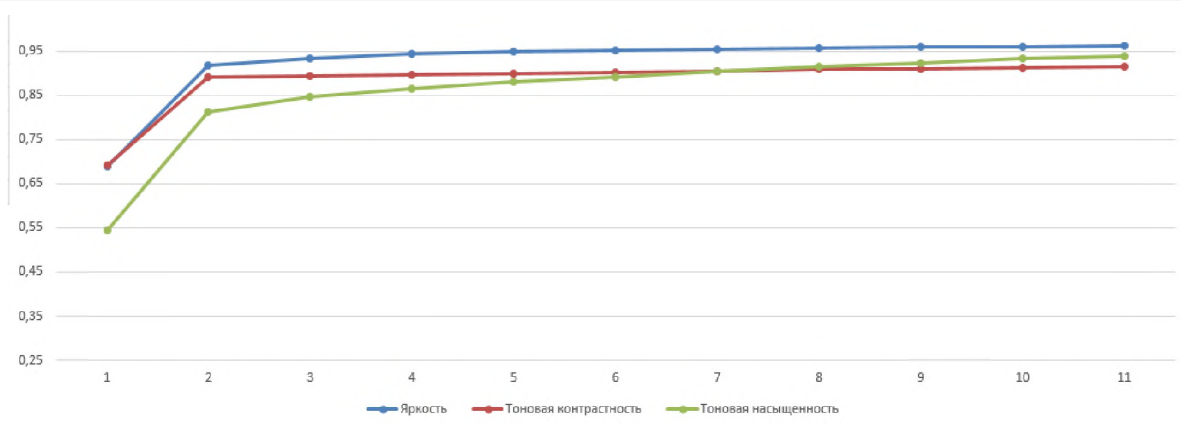


Рис. 2. Результаты исследования показателей оценки качества изображения с малым количеством цветов при зашумлении

Fig. 2. The results of the study of indicators for assessing the quality of an image with a small number of colors with noise

Анализируя представленные результаты, можно заметить, что показатели изменения тоновой контрастности сначала резко возрастают, а затем убывают с усилением зашумленности.

Используя такой метод для автоматической оценки качества изображения можно получить неверные результаты.

Проведем эксперимент для изображения с большим количеством цветов (рис. 3).

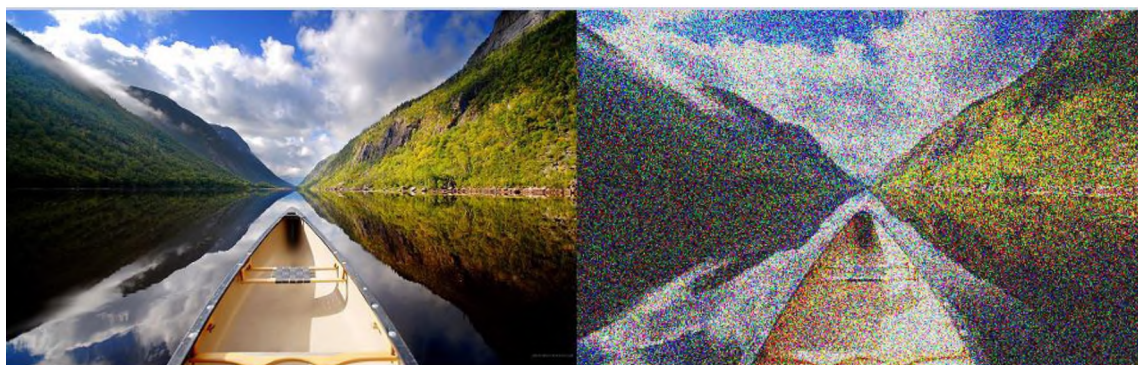


Рис. 3. Изображения с большим количеством цветов

Fig. 3. Images with big amount of colors

Для проведения эксперимента с оригинальным изображением проводились те же операции, что и с изображением на рис. 1. Результаты исследования показаны на рис. 4.

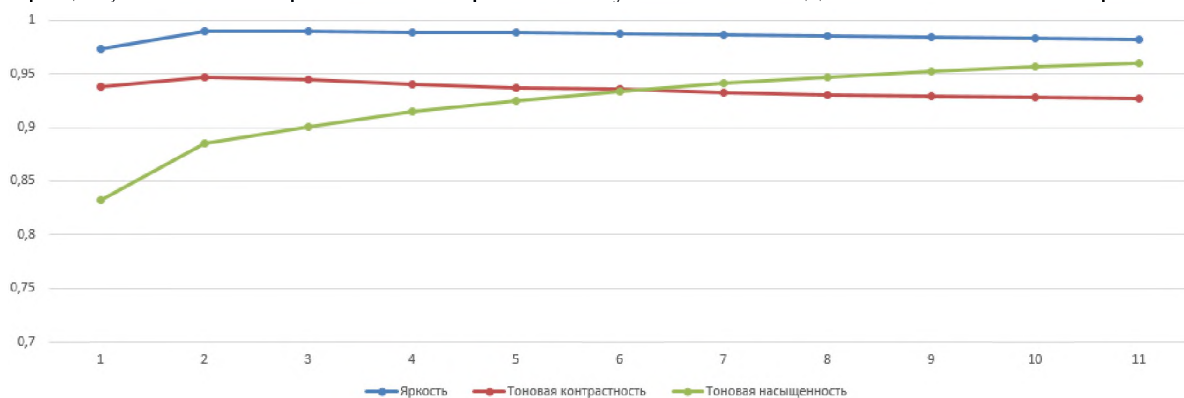


Рис. 4. Результаты исследования показателей оценки качества изображения с большим количеством цветов при зашумлении

Fig. 4. The results of the study of indicators for assessing the quality of an image with a big number of colors with noise

Для данного изображения можно наблюдать аналогичную ситуацию. Здесь также в начале резко возрастает, а затем убывает степень изменения тоновой контрастности и яркости.

Проведем эксперимент для черно-белого изображения (рис. 5).



Рис. 5. Черно-белые изображения
Fig. 5. Black-white images

Для проведения эксперимента были сделаны те же операции, что и для предыдущих изображений.

После проведения вычислительных экспериментов для данного типа изображений были получены наиболее верные результаты. Все показатели возрастающие, что дает возможность автоматически проводить сравнение качества изображений.

При проведении эксперимента выяснилось, что для различных типов изображений при зашумлении можно получить неверные результаты и гарантированно верный результат можно получить только для черно-белого изображения.

Проведем эксперимент для тех же изображений, но с использованием размытия оригинального изображения.

После проведения эксперимента были получены результаты, представленные на рис. 6.

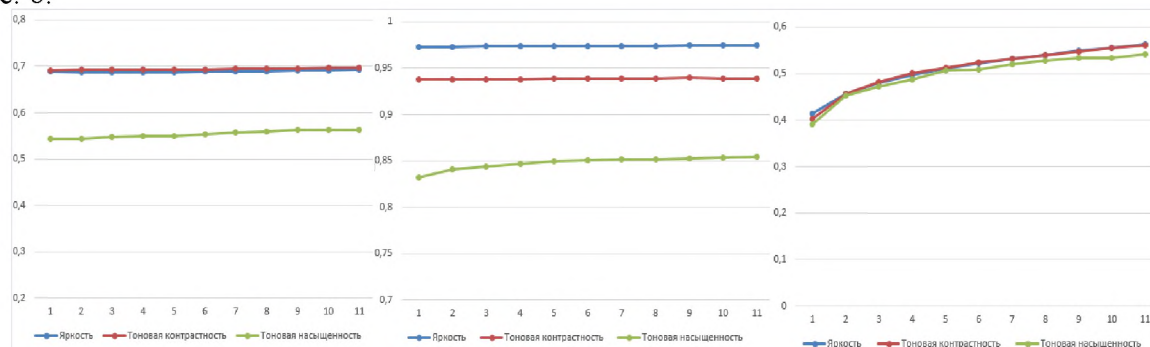


Рис. 6. Результаты исследований при размытии
Fig. 6. Experimentation results with blur

При размытии возникает общая проблема для всех типов изображений – изображения среднего качества могут получить неверные оценки, что приводит к неверному результату.

По результатам двух проведенных исследований, можно заметить, что уменьшение какого-либо из показателей, или двух одновременно, приводит к более быстрому возрастанию оставшихся показателей. Так, к примеру, при зашумлении показатели изменения тоновой насыщенности увеличиваются, причем наблюдается зависимость роста показателей от убывания показателей изменения яркости и тоновой контрастности. Аналогичную ситуацию можно наблюдать при размытии. В данном случае возможное убывание показателей изменения тоновой насыщенности приводит к возрастанию показателей изменения яркости.



Исходя из этого, для решения возникшей проблемы предлагается учитывать не каждый из показателей в отдельности, но в совокупности, а именно произведение изменения яркости, тоновой контрастности и тоновой насыщенности. Так как величины F , G , E нормированы, то справедливо будет их перемножить и получить величину в пределах изменения $[0;1]$.

Полученный функционал представлен следующим выражением:

$$U(F(\bar{m}), G(\bar{z}), E(\bar{q})) = F(\bar{m}) * G(\bar{z}) * E(\bar{q}), \tag{4}$$

Подставим выражения (1), (2), (3) в выражение (4):

$$U(F(\bar{m}), G(\bar{z}), E(\bar{q})) = -\frac{\sum_{k=1}^K m_k \ln m_k}{\ln K} * -\frac{\sum_{p=1}^P s_p \ln s_p}{\ln P} * -\frac{\sum_{n=1}^N q_n \ln q_n}{\ln N}, \tag{5}$$

Применив формулу (5) вычислим оценки качества для изображений с малым количеством цветов, большим количеством цветов и черно-белого изображения с применением зашумления и размытия.

Для наглядности результатов исследования были построены диаграммы для разных типов изображений при возникновении шума(см. рис. 7).

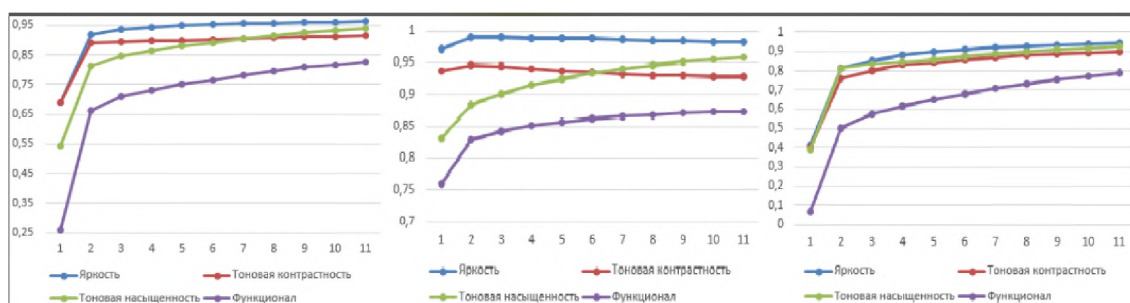


Рис. 7. Результаты вычислений функционала при возникновении шума

Fig. 7. Count results of function with noise

Также было проведено исследование и построены диаграммы для разных изображений при их размытии(см. Рис. 8).

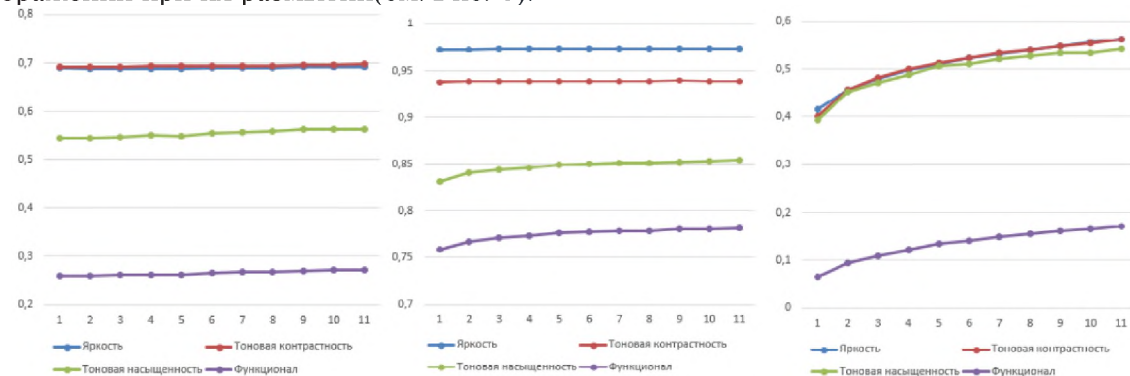


Рис. 8. Результаты вычислений функционала при размытии

Fig. 8. Count results of function with blur

Можно заметить, что полученные результаты располагаются в строго возрастающей последовательности. Это даёт возможность проводить сравнительный анализ качества изображений любого типа с разными дефектами. Также анализ результатов функционала в дальнейшем позволит определять причины потери качества.

Заключение

В статье приводятся исследования критериев оценки качества изображения, характеризующие степень изменения его характеристик. В ходе экспериментов были выявлены проблемы при использовании этих критериев, а также определены зависимости между данными критериями. Это позволило предложить новый, универсальный способ для



объективной оценки качества изображений, основанный на критериях, характеризующих степень изменения яркости, тоновой контрастности и тоновой насыщенности. Данный способ учитывает различные типы изображений и различные причины, вызвавшие потерю качества изображения. Такой метод позволяет провести автоматический отбор изображений при их дальнейшей обработке. Также этот метод позволит определять причину потери качества изображения для дальнейшего их устранения.

Список литературы References

1. J.R. Parker, 1996. Algorithms for image processing and computer vision. ISBN: 978 0 470 64385 3.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. David H. Hubel. Eye, brain and vision. – Scientific American library a division of help. New York.
6. 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.
7. Жилияков 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 EG, 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.
8. Жилияков 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, 7, 21–28.
Zhilyakov EG, 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.
9. 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 EG, 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.
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 EG, 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: BelGTASM, 2000. CH. 5: Modeling, information technology and automation in construction. 237-241.
11. 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.
12. 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

13. 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.

14. 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 EG, 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.

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., 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.

17. 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 EG, 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.

18. 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 EG, 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.

19. 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.

20. Маматов Е.М., Яцынюк Д.А., 2017. Оценка качества изображения с использованием информационного критерия однородности. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 23(272): 178-184

Mamatov E.M., Yatsyniuk D.A., 2017 Evaluation of image quality with the use of the information criteria of homogeneity. Scientific bulletins of BelSU. Ser. Economy. Computer science. 23(272): 178-184

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

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