

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The Global Risks Report 2018 // World Economic Forum, 2018. – 70 p.
2. Statement on the state of the global climate in 2019. – WMO, 2020. – 34 p.
3. Голубева, Е. И. Инновационные технологии в мониторинге лесных пожаров / Е. И. Голубева, С. Н. Жаринов // Вестник РАЕН. – 2014. – № 2, Том.14. – С. 67–72.
4. Виссия, Х. Принятие решений в информационном обществе / Х. Виссия, В. В. Краснопрошин, А. Н. Вальвачев. – СПб : ЛАНЬ, 2019. – 227 с.
5. Кудрин, А. Ю. Современные методы обнаружения и мониторинга лесных пожаров / А. Ю. Кудрин, А. И. Запорожец, Ю. В. Подрезов // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – Том 3, Вып. 4. – С. 66–67.
6. Катковский, Л. В. Методы и средства дистанционного мониторинга лесных пожаров / Л. В. Катковский, С. Ю. Воробьев // Доклады БГУиР. – 2009. – N 2. – С. 51–58.
7. Котельников, Р. В. Космический мониторинг лесных пожаров / Р. В. Котельников, Н. А. Коршунов // Авианорама. – 2008. – № 2. – С. 14–17.
8. Forest fire detection [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://forestfiredetection.com>. – Дата доступа : 30.12.2019.
9. Лесной дозор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lesdozor.ru/about-system/>. – Дата доступа : 14.01.2020.
10. Бродский, Ю. И. Распределенное имитационное моделирование сложных систем / Ю. И. Бродский – М. : ВЦ РАН, 2010. – 156 с.
11. Zadeh, L. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems / L. Zadeh, G. Klir, B. Yuan. – World Scientific Pub. Co. Inc., 1996. – 840 p.
12. ThonnyIDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://thonny.org/>. – Дата доступа : 15.01.2020.

03.02.2020

BARANOVSKY O. V., KRASNOPROSHIN V. V., VALVACHEV A. N. System of monitoring natural and territorial complexes

The article considers the problem of organizing proactive monitoring of natural-territorial complexes (forests, reserves, etc.) in order to ensure their safety. A complex of models, a proactive decision-making algorithm, a monitoring program and an example of its use are proposed. The peculiarity of the algorithm is the use of normalized signals of heterogeneous sensors, which made it possible to evaluate objects based on data of various nature.

004; 004.93

. . .

. . .

. . .

Введение. Более триллиона фотографий было сделано в 2018 году. Задача оперативной оценки их качества и удаления плохих фотографий является очень актуальной проблемой [1]. Однако для фотографий и любых других цифровых изображений не существует эталонов, с которыми их можно сравнивать. Цель наших исследований: оценка качества цифровых изображений в отсутствии эталонов.

Исследования, представленные в статье [2], показали, что множество локальных оценок качества, полученных в результате анализа одного изображения, может не соответствовать нормальному распределению данных. В статьях [3–4] экспериментально показано, что модификация известных подходов по оценке качества посредством использования параметра формы распределения Вейбулла вместо среднего значения локальных оценок точнее описывает контраст изображения и лучше коррелирует с визуальными оценками качества изображения. Данная статья продолжает исследования в указанной области. Описаны решения двух задач:

1. Выбрать распределение случайных величин, которое точнее нормального аппроксимирует множество локальных оценок качества. На рисунке 1в качестве примера представлены исходное изображение из базы TID2013 [5] и гистограмма локальных оценок меры качества LOEN, аппроксимированная шестью распределениями. Метод максимального правдоподобия показал, что для представленного изображения хуже всего гистограмму локальных оценок аппроксимирует распределение Рэлея, а лучше всего – распределение экстремальных значений.

2. Выбрать параметры распределений, значения которых максимально коррелируют с визуальной оценкой качества цифровых изображений (MOS – Meanopinionscore).

Экспериментальная часть. В экспериментах использовались три общедоступные базы изображений: 1) TID2013 (3000 искажен-

ных изображений размером 512x384 пикселя, 24 типа искажений, 5 уровней искажений каждого исходного изображения); 2) CSIQ Lab [6] (142 изображения, 5 уровней искажения контраста, 29 исходных изображений размером 512x512 пикселя); 3) CCID [7] (нелинейные изменения контраста 670 изображений размером 768x512 пикселя).

Из базы TID2013 было отобрано 5 групп по 120 изображений, которые имитируют искажения, возникающие в процессе регистрации изображений: аддитивный гауссовский шум, импульсный шум, гауссовское размытие, фильтрация шума, изменение контраста. На рисунке 2 представлены примеры изображений с разными искажениями.

Для исследования вариантов описания множества локальных оценок характеристиками кривой были выбраны следующие распределения случайных величин: равномерное (uniform), нормальное (normal), логарифмическое нормальное (логнормальное, log-normal), экспоненциальное (exponential), гамма (gamma), Вейбулла (Weibull), логистическое (logistic), логарифмическое логистическое (log-logistic), обобщенное распределение экстремальных значений (generalizedextremevalue, GEV), Бирнбаума-Саундерса (BirnbaumSaunders), экстремальных значений (extremevalue), обобщенное Папето (generalizedPareto), обратное Гаусса (inverseGaussian), Накагами (Nakagami), Рэля (Rayleigh), Стюдента (t location-scaledistribution) [8]. В экспериментах были использованы ранее отобранные меры качества изображений: BEGH [4], BREN [9], CON3 [10], FUS, GORD [4], HELM [9], LAPD [3], LAPM [9], LOCC [9], LOEN [9], SVDB [9].

В первых экспериментах использовались изображения базы TID2013. Для каждого типа искажения каждой меры качества с помощью метода максимального правдоподобия вычислялась точность приближения исследуемых параметров 16-ти распределений к

Голуб Юлия Игоревна, к. т. н., доцент, старший научный сотрудник государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» (ОИПИ НАН Беларуси).

Старовойтов Валерий Васильевич, д. т. н., профессор, главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси, лауреат Государственной премии Республики Беларусь.

Беларусь, ОИПИ НАН Беларуси, 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 6.

Старовойтов Федор Валерьевич, аспирант Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

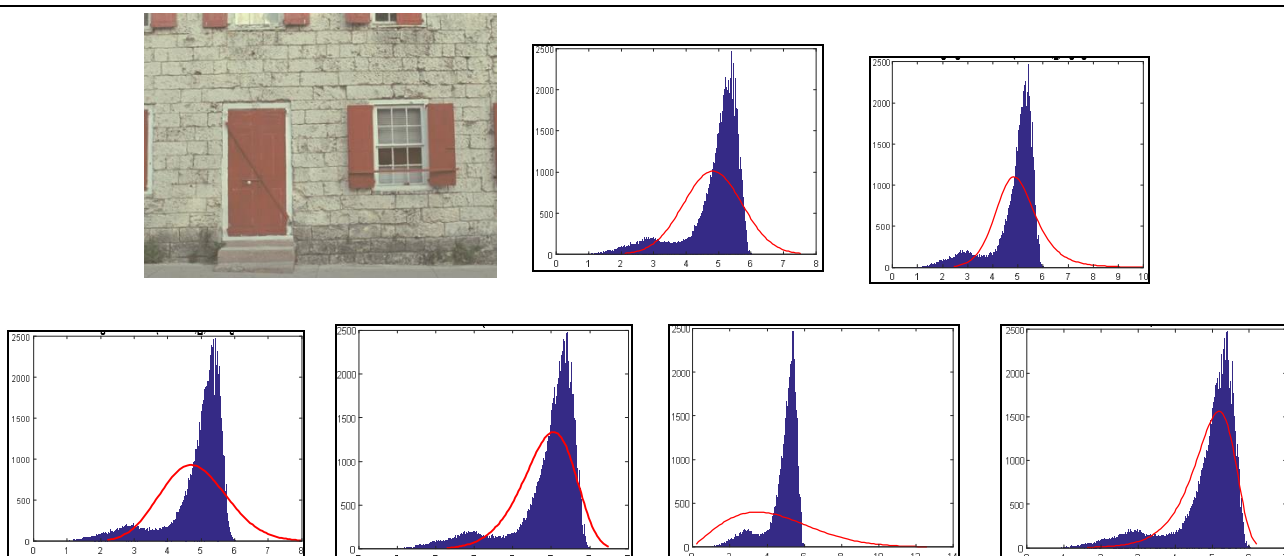
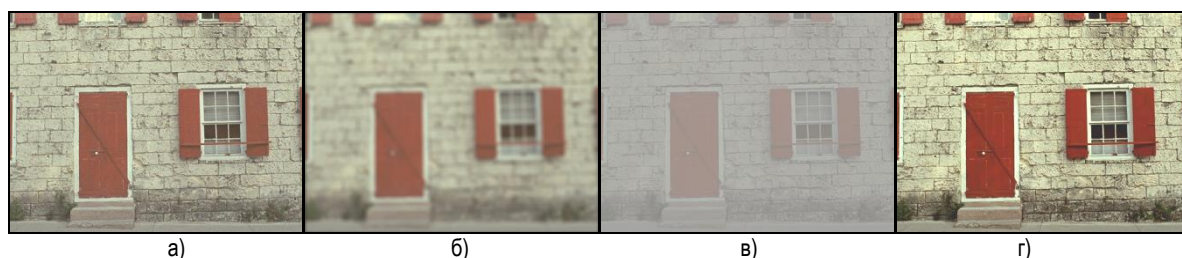


Рисунок 1 – Исходное изображение базы TID2013 и варианты аппроксимации гистограммы локальных оценок (мера качества – LOEN) следующими распределениями : нормальное, логарифмическое логистическое, Накагами, Вейбулла, Рэля, экстремальных значений



а)

б)

в)

г)

Рисунок 2 – Примеры изображений, используемых в экспериментах: а) исходное изображение, б) результат гауссовского размытия исходного изображения, в-г) изображение с изменением контраста

Таблица 1 – Результаты применения метода максимального правдоподобия для локальных оценок меры BEGH для изображений первого типа искажений из базы TID2013

№	Название распределения	sumLL
1	Generalized Pareto	49438223
2	Weibull	49116070
3	Gamma	48858293
4	Log-logistic	48830124
5	GEV	48511797
6	Log-normal	48216360
7	Exponential	48001481
8	Nakagami	46469887

№	Название распределения	sumLL
9	Tlocation-scale	41607257
10	Logistic	36320748
11	BirnbaumSaunders	33751620
12	Normal	30632560
13	Rayleigh	21540209
14	ExtremeValue	15327136
15	Uniform	1505162
16	Inverse Gaussian	-45390987

Таблица 2 – Суммы рангов исследуемых распределений для изображений базы TID2013 (тип искажения изображений – аддитивный гауссовский шум)

№	Название распределения	Сумма рангов
1	Log-logistic	43
2	Gamma	49
3	GEV	52
4	Weibull	54
5	Log-normal	56
6	Nakagami	60
7	GeneralizedPareto	66
8	T location-scale	66

№	Название распределения	Сумма рангов
9	Logistic	90
10	Normal	97
11	Birnbaum Saunders	98
12	Exponential	107
13	Inverse Gaussian	111
14	ExtremeValue	127
15	Uniform	141
16	Rayleigh	143

множеству локальных оценок качества каждого изображения. Далее полученные значения были просуммированы для всех мер (см. значения переменной sumLL в таблице 1) и проранжированы для каждого изображения. Ранги суммировались для всех мер (результаты представлены в таблице 2).

Анализ таблиц 1–3 показывает, что нормальное распределение не является лучшим среди исследованных (этот вывод подтверждают результаты статьи [2]), однако его параметр – среднее значение локальных оценок, часто используется как глобальная оценка качества

исследуемого изображения. По сумме рангов нормальное распределение не поднимается выше девятого места среди шестнадцати распределений. В таблице 2 представлены результаты суммирования рангов для изображений с добавлением аддитивного гауссовского шума, нормальное распределение занимает только десятое место.

Согласно суммам рангов, шесть распределений были отобраны для дальнейших экспериментов (в таблице 2 выделены жирным шрифтом): логарифмическое логистическое, гамма, Вейбулла, обобщенное распределение экстремальных значений, логнормальное, Накагами.

Таблица 3 – Отобранные распределения и их суммы рангов (для трех баз изображений)

База TID2013		База CSIQ Lab		База CCID2014	
Распределение	Сумма рангов	Распределение	Сумма рангов	Распределение	Сумма рангов
weibull	17	gamma	16	gamma	16
gamma	18	nakagami	18	weibull	18
log-logistic	19	log-logistic	18	nakagami	18
nakagami	20	weibull	19	log-logistic	20
gev	27	log-normal	28	gev	28
log-normal	28	gev	29	log-normal	28
normal	39	normal	40	normal	40

Далее отобранные распределения были проранжированы еще раз (в этом случае были использованы изображения трех баз изображений). Результаты представлены в таблице 3 (нормальное распределение указано для сравнения). Анализ полученных данных по трем базам изображений показал: у четырех первых распределений суммы рангов очень близки (отличаются на одно-два значения); первые четыре распределения – одинаковы для трех баз изображений; разница в сумме рангов между четвертым и пятым распределениями составляет 7–8 значений. Далее для четырех лучших распределений (в таблице 3 выделены жирным шрифтом) по трем базам изображений была вычислена общая сумма рангов (таблица 4).

Таблица 4 – Общая сумма рангов четырех распределений (вычислялась по таблице 3)

Распределение	Общая сумма рангов
gamma	50
weibull	54
nakagami	56
log-logistic	57

Для решения второй задачи была исследована корреляция параметров, четырех отобранных распределений с визуальными экспертными оценками (MOS). Не все базы изображений имеют доступные для экспериментов значения MOS. В базе изображений TID2013 [5] они имеются.

На графиках рисунков 3–4 непрерывной линией обозначены MOS, штриховой – первый параметр распределения, штрих-пунктирной – второй параметр распределения. Значения всех оценок качества при отображении на одном графике были нормализованы к диапазону (0; 1), чем больше значение оценки, тем качественнее изображение. На рисунке 3 представлен результат, когда количественные оценки (параметры ФОРМА и МАСШТАБ гамма-распределения меры BEGH) не соответствуют визуальной оценке эксперта. Что подтверждается не только графиком, но и значением коэффициента корреляции Спирмена, он меньше 0,7. На рисунке 4 представлен результат, когда исследуемые количественные оценки соответствуют MOS – значение коэффициента корреляции Спирмена между первым параметром распределения Вейбулла (МАСШТАБ) и MOS – 0,79, значение коэффициента корреляции Спирмена между вторым параметром распределения Вейбулла (ФОРМА) и MOS – 0,87. На рисунках 3–4 показан результат для изображений с импульсным шумом.



Рисунок 3 – Графики MOS и параметров гамма-распределения для меры BEGH, тип искажения – импульсный шум (коэффициент корреляция Спирмена для MOS и количественных оценок – меньше 0,7)

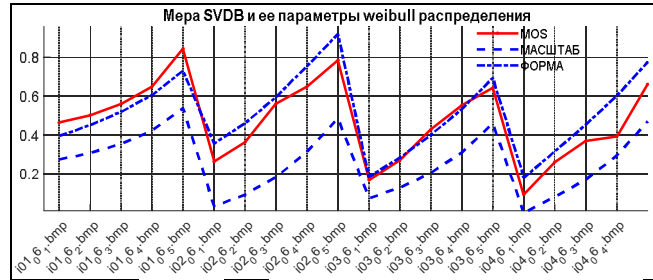


Рисунок 4 – Графики MOS и параметров распределения Вейбулла (МАСШТАБ и ФОРМА) для меры SVDB, тип искажения – импульсный шум (коэффициент корреляция Спирмена для MOS и количественных оценок – больше 0,7)

Заключение. Невозможно предложить единую универсальную оценку качества изображений в отсутствии эталона [1]. В результате экспериментальных исследований, выполненных для 16 распределений данных и 11 функций безэталонных оценок качества изображений с использованием трех общедоступных баз цифровых изображений различного качества были отобраны четыре распределения (логарифмическое логистическое, гамма, Вейбулла и Накагами), лучше других описывающие совокупные свойства локальных оценок отобранных функций. Экспериментально доказано, что они точнее нормального распределения аппроксимируют гистограммы локальных оценок различных мер качества. Один из параметров указанных распределений можно использовать в качестве обобщенной оценки качества изображений с различными видами искажений.

Предлагаются следующие рекомендации.

1. Для изображений с **аддитивным гауссовским шумом** для оценки качества изображений целесообразно использовать значение параметра ФОРМА гамма-распределения для локальных оценок, вычисляемых восьмью мерами: BREN, CON3, FUS, LAPD, LAPM, LOCC, LOEN, SVDB. Нецелесообразно применять локальные меры BEGH, GORD и HELM потому, что для них отсутствует корреляция с визуальными оценками экспертов.

2. Для оценки качества изображений с **импульсным шумом** целесообразно использовать значение параметра ФОРМА гамма-распределения для меры SVDB, т. к. в данном случае коэффициент корреляции Спирмена максимален и равен 0,88. Нецелесообразно использовать локальные оценки мер: BEGH, BREN, CON3, FUS, GORD, HELM и LOEN (рисунок 2) потому, что для них отсутствует корреляция с визуальными оценками экспертов.

3. Для оценки качества изображений с **гауссовским размытием** целесообразно использовать значение параметра ФОРМА распределения Вейбулла для меры SVDB. Т. к. в данном случае коэффициент корреляции Спирмена максимален и равен 0,80. Нецелесообразно использовать локальные оценки мер CON3, FUS, GORD, LOEN потому, что для них отсутствует корреляция с визуальными оценками экспертов.

4. Для оценки качества изображений с искажениями, возникающими в результате **фильтрации шума**, целесообразно использовать значение параметра МАСШТАБ гамма-распределения локальных оценок меры BEGH, так как в данном случае коэффициент корреляции Спирмена максимален и равен 0,76. Нецелесообразно использовать локальные оценки мер BREN, FUS, CON3, GORD, LOCC, LOEN потому, что для них отсутствует корреляция с визуальными оценками экспертов.

5. Для оценки качества изображений с **изменением контраста** лучше использовать значение параметра ФОРМА распределения Вейбулла для локальных оценок меры HELM, так как в данном случае коэффициент корреляции Спирмена максимален и равен 0,83. Нецелесообразно использовать локальные оценки мер BREN, CON3, LAPD, LAMP, LOCC, LOEN, SVDB потому, что для них отсутствует корреляция с визуальными оценками экспертов.

Исследования выполнены в рамках проекта БРФФИ Ф18МС-028.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Xu, S. No-reference/blind image quality assessment: a survey / S. Xu, S. Jiang, W. Min // IETE Technical Review. – 2017. – Vol. 34. – № 3. – С. 223–245.
- Старовойтов, В. В. Уточнение индекса SSIM структурного сходства изображений / В. В. Старовойтов // Информатика. – 2018. – Т. 15. – № 3. – С. 41–55.
- Голуб, Ю. И. Сравнительный анализ безэталонных оценок резкости цифровых изображений / Ю. И. Голуб, Ф. В. Старовойтов, В. В. Старовойтов // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2019. – № 7(125). – С. 113–120.
- Голуб, Ю. И. Исследование локальных оценок контраста цифровых изображений при отсутствии эталона / Ю. И. Голуб, Ф. В. Старовойтов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 2(22). – С. 4–11.
- Ponomarenko, N. Image database TID2013: Peculiarities, results and perspectives / N. Ponomarenko, L. Jin, O. Ieremeiev, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, B. Vozel, K. Chehdi, M. Carli, F. Battisti, C.-C. Jay Kuo // Signal Processing: Image Communication. – 2015. – V. 30. – P. 57–77.
- Larson, E. C. Most Apparent Distortion: Full-Reference Image Quality Assessment and the Role of Strategy / E. C. Larson, D. M. Chandler // Journal of Electronic Imaging. – 2010. – Vol. 19. – № 1. – P. 1–21.
- Gu, K. Subjective and objective quality assessment for images with contrast change / K. Gu, G. Zhai, X. Yang, W. Zhang, M. Liu // Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing. – Melbourne, VIC, Australia. – Sep. 2013. – P. 383–387.
- Univariate Distribution Relationships [Электронный ресурс] / The College of William and Mary in Virginia. – Режим доступа : <http://www.math.wm.edu/~leemis/chart/UDR/links.html>.
- Старовойтов, Ф. В. Параметры кривой распределения локальных оценок как меры качества изображений / Ф. В. Старовойтов, В. В. Старовойтов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2018. – № 3. – С. 26–41.
- Guan, J. No-reference Blur Assessment Based on Edge Modeling / J. Guan, W. Zhang, J. Gu, H. Ren // Journal of Visual Communication and Image Representation. – 2015. – T. 29. – C. 1–7.

03.02.2020

GOLUB Y. I., STAROVOITOV F. V., STAROVOITOV V. V. Study of no-reference local image quality assessments

The article presents results of new generalizing for the set of local no-reference image quality estimates. Currently, for this, the arithmetic mean value is mainly used. It is one of the parameters of the normal distribution. We propose to use the parameters of distributions of the logarithmic type as new quality estimates for images with different types of distortions. Using the maximum likelihood method, we proved that they better generalize properties of sets of local estimates. To compare the expert mean opinion scores of image quality with the proposed assessments, the Spearman rank correlation coefficient was used. Digital images from public databases were used in our experiments.

004.89

• • • • •

Введение. Автоматическое распознавание спутниковых или аэроснимков – это наиболее перспективный способ получения информации о расположении различных объектов на местности. Отказ от ручной разметки снимков особенно актуален, когда речь заходит об обработке больших участков земной поверхности в сжатые сроки.

Распознавание изображений – это технология, которая заключается в обработке, анализе и понимании изображений реального мира: идентификации целевых объектов посредством использования алгоритмов и концепций машинного обучения.

Задача распознавания крон деревьев на спутниковых изображениях заключается в выделении на них областей, соответствующих реальному расположению выбранных объектов исследования. Для человека не составляет особого труда решить данную задачу, однако это довольно нетривиальная задача для вычислительной машины, так как практически любое её действие – это чётко определённый алгоритм. В общем виде задачи распознавания трудно алгоритмируются, потому для их решения в настоящее время широко используются методы искусственного интеллекта, например, нейронные сети.

Наибольшей популярностью при решении задач такого типа пользуются свёрточные нейронные сети, которые входят в состав технологий глубокого обучения, – попытка научить компьютеры самостоятельно обучаться на большом количестве данных.

Спутниковые изображения находят применение во многих отраслях деятельности – сельском хозяйстве, геологических и гидрологических исследованиях, лесоводстве, охране окружающей среды, планировке территорий, образовательных, разведывательных и военных целях. Такие изображения могут быть выполнены как в видимой части спектра, так и в ультрафиолетовой, инфракрасной и других частях диапазона.

В последнее время многие команды разработчиков ставят перед собой задачу преобразования спутниковых снимков в полноценные размеченные карты. Чтобы с картой было удобно работать, на снимках многоугольниками размечаются объекты: леса, водоёмы, улицы, дома и т. п. Обычно разметкой занимаются специалисты-картографы. Задача разметки карт вручную является очень трудоёмкой, ресурсоёмкой и требующей много времени для выполнения, потому задача автоматизации этого процесса является очень актуальной.

За операции с изображениями отвечает область информационных технологий, которая называется компьютерным зрением. Одна из областей, которая описывается как принадлежащая к искусственному интеллекту и одновременно имеющая связь с компьютерным зрением, – это распознавание образов. Распознавание образов – направление, связанное с разработкой принципов и построением систем, предназначенных для определения принадлежности данного объекта к одному из заранее выделенных классов объектов.

Хацкевич Мария Викторовна, старший преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

Михняев А. Л., старший преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.