

Ю. И. ГОЛУБ¹, Ф. В. СТАРОВОЙТОВ², В. В. СТАРОВОЙТОВ¹

ВЛИЯНИЕ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ВЫЧИСЛЕНИЕ ОЦЕНКИ ЕГО КАЧЕСТВА

¹ Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

² Белорусский национальный технический университет

В статье описаны исследования влияния уменьшения изображений на количественную оценку их качества. Под уменьшением изображения подразумевается пропорциональное уменьшение горизонтального и вертикального разрешений изображения в пикселях. В рамках данных исследований был выполнен анализ корреляции между количественными оценками качества изображений и субъективными оценками экспертов. Для экспериментов использовались изображения из общедоступной базы TID2013с разрешением изображений 512×384 пикселя и с экспертными оценками их качества, а также фотографии, сделанные цифровой фотокамерой Nikon D5000 с разрешением 4288×2848 пикселя. Все изображения уменьшались в 2, 4 и 8 раз. Для уменьшения использовались два метода: билинейная интерполяция и интерполяция по ближайшему соседу.

Для оценки качества изображений было отобрано 22 меры. Количественная оценка качества изображения вычислялась в два этапа. На первом этапе получали массив локальных оценок в окрестности каждого пиксела с использованием отобранных мер. На втором этапе вычислялась глобальная оценка качества по полученным локальным. Для обобщения локальных оценок качества рассматривались параметры 16 распределений случайных величин.

По результатам экспериментов сделан вывод, что точность оценки качества для некоторых мер снижается при уменьшении изображений (например, меры FISH, GORD, HELM, LOEN). Рекомендуется применять меры BREN и SHAR. Для уменьшения изображений лучше использовать метод интерполяции ближайшего соседа. При этом время вычислений оценок в среднем сокращается в 4 раза при уменьшении изображений в 2 раза. При уменьшении изображений в 8 раз, время вычислений в среднем снижается в 80 раз. При этом объем памяти необходимой для хранения цифровых изображений уменьшается в 25 раз.

Ключевые слова: цифровое изображение, оценка качества изображения, уменьшение изображения, разрешение изображения, корреляция Спирмена, распределение случайных величин

Введение

В настоящее время увеличивается количество цифровых устройств, при помощи которых можно получать цифровые изображения. Объемы регистрируемых и хранимых изображений растет с каждым годом. Размеры космических снимков могут составлять миллиарды пикселей. Например, радарные изображения достигают разрешения 23000×43000 пк и глубины 64 бит на пиксель. С увеличением потока информации растет и потребность в анализе качества регистрируемых видеоданных. Изображения плохого качества могут снижать точность различных алгоритмов, например, при распознавании личности, обработке медицинских и спутниковых снимков.

Целью данной работы было исследование влияния уменьшения цифровых изображений на изменение безэталонных оценок их качества. Сделана попытка определить допустимый

размер уменьшения изображения без существенного изменения оценки качества.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи: выбрать меры качества, которые необходимо исследовать; проанализировать изменения гистограмм распределения локальных оценок качества при уменьшении размера изображения; проанализировать зависимость между визуальными и количественными оценками качества изображений при их уменьшении; выбрать лучший способ уменьшения изображений; выбрать размер, до которого можно уменьшить изображение без потери точности оценки качества.

До настоящего времени подобные исследования не проводились.

Исходные данные для экспериментов

В качестве инструментального средства использовался пакет прикладных программ MATLAB.

Экспериментальными данными служили реальные изображения:

1. изображения с искусственно созданными искажениями из общедоступной базы TID2013 [1]. Отобраны три типа искажений: добавление к исходному изображению аддитивного гауссовского шума, глобальное размытие при помощи фильтра Гаусса, а также изменение контраста (рис. 1). В базе по 120 изображений каждого вида с разной степенью искажений, 5 искусственно созданных изображений отбраковано из-за внесения лишних выбросов в результаты экспериментов. Данная база была использована из-за разделения изображений по видам искажений, а также из-за наличия визуальных оценок экспертов для всех изображений в базе, что дает возможность сравнивать их с получаемыми количественными оценками;

2. изображения с естественными искажениями, полученные при помощи цифрового фотоаппарата Nikon D5000 (БД Рябина). Формат матрицы фотоаппарата – 1/2.3, разрешение – 12 мегапикселей (максимальное разрешение снимка – 4288×2848 пикселей). Полученные при естественном освещении фотоснимки сохранялись без применения внутрикамерной обработки и алгоритмов сжатия, т.е. изображения сохранены в формате RAW. После чего при помощи программы FastStone

Image Viewer [2] фотоснимки были конвертированы в формат JPG (рис. 2).

Результаты экспериментов

Для изменения размеров изображений использованы два метода интерполяции, которые реализованы в системе MATLAB: nearest – используется значение ближайшего пикселя; bilinear – используется интерполяция по билинейной поверхности [3]. В MATLAB, если размеры выходного изображения меньше чем размеры входного, и при этом используется интерполяция по билинейной поверхности, исходное изображение предварительно фильтруется фильтром нижних частот (ФНЧ) с целью устранения эффекта ступенчатости. По умолчанию используется усредняющий фильтр с размером маски 11×11 (этот размер использован в экспериментах). На рис. 3 представлен результат уменьшения изображений из базы TID2013 двумя описанными выше методами. На рис. 4 – результат уменьшения изображений из базы Рябина.

Анализируя визуально рисунки 3–4, можно заметить, что уменьшение изображений при использовании интерполяции по ближайшему соседу дает более четкие края. Шум на изображениях также становится более выраженным (рис. 3, в, первый ряд) отчего картинка кажется еще более зашумленными. Изображения

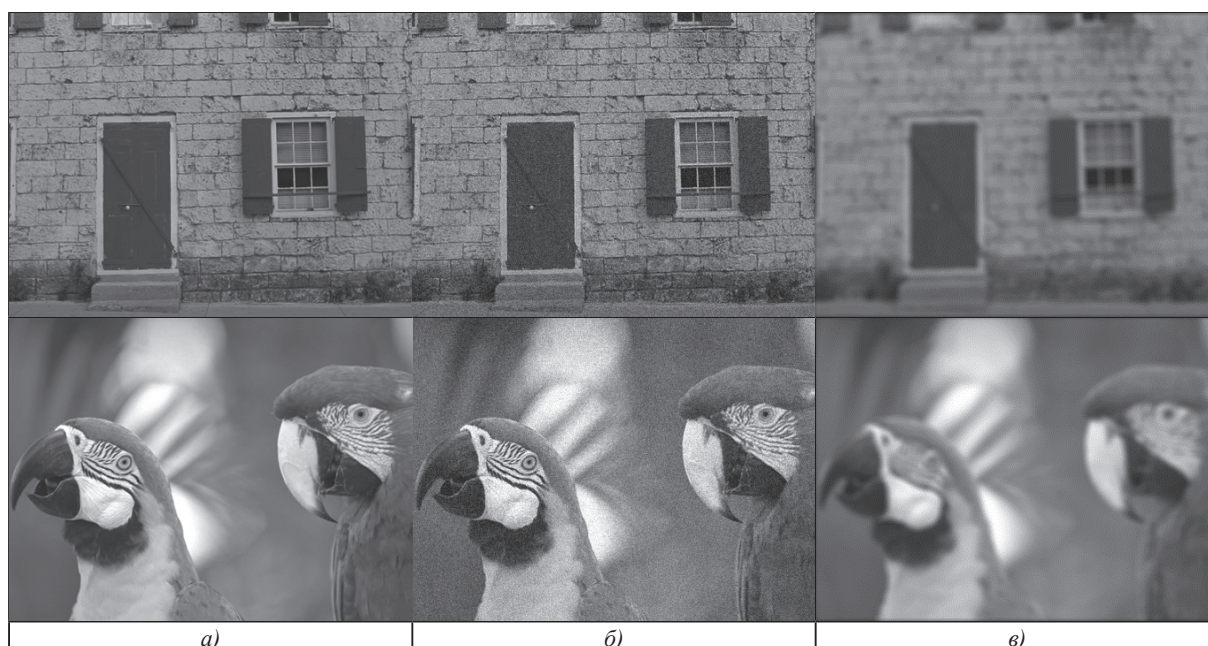


Рис. 1 – Примеры изображений из базы TID2013: а) исходное изображение, б) изображение с добавлением аддитивного гауссовского шума, в) изображение с добавлением размытия



Рис. 2 – Примеры изображений, полученных при помощи цифрового фотоаппарата Nikon D5000

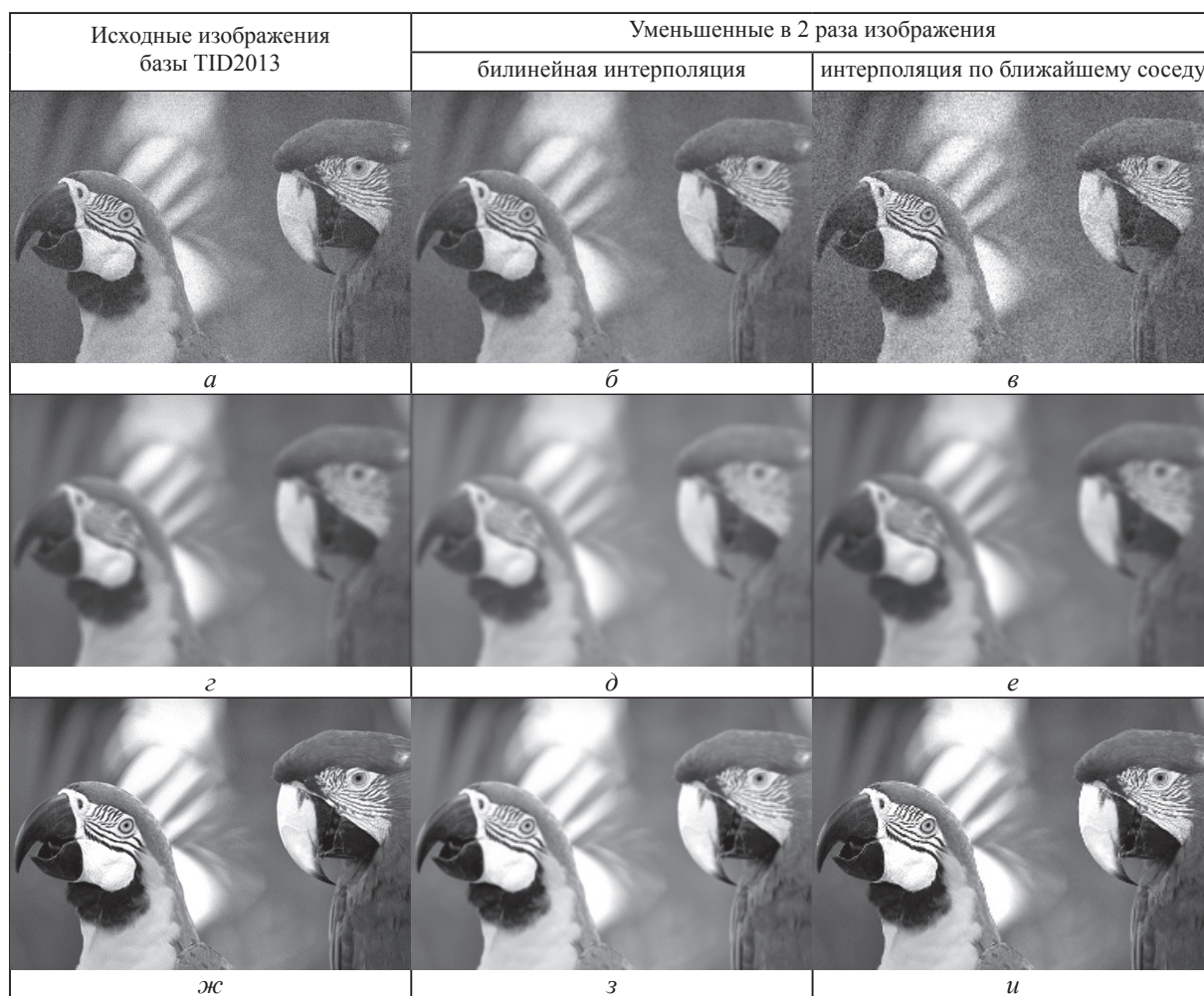
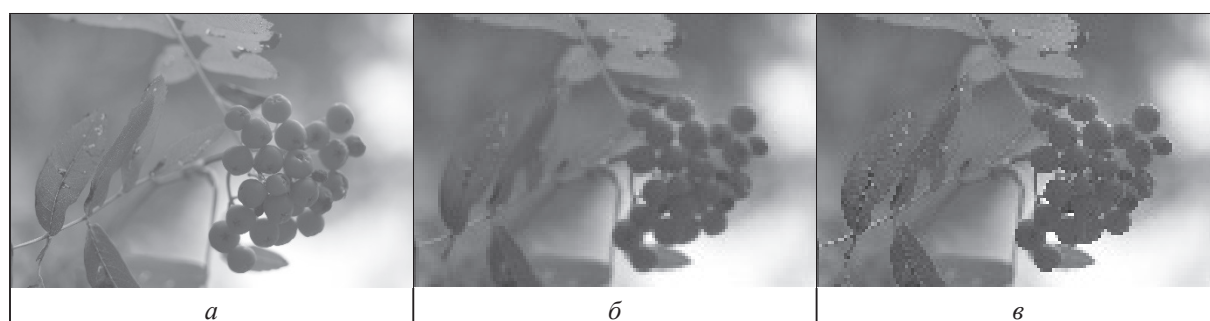


Рис. 3 – Исходные изображения и их уменьшенные в 2 раза копии (с различными искажениями: первый ряд – добавление шума, второй ряд – размытие, третий ряд – изменение контраста)

Рис. 4 – Исходное изображение из БД Рябина *а)* и его уменьшенные в 8 раза копии: *б)* использован метод билинейной интерполяции, *в)* использован метод интерполяции по ближайшему соседу

в столбце б) рисунков 3–4 визуально кажутся более размытыми. Интерполяция методом ближайшего соседа проста в реализации, но имеет недостаток в виде усиления зубчатости границ на изображениях (рис. 4, в).

Анализ качества изображений можно разделить на два класса: объективный (количественный) и субъективный (визуальная оценка экспертов – Means Opinions Score (MOS)). Для оценки качества изображений было отобрано 22 меры – BEGH, BISH, BREN, CMO, CONT, CON3, CURV, FISH, FUS, GORD, HELM, EBCM, KURT, LAPD, LAPL, LAPM, LOCC, LOEN, SHAR, SPAR, SVDB, WAVS. Более подробно эти меры описаны в работах [4–5]. Они используются в литературе для оценки резкости, размытости, контраста изображений. Количественная оценка качества проводилась в два этапа. Первый этап – получение массива локальных мер по каждому изображению с использованием отобранных мер. Второй этап – вычисление глобальной оценки качества по полученным локальным.

В статьях [5–6] было показано, что в качестве глобальной оценки качества, объединяющей локальные меры, полученные для одного изображения, вместо параметров нормального распределения (среднее и среднеквадратичное отклонение) можно использовать другие распределения и их параметры. В рамках данной статьи для аппроксимации локальных мер качества было исследовано 16 распределений случайных величин: равномерное (uniform), нормальное (normal), логарифмическое нормальное (log-normal), экспоненциальное (exponential), гамма (gamma), Вейбулла (Weibull), логистическое (logistic), логарифмическое логистическое (log-logistic), обобщенное распределение экстремальных значений (generalized extreme value, GEV), Бирнбаума-Саундерса (Birnbbaum Saunders), экстремальных значений (extreme value), обобщенное Парето (generalized Pareto), обратное Гаусса (inverse Gaussian), Накагами (Nakagami), Рэля (Rayleigh), Стьюдента (t location-scale distribution) [7].

В процессе экспериментов установлено, что при уменьшении размера изображения, гистограммы распределения локальных мер сохраняют свою форму. Для изображений, уменьшенных в 8 раз гистограммы стали шире.

Далее с помощью метода максимального правдоподобия анализировалось, какие распределения точнее аппроксимируют множество локальных оценок качества отдельных изображений. Были вычислены оценки приближения для всех мер. Часть из них представлена величинами sumLL в таблице 1. В ней

Т а б л и ц а 1 – Результаты ранжирования распределений по значениям sumLL на примере меры BEGH для изображений из базы Рябина

Данные для исходных изображений (4288x2848 пк)					
Распределение	Значения первого параметра распределения		Значения второго параметра распределения		sumLL
	минимум	максимум	минимум	максимум	
nakagami	0,057621	0,100934	5,71E-06	0,001803	894125560
gamma	0,11836	0,200609	0,010197	0,154883	887131956
weibull	0,000295	0,003037	0,151184	0,273877	845454774
loglogistic	-10,2102	-7,36403	3,543508	6,413653	815700944
normal	0,001627	0,018458	0,001698	0,038234	458174508
Данные для изображений, уменьшенных в 2 раза (2144x1424 пк), bilinear					
nakagami	0,057214	0,138017	7,17E-06	0,002575	198757974
gamma	0,114155	0,287739	0,008169	0,159439	197694363
weibull	0,000289	0,003461	0,145304	0,411567	188776745
loglogistic	-10,4071	-6,74504	2,263757	6,645284	181996125
normal	0,001644	0,019675	0,002115	0,046779	96055080
Данные для изображений, уменьшенных в 2 раза (2144x1424 пк), nearest					
nakagami	0,058105	0,143724	8,08E-06	0,002991	200924082
gamma	0,116179	0,303776	0,008196	0,163405	199943225
weibull	0,000321	0,003985	0,148108	0,436197	190891240
loglogistic	-10,2092	-6,659	2,112822	6,533054	183883207
normal	0,001704	0,020846	0,002274	0,050561	96792666
Данные для изображений, уменьшенных в 4 раза (1072x712 пк), bilinear					
nakagami	0,058316	0,221444	1,86E-05	0,004996	45367826
gamma	0,119333	0,523985	0,006623	0,161595	45264045
weibull	0,000476	0,008016	0,155207	0,703367	43276266
loglogistic	-9,58934	-5,65155	1,15044	6,240113	41398201
normal	0,0023	0,02645	0,003647	0,065546	22914608
Данные для изображений, уменьшенных в 4 раза (1072x712 пк), nearest					
nakagami	0,059753	0,228006	2,21E-05	0,006114	45245513
gamma	0,123077	0,561532	0,006861	0,170817	45202572
weibull	0,000548	0,009067	0,160974	0,734224	43239603
loglogistic	-9,3006	-5,47979	1,067812	6,028302	41336885
normal	0,002396	0,028934	0,004042	0,07264	22582716
Данные для изображений, уменьшенных в 8 раза (536x356 пк), bilinear					
gamma	0,136585	0,788524	0,007719	0,173112	9980739
nakagami	0,065606	0,302881	5,65E-05	0,009226	9965037
weibull	0,001082	0,017206	0,184106	0,897152	9611925
loglogistic	-8,15709	-4,64517	0,811456	5,267594	9154056
normal	0,003752	0,039207	0,006512	0,087683	5377587
Данные для изображений, уменьшенных в 8 раз (536x356 пк), nearest					
gamma	0,141261	0,811375	0,008461	0,181578	9752221
nakagami	0,067136	0,297137	7,14E-05	0,01113	9713004
weibull	0,001241	0,01914	0,192599	0,900678	9405877
loglogistic	-7,90007	-4,53838	0,7876	5,024512	8958805
normal	0,004005	0,042909	0,007439	0,096377	5124347

представлены результаты для пяти лучших распределений и четырех вариантов размеров изображений базы Рябина.

Анализируя таблицу 1, можно заметить, что значения sumLL для первых двух распределений очень близки, аналогично для третьего и четвертого.

На рис. 5 представлена гистограмма локальных оценок LAPM для одного из изображений базы TID2013 с искаженным контрастом, которая аппроксимируется несколькими распределениями. Как видно из рисунка, функция Вейбулла точнее других описывает гистограмму. Также в таблице 2 записаны отсортированные по значению sumLL шесть распределений и их значения параметров. Можно заметить, что распределение Вейбулла находится выше, чем нормальное распределение, параметры которого часто используют для различных оценок.

Т а б л и ц а 2 – Результаты ранжирования шести распределений по значениям sumLL на примере меры LAPM для изображений с искаженным контрастом из базы TID2013

Данные для исходных изображений (536x356 пк)					
Распределение	Значения первого параметра распределения		Значения второго параметра распределения		Значение sumLL
	минимум	максимум	минимум	максимум	
gamma	0,06	1	17	297	-77260478
nakagami	0,03	0,4	87	9930	-77353187
weibull	0,02	62	0,07	1	-79680906
loglogistic	-11	3,8	0,64	12	-84119512
generalized pareto	-0,09	30	5,96E-16	74	-89077239
normal	6	71	7	70	-109545863
Данные для изображений, уменьшенных в 2 раза (256x192 пк), bilinear					
nakagami	0,03	0,3995	61	4192	-14379095
gamma	0,05	1,1345	19	290	-14558218
weibull	0,005	42	0,07	1,1	-15581163
loglogistic	-13	3,4	0,6	12	-16993482
generalized pareto	-0,13	30	5,4E-16	48	-19368549
normal	4,8	45	6	45	-25929255
Данные для изображений, уменьшенных в 2 раза (256x192 пк), nearest					
gamma	0,06	1,2	20	523	-23506737
nakagami	0,03	0,4	268	23649	-23657773
weibull	0,06	101	0,08	1,1	-23883344
loglogistic	-9	4	0,6	11	-24679441
generalized pareto	-0,1	32	6,5E-16	118	-25552583
normal	10	112	12	110	-30693940

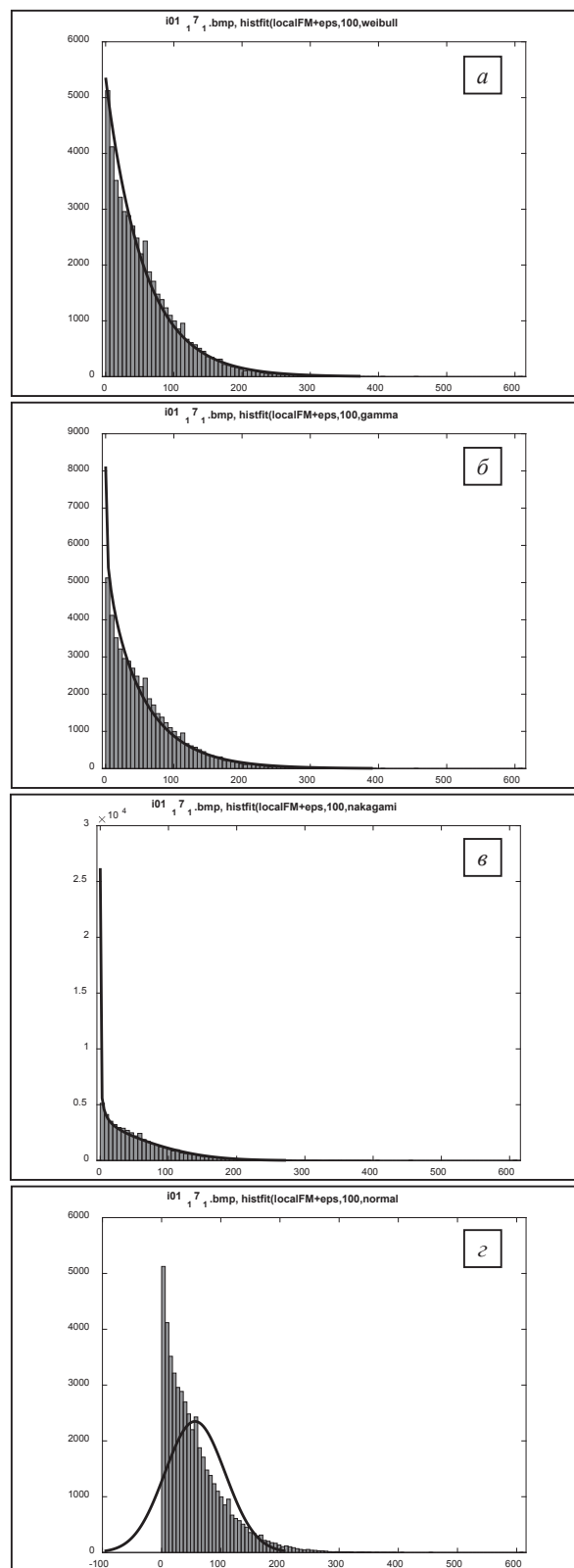


Рис. 5 – Аппроксимация гистограммы локальных признаков меры LAPM: а – распределением Вейбулла, б – гамма распределением, в – распределением Накагами, г – нормальным распределением

Лучшие результаты в качестве глобальной оценки качества в проведенных экспериментах показали следующие параметры распределений: оба параметра гамма распределения (форма и масштаб), первый параметр Накагами (форма), второй параметр распределения Вейбулла (форма), параметры обобщенного распределения экстремальных значений, второй параметр логарифмического логистического распределения (масштаб).

Далее анализировалась корреляция Спирмена между визуальными оценками экспертов и разными количественными оценками качества изображений, уменьшенных в 2, 4 и 8 раз для изображений базы Рябина (таблица 4); и в 2 раза для базы TID2013 (таблица 3). Проверялась гипотеза о том, что визуальные оценки при уменьшении размера изображений не изменяются. Корреляция выше 0,7 означала хорошее совпадение количественных и визуальных оценок. Значения коэффициента корреляции меньше 0,7 в таблицах 2–3 обозначены знаком «←».

По результатам анализа таблицы 3 сделаны следующие выводы:

1. мера SHAR дает лучшие результаты по оценке качества изображений для трех видов искажений и двух способов уменьшения разрешения кадра;

2. меры EBCM, KURT показали низкую корреляцию между количественными и визуальными оценками для трех искажений и трех размеров изображений;

3. меры BEGH, CMO, CURV, GORD, HELM не стоит использовать для оценки качества изображений с аддитивным гауссовским шумом;

4. меры CONT, CON3, CURV, LOEN не стоит использовать для оценки качества изображений с размытием;

5. меры CONT, FISH, FUS, LAPL, LOEN, SVDB, WAVS не стоит использовать для оценки качества изображений с изменением контраста;

6. при использовании мер FISH, LAPD, LAPL, LAPM, SVDB, WAVS значения корреляции > 0.7 для двух видов искажений – размытие и добавление шума;

7. сравнив значения корреляций для каждой меры в третьем и четвертом, шестом

и седьмом, девятом и десятом столбцах, можно заметить, что для уменьшения размера изображения лучше использовать интерполяцию по ближайшему соседу, чем билинейную.

8. при анализе качества не все меры можно применять к уменьшенным изображениям. Например, меры BISH, SPAR, SVDB на уменьшенных изображениях с аддитивным гауссовским шумом показали результаты хуже (значения корреляции $< 0,7$), чем на изображениях исходного размера;

9. применение мер BREN, CONT, CON3, FISH, FUS, LOCC, LOEN, для изображений с добавлением аддитивного гауссовского шума дает хорошие результаты на изображениях исходного размера и уменьшенных в 2 раза с применением интерполяции по ближайшему соседу;

10. значения корреляции между MOS и количественными оценками LAPD и LAPM на изображениях размером 512×384 пикселя с измененным контрастом были меньше 0,7. Тогда как после уменьшения изображений с применением билинейной интерполяции, значения корреляции увеличились и составили 0,72 и 0,74 соответственно.

По результатам анализа таблицы 4 сделаны следующие выводы:

1. меры BREN, CONT, CURV и FUS на изображениях четырех размеров показали одинаковые значения корреляции между количественными и визуальными оценками качества;

2. для некоторых мер уменьшение размеров изображений приводит к увеличению корреляции между количественными и визуальными оценками качества, например, меры BISH, CMO, CON3, EBCM, SHAR;

3. применение мер FISH, GORD, HELM, LOEN к изображениям с меньшим размером, чем исходные, дает низкие значения корреляции между количественными и визуальными оценками. Тогда как для исходных размеров изображений, меры дают значения корреляции больше 0,7;

4. для вычисления меры BEGH, изображение не следует уменьшать больше чем в 4 раза. При большем уменьшении изображения, значения меры не соответствуют визуальным оценкам.

Т а б л и ц а 3 – Корреляция Спирмена между количественными и визуальными оценками качества изображений из базы TID2013 для трех типов искажений

Мера качества	Искажение – аддитивный гауссовский шум			Искажение – глобальное размытие			Искажение – изменение контраста		
	исходный размер	уменьш. в 2 раза, bilinear	уменьш. в 2 раза, nearest	исходный размер	уменьш. в 2 раза, bilinear	уменьш. в 2 раза, nearest	исходный размер	уменьш. в 2 раза, bilinear	уменьш. в 2 раза, nearest
	512x384 пк	256x192 пк		512x384 пк	256x192 пк		512x384 пк	256x192 пк	
BEGH	–	–	–	0,87	0,75	0,82	0,82	0,82	0,82
BISH	0,74	–	–	0,90	0,79	0,81	0,82	0,77	0,78
BREN	0,84	–	0,81	0,86	0,73	0,78	0,80	0,78	0,78
CMO	–	–	–	0,73	–	–	0,81	0,80	0,80
CONT	0,89	–	0,84	–	–	–	–	–	–
CON3	0,74	–	0,71	–	–	–	–	0,74	–
CURV	–	–	–	–	–	–	0,77	0,77	0,77
FISH	0,87	–	0,80	0,91	0,84	0,82	–	–	–
FUS	0,81	–	0,75	–	–	–	–	–	–
GORD	–	–	–	0,79	–	–	0,82	0,79	0,80
HELM	–	–	–	0,73	–	–	0,85	0,84	0,84
EBCM	–	–	–	–	–	–	–	–	–
KURT	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LAPD	0,90	0,76	0,86	0,85	0,79	0,84	–	0,72	–
LAPL	0,90	0,80	0,82	0,86	0,83	0,84	–	–	–
LAPM	0,91	0,80	0,85	0,85	0,82	0,85	–	0,74	–
LOCC	0,88	–	0,82	0,84	–	0,80	0,80	0,78	0,80
LOEN	0,82	–	0,76	–	–	–	–	–	–
SHAR	0,86	0,71	0,84	0,84	0,72	0,80	0,76	0,76	0,76
SPAR	0,72	–	–	0,88	0,77	0,85	0,76	0,74	0,75
SVDB	0,84	–	–	0,83	0,72	0,78	–	–	–
WAVS	0,91	0,70	0,85	0,84	0,79	0,84	–	–	–

Т а б л и ц а 4 – Корреляция Спирмена между количественными и визуальными оценками качества изображений из базы Рябина

Мера качества	БД Рябина						
	Исходный размер	Уменьш. в 2 раза, bilinear	Уменьш. в 2 раза, nearest	Уменьш. в 4 раза, bilinear	Уменьш. в 4 раза, nearest	Уменьш. в 8 раза, bilinear	Уменьш. в 8 раза, nearest
Размер изображений	4288x2848 пк	2144x1424 пк		1072x712 пк		536x356 пк	
BEGH	0,76	0,76	0,76	0,81	0,81	–	–
BISH	–	–	0,81	0,72	–	0,90	0,72
BREN	0,76	0,76	0,81	0,76	0,81	0,81	0,76
CMO	0,76	–	0,81	0,81	0,85	0,85	0,85
CONT	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
CON3	–	0,86	0,85	0,81	0,81	0,94	0,85
CURV	0,90	0,90	0,90	0,81	0,85	0,90	0,90
FISH	0,76	–	–	–	–	–	–
FUS	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
GORD	0,76	–	–	–	–	–	–
HELM	0,76	–	–	–	–	–	–
EBCM	–	–	0,72	0,90	0,85	0,94	0,94
KURT	–	–	–	–	–	–	–
LAPD	–	–	–	–	–	–	–
LAPL	–	–	–	–	–	–	–
LAPM	–	–	–	–	–	–	–
LOCC	–	–	–	–	–	–	–
LOEN	0,81	–	–	–	–	–	–
SHAR	–	0,72	0,72	0,81	0,76	0,81	0,85
SPAR	0,76	0,72	0,72	–	–	0,72	0,72
SVDB	0,90	0,81	–	–	0,72	0,72	0,72
WAVS	–	–	–	0,72	0,74	–	–

3. Время вычисления мер качества и размер занимаемой памяти

Эксперименты показали, что с уменьшением размера изображения в 8 раз места для хранения изображений требуется в 25 раз меньше, а меры качества в среднем вычисляются в 80 раз быстрее (например, мера СМО вычисляется в 25 раз быстрее, мера CON3 – в 190 раз, а мера SVDB – в 290 раз). На рис. 6 представлен график зависимости времени вычисления мер от размера изображения.

В процессе экспериментов было замечено, что необходимо внимательно отслеживать настройки, которые используются редакторами при отображении, преобразовании и сохранении изображений. А также рекомендуется контролировать количество сохранений изображения перед его использованием и анализом. Т.к. даже простое копирование и вставка изображений в Microsoft Word (MS Word) может приводить к сглаживанию границ объектов на изображении (рис. 7). На рис. 7 представлены изображения из базы TID2013 с различными видами искажений, которые были вставлены в данный документ двумя способами: 1) с помощью копирования фигуры из среды MATLAB; 2) через меню «Вставка» MS Word. Визуальный анализ показывает, что границы объектов и шум на изображении рис. 7 б) более размыты, чем на изображении рис. 7 а).

Следует отметить, что выполняя одну и ту же операцию уменьшения изображения одним и тем же методом, но разными программами

можно получить отличающиеся изображения. Это подтверждается вычислением коэффициента корреляции Пирсона между изображениями из базы TID2013, которые были уменьшены в разных редакторах – MATLAB и FastStone Image Viewer [2]. Разница составляет от 0,98 для билинейной интерполяции до 0,89 для интерполяции по ближайшему соседу. Поэтому для уменьшения изображений рекомендуется использовать один редактор.

При работе с изображениями в MS Word рекомендуется настроить сжатие изображений при сохранении и качество вывода на печать. При работе в редакторе FastStone Image Viewer дополнительно следует контролировать настройки сглаживания при просмотре изображений и параметр качества при сохранении изображений.

Заключение

Эксперименты по оценке качества изображений показали, что на изображениях базы TID2013 с искусственно созданными глобальными искажениями большее количество мер качества дают хорошие результаты (корреляции с экспертными оценками больше 0,7, см. таблицу 3). Для анализа реальных изображений таких мер меньше, особенно если только часть объектов находится в зоне резкости (см. таблицу 4).

Анализ результатов экспериментов, выполненных для 22 мер качества изображений, ожидаемо показал, что нет абсолютно лучшей

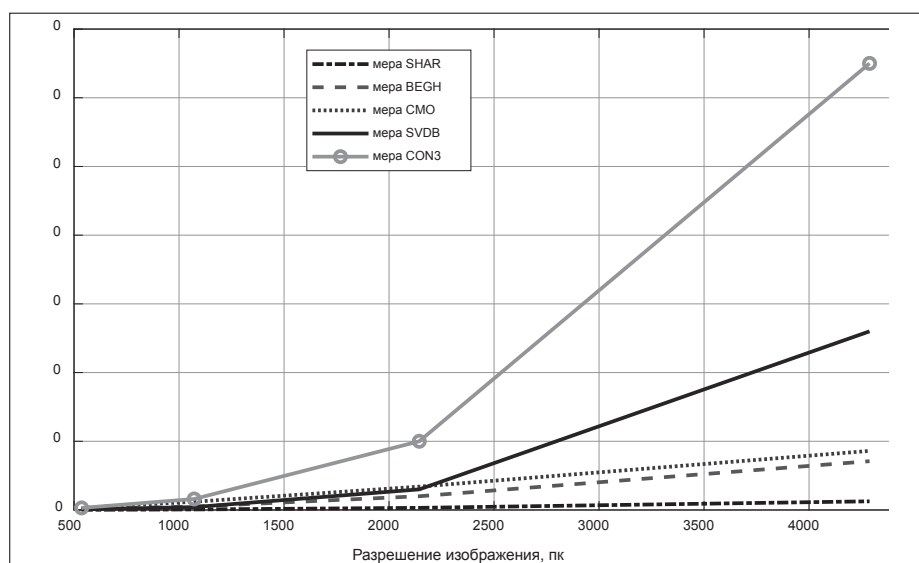


Рис. 6 – Зависимость времени вычисления мер от размера изображения

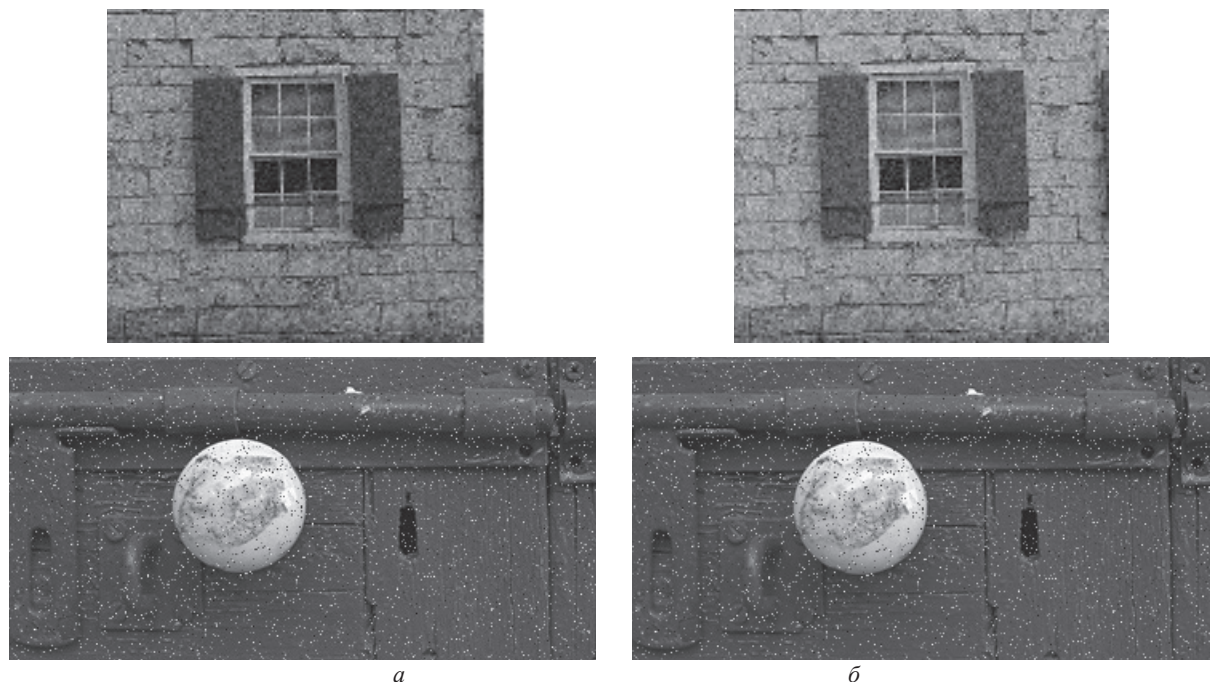


Рис. 7 – Результат вставки изображений в документ MS Word двумя способами:

- а)* изображения скопированы из фигуры среды MATLAB;
б) изображения вставлено через меню «Вставка» MS Word

меры для всех возможных типов искажений изображений. Для определенных типов искажений (размытие, изменение контраста, добавление шума и т.п.) можно подобрать количественную меру, которая будет точнее других соответствовать визуальным оценкам. Можно также сформулировать следующие общие рекомендации: в виде единой оценки вместо средней величины множества локальных оценок качества (это один из двух параметров нормального распределения) лучше использовать параметры других распределений, например, параметр форма распределений Вейбулла, Накагами, гамма. Временные затраты на их вычисление очень малы если уменьшить анализируемые изображения. При этом оценки на базе указанных распределений будут значительно отличаться от оценок, вычисленных для изображений исходного размера.

При экспресс-анализе качества цифровых изображений можно использовать их уменьшенные копии, а для уменьшения лучше применять интерполяцию методом ближайшего соседа. Причем она легко реализуется посредством выбора пикселей для вычисления локальных оценок с некоторым шагом. При этом сокращается время вычислений, что важно при получении оценок на этапе

регистрации изображений для отбраковывания некачественных.

Мера KURT показала плохую корреляцию с MOS-оценками для всех изображений, использованных в экспериментах. При уменьшении разрешения изображений базы Рябина даже в 2 раза меры FISH, GORD, HELM, LOEN дали снижение корреляции с MOS до 0,5. Мера BISH для изображений базы TID2013 с добавлением шума и меры GORD, HELM для изображений базы TID2013 с размытием также показали плохие результаты при снижении размеров изображений.

Только мера SHAR показала хорошие результаты при оценке качества для всех исследованных в статье типов искажений представленных на изображениях базы TID2013. Для нее все значения коэффициента корреляции Спирмена между экспертными MOS-оценками и количественными оценками были выше 0,7. Для изображений из базы Рябина данная мера также показала хорошую корреляцию на уменьшенных изображениях.

Меры BEGH, BISH, BREN, LOCC, SPAR можно использовать на уменьшенных в 2 раза изображениях с глобальным размытием и изменением контраста. Это подтверждено экспериментами на изображениях базы TID2013. Меры

LAPD, LAPL, LAPM, WAVS допустимо использовать при оценке качества изображений с глобальным размытием или гауссовским шумом посредством уменьшения их в 2 раза.

Меры BREN, CONT, CURV и FUS на реальных изображениях, представленных в базе

Рябина, показали одинаковые значения корреляции между количественными и визуальными оценками качества для разных вариантов уменьшения. Поэтому при использовании данных мер допустимо уменьшать размер изображений в 8 раз при анализе их качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. **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.
2. FastStone Image Viewer – программа для просмотра изображений в Microsoft Windows [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.faststone.org/> (дата обращения 05.05.2020).
3. **Гонсалес Р., Вудс Р.** Цифровая обработка изображений. Техносфера // Москва. – 2006. – 1072 с.
4. **Pertuz S., Puig D., Garcia M.A.** Analysis of focus measure operators for shape-from-focus. *Pattern Recognition*. – 2013. – № 46(5). – P. 1415–1432.
5. **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.
6. **Голуб Ю.И.** Исследование безэталонных локальных оценок качества изображений / Ю.И. Голуб, Ф.В. Старовойтов, В.В. Старовойтов // *Вестник БрГТУ*. – 2019. – № 5(118): Физика, математика, информатика. – С. 15–18.
7. **Leemis, L.M.** Univariate distribution relationships / L. M. Leemis, J. T. McQueston // *The American Statistician*. – 2008. – V. 62. – № 1. – P. 45–53.

REFERENCES

1. **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.
2. FastStone Image Viewer – программа для просмотра изображений в Microsoft Windows [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.faststone.org/> (дата обращения 05.05.2020).
3. **Gonzalez R., Woods R.** Digital image processing. Technosfera // Moscow. – 2006. – 1072 p.
4. **Pertuz S., Puig D., Garcia M.A.** Analysis of focus measure operators for shape-from-focus. *Pattern Recognition*. – 2013. – № 46(5). – P. 1415–1432.
5. **Starovoitov F.V.** Parameters of the curve of local estimate distribution as image quality measures / Starovoitov F.V., Starovoitov V.V. // *System analysis and applied information science*. – 2018. – № 3. – P. 26–41.
6. **Golub Y.I.** Study of no-reference local image quality assessments / Y.I. Golub, F.V. Starovoitov, V.V. Starovoitov // *Vestnik BrSTU*. – 2019. – № 5(118): Physics, Mathematics, Computer Science. – P. 15–18.
7. **Leemis, L.M.** Univariate distribution relationships / L. M. Leemis, J. T. McQueston // *The American Statistician*. – 2008. – V. 62. – № 1. – P. 45–53.

Поступила
01.05.2020

После доработки
29.05.2020

Принята к печати
01.06.2020

Y.I. GOLUBI, F.V. STAROVOITOV², V. V. STAROVOITOV¹

IMPACT OF IMAGE SIZE REDUCING FOR IMAGE QUALITY ASSESMENT

¹ *United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus,*

² *Belarusian National Technical University*

The article describes studies of the effect of image reduction on the quantitative assessment of their quality. Image reduction refers to the proportional reduction of horizontal and vertical image resolutions in pixels. Within the framework of these studies, correlation analysis between quantitative assessments of image quality and subjective assessments of experts was performed. For the experiments, we used images from the public TID2013 database with a resolution of 512 × 384 pixels and expert estimates of their quality, as well as photographs taken with a Nikon D5000 digital camera with a resolution of 4288 × 2848 pixels. All images were reduced in 2, 4 and 8 times. For this two methods were used: bilinear interpolation and interpolation by the nearest neighbor.

22 measures were selected to evaluate image quality. Quantitative assessment of image quality was calculated in two stages. At the first stage, an array of local estimates was obtained in the vicinity of each pixel using the selected measures. At

the second stage, a global quality assessment was calculated from the obtained local ones. To summarize local quality estimates, the parameters of 16 distributions of random variables were considered.

According to the results of the experiments, it was concluded that the accuracy of the quality assessment for some measures decreases with image reduction (for example, FISH, GORD, HELM, LOEN measures). BREN and SHAR measures are recommended as the best. To reduce images, it is better to use the nearest neighbor interpolation method. At the same time, the computation time of estimates is reduced on average by 4 times while reducing images by 2 times. When images are reduced by 8 times, the calculation time decreases on average by 80 times. The amount of memory required to store the reduced images is 25 times less.

Keywords. Digital image, image quality assessment, image reduction, image resolution, Spearman correlation, distribution of random variables



Голуб Юлия Игоревна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси». **Yuliya I. Golub** – PhD, Associate Professor, Senior Research Fellow at the United Institute of Informatics Problems, National Academy of Sciences of Belarus, email: 6423506 @ gmail.com.



Старовойтов Федор Валерьевич – аспирант Белорусского национального технического университета.

Fedor V. Starovoitov is a PhD student of the Belarusian National Technical University.



Старовойтов Валерий Васильевич, доктор технических наук, профессор. Главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси. Лауреат Государственной премии Республики Беларусь (2003 г). Сфера научных интересов: обработка и анализ цифровых изображений, полученных в разных участках электромагнитного спектра.

Starovoitov Valery, Doctor of Sciences and professor of computer science. He is a Principal research fellow at the United Institute of Informatics Problems, National Academy of Sciences of Belarus (UIIP NAN Belarus). Award: the State Prize of the Republic of Belarus in science. Research interests of professor Starovoitov are processing and analysis of digital images obtained in different parts of the electromagnetic spectrum.