

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Аль-Аскари М.А., аспирант Научно-исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва)

РАЗРАБОТКА ЧИСЛОВЫХ МЕТРИК ОЦЕНКИ СТРОБ-ЭФФЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

В статье анализируются артефакты изображений типа строб-эффектов. Предлагается алгоритм определения числовых метрик оценки строб-эффектов с оптимальным подбором параметра в алгоритме Canny для выделения выпуклой оболочки контуров, охватывающих главную часть изображения.

***Ключевые слова:** растровое изображение, пиксель, выпуклая оболочка, строб-эффект, выделение контуров, оптимальный поиск параметра.*

Al-Askari M.A.

DEVELOPMENT OF NUMERICAL METRICS ESTIMATION OF STRIPES OF EFFECTS ON IMAGES

The article analyzes the artifacts of images such as strobe effects. An algorithm is proposed for determining the numerical metrics for estimating the strobe effects with optimal selection of the parameter in the Canny algorithm for selecting the convex hull of the contours covering the main part of the image.

***Keywords:** bitmaps, pixel, halftone image, convex hull, strobe effect, contour selection, optimal parameter search.*

Введение. Строб-эффекты на растровых изображениях представляют собой своеобразные артефакты изображений. Поэтому борьба с ними имеет актуальность. Но в статье рассматриваются не вопросы фильтрации строб-эффектов, а решение задачи обнаружения, определения числовых метрик оценки качества цифровых изображений. Кроме того, такая оценка должна быть безэталонной мерой оценки наличия строб-эффектов. Безэталонные (нереференсные, по-*reference*) метрики оценки качества цифровых изображений активно развиваются [1–6]. Задача заключается в том, чтобы получить числовые метрики качества изображений без сравнения с эталонными изображениями. При этом шкала мер оценок должна иметь некоторую тенденцию, которая бы указывала степень улучшения или ухудшения качества цифровых растровых изображений. Но универсальной метрики оценки качества изображений как бы еще не найдено. Возможно, направление работ в этом отношении должны быть направлены на оценку качества изображений при наличии определенных видов артефактов. Некоторые разработанные методы достаточно адекватно работают при наличии на изображениях артефактов блокинга [6–10]. Данная работа также ориентирована на разработку числовой метрики оценки качества изображений при наличии артефактов типа строб-эффектов. Рассматриваемые методы и приемы реализованы в системе MATLAB. Основным момент предлагаемого подхода заключается в применении метода выделения контуров (фильтров) по алгоритму Canny (Кэнни), который позволяет варьировать детектируемую область с помощью параметра, лежащего в открытом интервале (0; 1). В результате возможно обнаружить различную детализацию исследуемого изображения. Это позволяет в свою очередь получить выпуклую оболочку и область граничных ненулевых элементов. На основе определения выпуклых и граничных областей строится числовая метрика оценки наличия строб-эффектов на растровых изображениях. Методы вы-

деления контуров применимы к двумерным массивам, которые могут быть получены в результате преобразования цветных изображений в полутоновые. Также двумерные массивы можно получить в результате отдельного рассмотрения каждого из каналов цветовой модели RGB (Red, Green, Blue). В работе анализ и обработка растровых изображений осуществляется на основе их цветовой модели RGB с последующим выделением того цветового канала, который имеет наименьшее значение ненулевых элементов (пикселей).

Основания исследований. Как указано в [1], на сегодняшний день нет универсальных методов безэталонной оценки качества изображений. В свою очередь имеется достаточно большое количество публикаций, посвященных безэталонным методам оценке качества изображений. Некоторые из них освещены в [2–10]. В целом цифровой обработке изображений посвящено много работ, среди них [11–17]. Видимо, поэтому выделяют ряд артефактов, которые заметно снижают качество цифровых цветных изображений. К таким артефактам традиционно относятся следующие виды: артефакты блокинга (blocking artifacts), артефакты поврежденной (загрязненной) магнитной головки (Unclean Tapehead problem), артефакты сжатия (compression artifact), строб-эффект, артефакт рассыпания изображения.

В [6, 7] приведены результаты оценки артефактов блокинга. В данной статье будут рассматриваться артефакты типа строб-эффекта. Строб-эффект появляется при слишком короткой выдержке съемки кадра, при высокой скорости движения объекта кадра, например при «быстром панорамировании». Выглядит эффект как резкие рывки между кадрами. На картинках со строб-эффектами основное содержание картинки дублируется его как бы его тенью. Это означает, что строб-эффект имеет более слабую яркость основного изображения. В связи с этим напрашивается задача выделения основного изображения на исследуемой картинке и сравнением его со всем изображением, которое имеет «хвост» – строб-эффект. В системе MATLAB с пакетом Image Processing Toolbox имеется функция `edge` для выделения границ по алгоритмам Canny, Sobol, Prewitt, Roberts и других. Наиболее универсальным считается Canny. Именно с этим методом детектирования границ связана разработка метрик оценки качества изображений со строб-эффектами. Если пользоваться системой MATLAB, то для этого применяется функция `edge` с соответствующими аргументами. При этом существуют методы выделения как выпуклой оболочки найденной границы, так и «компактной» оболочки – это функции `convhull` (Convex hull – выпуклый каркас, оболочка) и `boundary`, на основе которых определяются площади выделенных областей с помощью функции `polyarea`. Функция `convhull` используется обычно для наглядности выполняемых действий (определение выпуклой оболочки), поскольку она может заменена функцией `boundary`, у которой третий аргумент должен быть равен нулю. В проведенных исследованиях функция `boundary` используется с параметром, равным единице, что позволяет получать более компактную область с меньшей площадью. Вот эта разница в площадях должна быть максимизирована для определения оптимального параметра P для функции `edge` с алгоритмом Canny. Схема предлагаемого алгоритма расчета числовых метрик оценки строб-эффектов на изображениях представлена на рис. 1 с обозначениями на английском языке и функций MATLAB.

На рис. 1 обозначения площадей начинается с латинской буквы S . В функции (`edge`) выделения границ по методу Canny третий скалярный параметр определяет собой верхний уровень чувствительности или порога. Если этот параметр обозначен через e , то это системное значение $eps = 2.2204e-16$. Условие $P > C$ означает, что C есть середина допустимого интервала параметра P , который может лежать в открытом интервале $(0; 1)$. Расчет оптимального параметра P осуществляется с помощью функции `fminbnd`, которая ищет минимальное значение целевой функции одной переменной в заданном интервале $[a; b]$.

Обозначение $std(R)$ соответствует стандартному отклонению случайной величины из интервала $(0; 1)$. Предложенные операции найдены из результатов экспериментов. Основное предположение заключается в поиске максимальной разницы между площадями S_c и S_b , которые

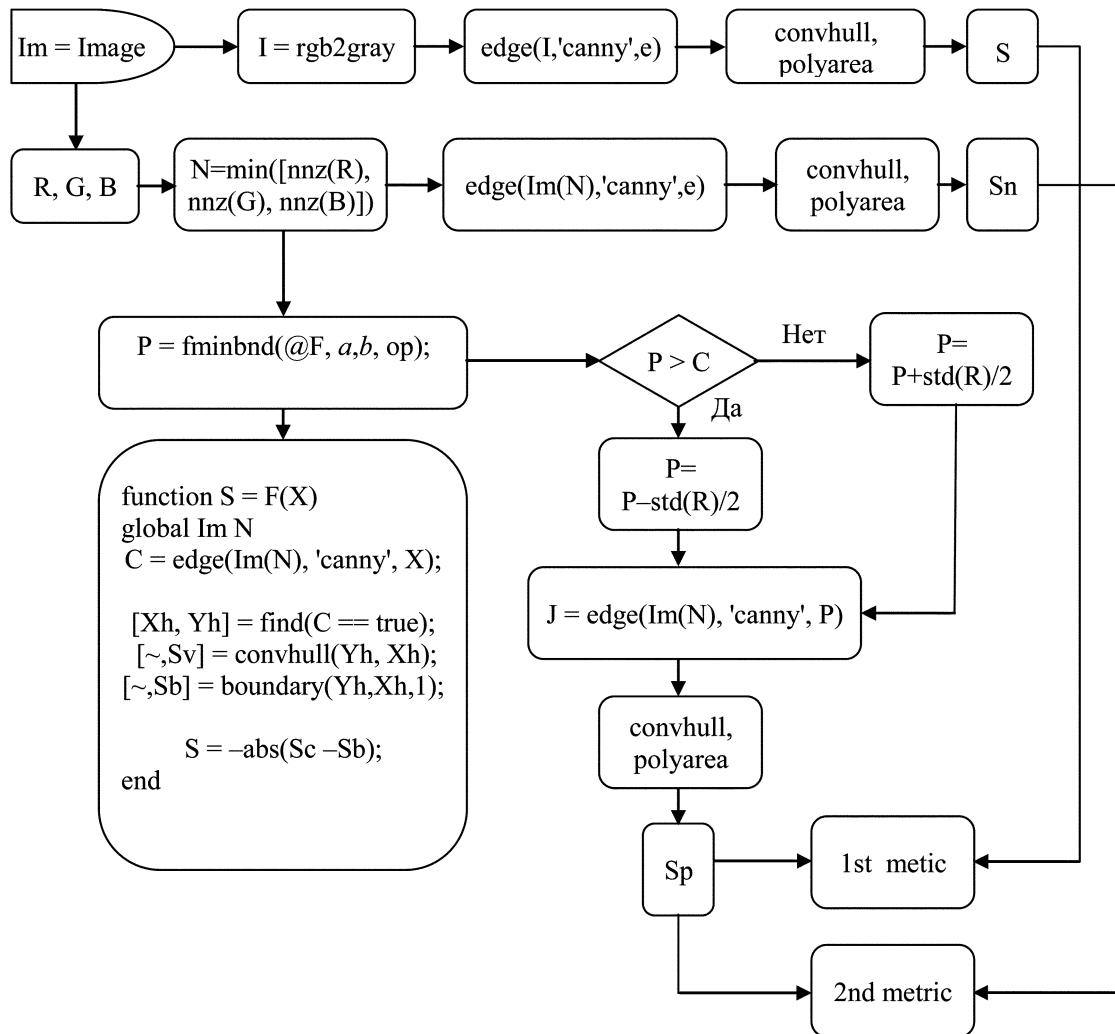


Рис. 1. Схема предлагаемой метрики оценки строб-эффектов

формируются функциями `convhull`, `boundary`. Расчет одномерных массивов Xh , Yh выполняется на основе некоторого функционального преобразования логического объекта, получаемого в результате применения функции `edge`. Это преобразование выбирает логические единицы (`true`) после детектирования по алгоритму Canny. Опции (`op`) решателя `fminbnd` включают в себя точность вычислений по аргументу `'TolX'` и по функции `'TolFun'`. Величина точности принята $1.1921e-07$ (`eps('single')`), что позволяет несколько уменьшить время вычислений.

Первая оценка метрики определяется как вероятностная оценка отношения площади Sp к S и Sn с последующим дополнением до единицы. Получается вероятность присутствия строб-эффектов на изображении. Первая метрика заключена в интервале $[0; 1]$. Чем ближе метрика к единице, тем вероятнее присутствие строб-эффектов на изображении.

Вторая метрика связана с расчетом разницы между площадями Sp и S , Sp и Sn . Если эта разница отлична от нуля, то она делится на Sp , в противном случае она делится на S или Sn . Такая метрика может стремиться к нулю для «хороших» картинок и принимать значения, превышающие единицу, как это наблюдается в алгоритме определения артефактов блокинга, рассмотренных в [6].

Однородные изображения (например, только красный цвет, или черный, или серый и т.д.) не могут быть обработаны на предмет выделения границ, поэтому они не имеют каких-либо артефактов, включая строб-эффекты.

Предлагаемая первая метрика может быть откалибрована в пределах от нуля до единицы. Для второй метрике понятно, что чем она ближе к нулю, тем изображение более качественное. Верхний предел второй метрики не ограничен.

Для тестирования результатов были рассмотрены некоторые изображения с явными признаками строб-эффектов, а также изображения, взятые из общедоступных баз [18, 19].

Результаты экспериментов оценки строб-эффектов. Тестовые изображения со строб-эффектами в полутоновом виде приведены на рис. 2–4.

В результате обработки изображений на них были нанесены пунктирные линии, определяющие собой границы выпуклых оболочек. Результаты показаны на рис. 5–7.

Из рис. 5–7 видно, что выпуклые оболочки не полностью охватывают главные контуры изображений, однако все-таки они отсекают значительные части строб-эффектов. В соответствии с изложенной методикой определения числовых метрик они были рассчитаны и сведены в табл. 1, в которой также данные относительно стандартного тестового изображения lenna.jpeg.

В табл. 1 вероятностные метрики определяют оценку вероятности наличия строб-эффектов. Вероятностные метрики принадлежат интервалу $[0; 1]$. Они определяются как дополнение отношения площади выпуклой оболочки к площади (S) полутонового изображения или пло-



Рис. 2. Мяч

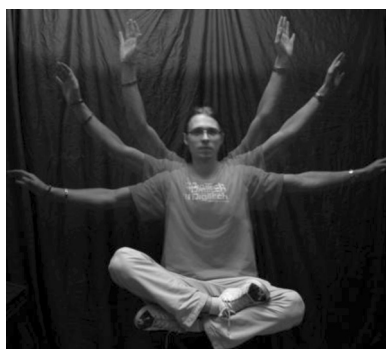


Рис. 3. Руки



Рис. 4. Девушка



Рис. 5. Мяч в оболочке



Рис. 6. Руки в оболочке



Рис. 7. Девушка в оболочке

Таблица 1
Числовые метрики тестовых изображений

| Метрики | Изображения | | | |
|---|-------------|----------|----------|----------|
| | Мяч | Руки | Девушка | lenna |
| Вероятностная метрика 1 | 0,807318 | 0,650454 | 0,671057 | 0,193043 |
| Вероятностная метрика 2 | 0,807318 | 0,650474 | 0,671057 | 0,193041 |
| Метрика относительного серого изображения | 4,189893 | 1,860852 | 2,040037 | 0,239223 |
| Метрика относительно цветового канала | 4,189893 | 1,861015 | 2,040037 | 0,239221 |
| Параметр метода Canny | 0,479807 | 0,482912 | 0,188385 | 0,470822 |

щади (S_n) изображения того цветового канала, который имеет наименьшее число ненулевых пикселей. Другие две метрики определяются как отношение разницы между площадями, например, $S - S_p$ к площади S_p (см. рис. 1), или $S_n - S_p$ к площади S_p .

Заключение. Предложенный алгоритм и методика оценки строб-эффектов на изображениях дает удовлетворительные результаты с явными артефактами типа строб-эффектов. Некоторые эвристические приемы требуют дополнительных обоснований. Направивается градуировка значений вероятностных метрик в пределах от 0 до 1, например, с шагом 0,2. Подход на оценке качества изображений при заданных типах артефактов должен, видимо, развиваться.

Автор выражает благодарность в подготовке и редактировании статьи преподавателям Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва профессору С.А. Федосину, доценту В.В. Афонину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старовойтов В.В., Старовойтов Ф.В. Сравнительный анализ безэталонных мер оценки качества цифровых изображений. // Системный анализ и прикладная информатика. 2017, № 1 (13). – С. 24–32.
2. Gu K., Zhou J., Zhai G., Lin W., Bovik A.C. No-reference quality assessment of screen content pictures. // IEEE Transactions on Image Processing, August 2017. Vol. 26, No. 8. – Pp. 4005–4017.
3. Yan Fu, Shengchun Wang. A No Reference Image Quality Assessment Metric Based on Visual Perception. // Algorithms, 2016, 9(4), 87; DOI: 10.3390/a9040087.
4. Zhang L., Bovik A.C. A feature-enriched completely blind local image quality analyzer. // IEEE Transactions on Image Processing, August 2015. Vol. 24, No. 8. – Pp. 2579–2591.
5. Xue W., Zhang L., Mou X., Bovik A.C. Gradient magnitude similarity deviation: A highly efficient perceptual image quality index. // IEEE Transactions on Image Processing, February 2014. Vol. 23, No. 2. – Pp. 684–695.
6. Hantao Liu, Heynderickx I. A no-reference perceptual blockiness metric. // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008. – Pp. 865–868.
7. Аль-Аскари М.А., Федосин С.А., Афонин В.В. Анализ качества растровых изображений // Научно-технический вестник Поволжья. 2018, № 1. – С. 107–109.
8. Аль-Аскари М.А., Федосин С.А., Афонин В.В. Вероятностная оценка качества растровых изображений. // Научно-технический вестник Поволжья. 2018, №4. – С. 62–65.
9. Al-Askari M.A. The definition of blocking artifacts in raster images. // Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 5. Самара, НН: ИЦРОН, 2018. – С. 49–53.
10. Al-Askari M.A. The definition of artifacts of the type of blocking on raster images. // Информационные технологии. Проблемы и решения. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. Т. 1 (5). – С. 83–87.
11. Egiazarian K., Astola J., Ponomarenko N., Lukin V., Battisti F., Carli M. New full-reference quality metrics based on HVS. // Proc. of the Second International Workshop on Video Processing and Quality Metrics, Scottsdale, 4 p, 2006.
12. Дронникова С.А., Гуров И.П. Улучшение качества изображений при обработке видеокладов с различным временем экспозиции. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017, т. 17, № 3. – С. 424–430. DOI: 10.17586/2226-1494-2017-17-3-424-430.

13. Пономарев С.В. Исследование методов детектирования границ поверхностей в задаче совмещения изображений трехмерных сцен. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017, т 17, № 4. – С. 694–701. DOI: 10.17586/2226-1494-2017-17-4-694-701.
14. Варламова А.А., Кузнецов А.В. Обнаружение встраиваний на изображениях путем анализа артефактов, обусловленных параметрами сенсора регистрирующего устройства. // Компьютерная оптика. 2017, т. 41, № 6. – С. 920–930.
15. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддингс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
16. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: изд-е 3-е, испр. и допол. М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
17. Umaa Mageswari S., Sridevi M., Mala C. An experimental study and analysis of different image segmentation techniques. // International Conference on Design and Manufacturing (IConDM2013). Procedia Engineering Volume 64. Chennai, India, 18–20 July 2013. Part 1 of 2. – P. 46–55.
18. LIVE: <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>
19. VQEG: <http://www.vqeg.org>