

ISSN 2227-3018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



ВЕСТНИК МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

№ 14

Приложение к журналу
ВЕСТНИК
Московского государственного
университета приборостроения
и информатики

Москва, 2014

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК: 004.6+004.9

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЦЕНТА JPEG QUALITY (БЕЗ ВИЗУАЛЬНОЙ ПОТЕРИ КАЧЕСТВА) ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Белов С.П., аспирант
Московский государственный университет
приборостроения и информатики

Аннотация. Предлагается методика для получения процента качества изображений JPEG, что влияет на их степень сжатия. Данное исследование произведено для уменьшения размера графического контента в электронных документах, являющихся единицей информации в системах электронного документооборота.

В предыдущей статье с аналогичной тематикой [1] рассматривались следующие моменты:

- многофункциональность роботов с фотодиодами;
- преимущества и недостатки сохранения и обработка информации с фотодиодов, используя для изображений - алгоритма JPEG, а для видео - видеокодека MJPEG;
- рациональность сжатия изображений в JPEG, описание алгоритма JPEG, алгоритмическое сходство JPEG и MJPEG;
- определение артефакта и эффекта Гиббса как ключевых параметров искажения изображения при использовании алгоритма JPEG;
- создание методики, позволяющей определить такую степень сжатия изображения JPEG, когда человеческим глазом не заметна разница между изображением-оригиналом и сжатым изображением (отсутствие видимых артефактов, эффекта Гиббса).

При достижении практического результата обнаружились ошибки данной методики: в формулах, определениях, параметрах, а также перегруженность информацией. Данные недостатки были устранены. Методика сохранила использование рекомендации ITU-R BT.500 [2] и применима к цветовому пространству RGB. Уточнения к определениям в методике:

- степень сжатия изображения: отношение размера исходного изображения к размеру сжатого изображения;
- процент качества изображения (JPEG Quality): нормированные под 100%-ную шкалу значения степени сжатия изображения (чем больше процент качества, тем меньше степень сжатия). Зависимость

- процента качества изображения от степени сжатия не линейна, формула расчета неизвестна. Удобнее оперировать термином «JPEG Quality», так как его используют программы по сжатию изображений. Интерпретация оптимального процента JPEG Quality: «меньше – лучше»;
- артефакт: и есть эффект Гиббса, две разновидности: проявляющийся на высокочастотных функциях изображения (далее – «артефакт первого типа») или на кусочно-гладких контурных пространственных функциях (далее – «артефакт второго типа»).

Оптимальное сжатие изображений требуется и для решения проблемы низкой скорости передачи информации по интерфейсам военной робототехники. В настоящее время в промышленных роботах военного назначения России и США применяются интерфейсы MIL-STD-1773 [3] (американский военный стандарт со скоростью 1 мегабит в секунду) и МКИО [4] (ГОСТ 52070-2003, российский стандарт со скоростью 1 мегабит в секунду). Скорость передачи соответствует 125000 байтам в секунду, что является показателем низкой скорости передачи данных по сравнению с интерфейсами гражданского назначения (USB, Ethernet и проч.).

Каждый пиксель несжатого 24-битного цветного изображения занимает 3 байта, можно рассчитать разрешение передаваемого изображения за одну секунду: 320x130 точек (разрешение по горизонтали подбиралось исходя из параметров существующих разрешений дисплея [5]). Это сравнимо с устаревшими разрешениями QCIF+ (176x220) и CGA (320x200). Для 16-битного цветного изображения - 320x195 точек (сравнимо с устаревшим CGA 320x200), для 8-битного (оттенки серого) - 352x355 точек (сравнимо с устаревшими CIF 352x288 и 1/2 D1 352x576), для 1-битного (монохромный режим) - 1366x732 (сравнимо с WXGA 1366x768).

Наблюдаются низкие разрешения для изображения любой цветности. Ситуация осложняется тем, что видео представляет собой передачу последовательности изображений с определенной частотой – разрешение изображения будет дополнительно уменьшаться пропорционально частоте кадров. В монохромном режиме изображение теряет значительную часть деталей, есть необходимость передачи изображения хотя бы в оттенках серого.

Рассмотрим пункты методики определения оптимального процента JPEG Quality изображений без визуальной потери качества:

1. Определение параметров отображения изображения для человеческого глаза. Восприятие качества изображения человеческим глазом зависит от следующих параметров: размер и разрешение монитора, разрешение изображения, масштаб отображения изображения, расстояние между монитором и глазом человека.
2. Подборка различных изображений в цветовом пространстве RGB, в формате JPEG. Критериями различия изображений считать степень свечения каналов RGB, цветность изображения, общую яркость изображения, общую контрастность изображения, общую резкость изображения. Таким образом, будет собрана коллекция изображений, ко-

торая может позволить усреднить оптимальный процент качества по каждому изображению или вывести несколько оптимальных процентов качества (для цветного изображения, изображения в оттенках серого, резкого изображения, изображения другого формата и т.д.).

3. Последовательное уменьшение процента качества изображений в JPEG с интервалом 5% (выбирается в специализированных программах; чем меньше процент качества – тем сильнее сжатие). При каждом уменьшении производить оценку каждого изображения с использованием рекомендации ITU-R BT.500 на предмет наличия артефактов. При обнаружении заметного глазу артефакта - сделать шаг назад и снизить интервал до 1%. Таким образом, погрешность практического измерения оптимального процента JPEG Quality каждого изображения составит не более 1%.

Подробное описание каждого из пунктов методики:

1. Каждая организация выбирает параметры отображения изображения для человеческого глаза самостоятельно, исходя из собственных потребностей и особенностей аппаратуры; а также количество анализируемых изображений.
2. Определение цветового пространства выполняется с помощью большинства программ графической обработки изображений; например, Adobe Photoshop. Количество критериев различия изображений из списка выше организация выбирает самостоятельно, исходя из особенностей собственных цифровых изображений.

Степень свечения канала RGB вычисляется путем расчета среднего арифметического интенсивности свечения определенного канала каждого пикселя по формулам:

$$R_{\text{свеч}} = \sum_1^n R_{\text{п свеч}} / n, \quad (1)$$

$$G_{\text{свеч}} = \sum_1^n G_{\text{п свеч}} / n, \quad (2)$$

$$B_{\text{свеч}} = \sum_1^n B_{\text{п свеч}} / n, \quad (3)$$

где $R_{\text{свеч}}$, $G_{\text{свеч}}$, $B_{\text{свеч}}$ - степени интенсивности свечения каналов R , G , B в контексте всего изображения;

$R_{\text{п свеч}}$, $G_{\text{п свеч}}$, $B_{\text{п свеч}}$ - степени интенсивности свечения каналов R , G , B каждого пикселя.

Представление цвета в ЭВМ – число в шестнадцатеричной форме вида «FF052D»: старшая пара цифр – красный канал, средняя – зеленый, младшая – синий. Диапазон абсолютных значений свечения цвета – [0;255] ([0;FF] в шестнадцатеричной форме). Формулы для расчетов берутся из источников [6, 7].

Общая яркость изображения вычисляется по формуле:

$$Y = 0.299 \bullet R_{свек} + 0.587 \bullet G_{свек} + 0.114 \bullet B_{свек}. \quad (4)$$

Диапазон абсолютных значений яркости – [0;255].

Общая (яркостная) контрастность изображения вычисляется по формуле:

$$C = (2 \bullet \sigma) / Y_{\max}, \quad (5)$$

где Y_{\max} - максимальное абсолютное значение яркости (в пространстве RGB - 255);

σ - вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{p=1}^n (Y_p - Y)^2} / \sqrt{n}, \quad (6)$$

где p - текущий пиксель изображения;

Y_p - яркость пикселя p ;

n - число пикселей в изображении.

Диапазон абсолютных значений контрастности – [0;1].

Общая резкость изображения вычисляется по формуле:

$$d = \sqrt{\sum_{p=1}^{n-1} ((R_p - R_{p+1})^2 + (G_p - G_{p+1})^2 + (B_p - B_{p+1})^2)} / n, \quad (7)$$

где n - число пикселей в изображении;

p - текущий пиксель изображения.

Диапазон абсолютных значений резкости – [0;441.7].

3. В рекомендации ITU-R BT.500-13 на русском языке заимствуем следующие условия:

- цветность фона: D_{65} . Означает цветность экрана монитора 6500К;
- яркость других источников света в комнате просмотра: низкая;
- так как условие «максимальный угол обзора по отношению к перпендикуляру» не определено для ЖК-мониторов, предусматриваем его равным 5° (при большем вертикальном угле возможны цветовые искажения из-за особенностей матриц ЖК-мониторов);
- количество наблюдателей, не являющихся экспертами: любое менее 15 (т.к. проводимое исследование с ограниченной сферой охвата);
- продолжительность каждого сеанса просмотра изображений: не более полчаса, для исключения физической усталости;
- оценка ухудшения качества изображения: не заметно, заметно (с указанием причины);
- время для просмотра одного изображения: 23 секунды;
- алгоритм получения результата: прекращение уменьшения JPEG Quality на 5%, если хотя бы один из наблюдателей увидел ухудшение качества изображения; прекращение увеличения JPEG Quality на 1%,

если все наблюдатели перестают замечать ухудшение качества изображения; остановка эксперимента для данного изображения.

Все формулы при использовании в ЭВМ должны быть нормированы под 100%-ную шкалу для удобства восприятия.

Выбранная организация для испытания данной методики – ОАО «ГосНИИП». Были получены следующие результаты:

- артефакты первого типа наиболее заметны в наиболее резких и контрастных областях изображения, что соответствует определению эффекта Гиббса («зернистая» загрязненная часть изображения, границы черных букв с белым фоном). Если бы на всех изображениях отсутствовали загрязненные зоны – оптимальный процент качества для них был бы ниже;
- артефакты на белом фоне являются артефактами второго типа. Возможно, появление артефакта второго типа раньше артефакта первого типа повышает оптимальный процент JPEG Quality;
- отдельные загрязненные участки изображения (с гораздо большими контрастностью и резкостью) делают оптимальный процент JPEG Quality независимым от общей резкости изображения. Общая контрастность изображения не влияет на оптимальный процент JPEG Quality. Невозможность предсказать загрязненность анализируемого изображения приводит к невозможности вывода не диапазонного универсального оптимального процента JPEG Quality;
- успешно выведен диапазон оптимального процента JPEG Quality ([60;85]%) для документов ОАО «ГосНИИП» с качеством 300dpi с цветностью близкой с оттенками серого (менее 0.32% различия в светимости цветов изображения). Установлено, что оцифрованные текстовые документы и чертежи имеют высокую яркость (от 90.13%);
- зависимость оптимального процента JPEG Quality от параметров «степень свечения каналов RGB», «цветность», «общая яркость», «общая контрастность» не изучена (требуются сгенерированные изображения по определенным правилам).

Литература

1. Белов С.П. *Методика определения степени сжатия изображений и видеоданных без потери качества в формате JPEG.*/Москва: МГУПИ, сборник трудов III Международного форума «РОБОТЫ-2012», 2012 г. – стр. 5.
2. МСЭ-R. Рекомендация МСЭ-R BT.500-13. Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений. // Женева: Международный союз электросвязи, 2012 г.
3. Granit Island Group. MIL-STD-1553 & 1773 Data bus./Gloucester: Granit Island Group, 2013.
4. ГОСТ 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования.

5. Википедия. Разрешение (компьютерная графика).//Сан-Франциско: Wikimedia Foundation, Inc., Свободная энциклопедия «Википедия», 2013 г. [Электронный ресурс] URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Разрешение_\(компьютерная_графика\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Разрешение_(компьютерная_графика)).
 6. Безрядин С.Н., Буров П.А., Ильиных Д.Ю. Преобразование контраста в программном обеспечении.//Калифорния: KWE International Inc., 2006 г. [Электронный ресурс] URL: http://www.kweii.com/site/color_theory/Contrast100_ru.pdf.
 7. AIportal. Критерии и методы укрупнённой оценки качества изображений в растровых графических форматах.//Москва: Портал искусственного интеллекта. [Электронный ресурс] URL: <http://www.aiportal.ru/articles/other/evaluation-of-image-quality.html>.
-