

НЕЭТАЛОННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Лапшенков Е.М.

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Аннотация

Статья посвящена разработке метода для оценки уровня шума изображения на основе анализа спектральной плотности мощности (гармонического анализа) сигнала, описывающего изображение. Предложенный метод может быть использован как при оценке визуального качества, так и при анализе изображения в системах машинного зрения.

Ключевые слова: качество изображения, оценка уровня шума, машинное зрение.

Введение

В процессе настройки систем обработки оцифрованного графического изображения (систем фото- и видеосъёмки, систем видеонаблюдения, систем машинного зрения) требуется оценивать степень качества получаемого графического изображения. Обычно методы оценки качества цифровых изображений делят на две группы: эталонные и неэталонные.

Первая группа основана на сравнении исследуемого изображения с эталонным по заданным параметрам. Такие методы удобно применять при настройке отдельных элементов системы обработки изображения, когда известны входное и обработанное изображение. Например, при настройке фильтров и кодеков изображения.

Вторая группа методов основана на количественной оценке таких параметров цифровых изображений, как контрастность, яркость, резкость (чёткость) и уровень шума. Для вычисления первых трёх параметров разработано множество рациональных методик [1, 2], а вот задача неэталонной оценки уровня шума на изображении решена неокончательно. Однако данный параметр немаловажен, так как его значение требуется при оценке как визуального качества изображения, так и для его анализа в системах машинного зрения. В частности, значение уровня шума требуется при выборе порога чувствительности в системах идентификации контуров объектов или при измерении глубины резкости изображения как в целях оценки расстояний до объектов [3], так и при анализе резкости (чёткости) изображения [4].

Целью данной работы является разработка и тестирование компетентного метода количественной оценки уровня шума цифрового изображения. Предлагаемый метод может быть применён как для комплексной оценки качества фотореалистичного изображения, так и для выбора параметров анализа изображения в системах машинного зрения. Он основан на гармоническом анализе дискретного сигнала, описывающего оцифрованное изображение.

1. Общее понятие о шуме

Традиционно под термином «шум» понимают сигнал, не несущий полезной информации, который при этом искажает полезный сигнал. В случае с изображением шум – случайное отклонение яркости изображения от её истинной величины [5].

Источники шума

Шум возникает на трёх этапах обработки изображения:

- на этапе оцифровки изображения возникают шумы, вызванные внешними воздействиями (электромагнитными, тепловыми) на сенсоры и аналого-цифровые преобразователи (АЦП) регистрирующей системы;
- на этапе кодирования изображения возникают шумы, вызванные квантованием и сжатием данных с потерями;
- на этапе передачи могут возникнуть шумы, вызванные частичным искажением или потерей данных в результате воздействия помех.

Шумы, возникшие на двух последних этапах, могут быть легко оценены эталонными методами в отличие от шумов, возникающих на первом этапе.

Модели шума

Как правило, выделяют две группы моделей шума: пространственные и частотные.

Пространственные модели описывают статистическое распределение шума в яркостном пространстве. К таким моделям относят: нормальный (Гауссов) шум, шум Рэлея, шум Эрланга (гамма шум), экспоненциальный шум, равномерный шум [5]. Каждая из данных моделей описана одноимённым законом распределения плотности вероятности значений в яркостном пространстве.

Частотные модели описывают распределение спектральной плотности мощности шума, которое может быть получено при помощи быстрого преобразования Фурье. К ним обычно относят:

- белый шум, имеющий одинаковое значение спектральной плотности мощности на всём частотном диапазоне;
- красный шум, имеющий убывающую с увеличением частоты спектральную плотность мощности;
- синий шум, имеющий возрастающую с увеличением частоты спектральную плотность мощности;
- серый шум, имеющий высокую спектральную плотность мощности в области высоких и низких частот и низкую в середине диапазона.

При описании влияния шума на изображение обычно используют аддитивную модель, то есть результирующий сигнал B можно выразить формулой:

$$B = A + N, \quad (1)$$

где A – полезная составляющая сигнала, описывающего изображение, N – шумовая составляющая сигнала. В данной работе в качестве модели влияния шума на изображение выбрана именно она.

Количественные оценки шума

Так как мгновенное значение шума является случайной величиной с распределением плотности вероятности, описанной соответствующей пространственной моделью, то для количественной оценки применяются статистические показатели.

В качестве абсолютной оценки применяется среднеквадратичное отклонение реального сигнала, описывающего изображение, от полезного, то есть среднеквадратичное значение шума $Nrms$. Оно может быть рассчитано по формуле:

$$Nrms = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (B(i) - A(i))^2}{k}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \Delta N^2(i)}{k}}, \quad (2)$$

где A и B – значения полезного и реального сигнала, соответственно, k – количество дискретных отсчётов сигнала, $\Delta N(i)$ – значение шума для i -го отсчёта.

В качестве относительной оценки применяется пиковое отношение полезного сигнала к шуму PSNR (peak-to-peak signal-to-noise ratio). Данная величина имеет логарифмический вид и вычисляется по формуле:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{max}}{Nrms} \right), \quad (3)$$

где A_{max} – максимальное значение сигнала, $Nrms$ – среднеквадратичное значение шума, рассчитанное по формуле (2).

2. Существующие методы неэталонной оценки уровня шума изображения

По подходу к решению поставленной задачи существующие методы можно разделить на три основные группы: методы, основанные на оценке отклонений от медианы; методы, основанные на анализе результатов вейвлет-преобразования; блочные методы.

Методы, основанные на оценке отклонения от медианы

Данные методы достаточно просты и часто применяются. Обычно вычисления выполняются в два этапа [6]. На первом этапе по формуле (4) вычисляется массив MAD, содержащий значения отклонения от медианы для каждого пикселя всего изображения или блока.

$$MAD(i, j) = I(i, j) - \text{median}(I(i, j)), \quad (4)$$

где $I(i, j)$ – отсчёт, описывающий пиксель с координатами i, j .

На втором этапе вычисляется медиана для всего массива MAD и умножается на полученный опытным путём коэффициент.

$$Nrms = 1,483 * \text{median}(MAD). \quad (5)$$

Результатом расчёта является среднеквадратичное значение шума, обозначенное в формуле (5) как $Nrms$.

Достоинство данного метода – простота в реализации. Среди его недостатков можно выделить потребность в дополнительной памяти для хранения массива MAD, а также неоднозначность при выборе рабочего окна для вычисления медианы для каждого пикселя на первом этапе.

Методы, основанные на анализе результатов вейвлет-преобразования

На основе анализа результатов вейвлет-преобразования изображения существует множество методов оценки уровня шума. Их основная идея заключается в статистическом анализе распределения коэффициентов вейвлет-преобразования.

Наиболее удобным и популярным считается Spatio-Temporal Gradients метод [7]. Оценка производится в несколько этапов. На первом этапе реализуется вейвлет-преобразование изображения и строятся пространственная и временная гистограмма для его результатов. На втором этапе производится предварительная оценка уровня шума на основе поиска значения, при котором временная или пространственная гистограмма достигает своего максимума. При этом выбор рабочей гистограммы производится на основе оценки их отклонения от распределения Рэлея. Далее оценка корректируется с использованием теста Колмогорова–Смирнова.

Основные недостатки этого метода – это потребность в большом объёме дополнительной памяти для хранения вейвлет-коэффициентов и гистограмм их распределения, а также достаточно сложные математические вычисления.

Блочные методы

Это методы с самым интуитивно понятным принципом. Их идея опубликована порядка двадцати лет назад [8]. Она заключается в разбиении изображения на блоки известного размера и отыскании наиболее «гладких» блоков. Методов отыскания несколько. В классическом алгоритме, описанном в указанном источнике, поиск производится путём определения блоков с наименьшим среднеквадратичным отклонением отсчётов от среднего значения. Среднее значение среднеквадратичного отклонения для N блоков, которое рассчитывается по формуле (6), принимается за оценку уровня шума

$$Nrms = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sigma_k^2}, \quad (6)$$

где N – априорно выбранное количество блоков с минимальной дисперсией отсчётов, σ_k^2 – дисперсия для k -го блока с наименьшей дисперсией сигналов, $Nrms$ – среднеквадратичное значение шума.

Достоинство данного подхода заключается в простоте и малом количестве памяти, требуемом в ходе анализа. В качестве недостатка требуется указать неэффективность данного метода на изображениях, не имеющих больших гладких областей, и не-

однозначность подходов к выбору размера и количества анализируемых блоков.

Развитием описанного подхода являются структурные методы [9]. Их отличие заключается в том, что выбор гладких блоков производится на основе анализа контурных препаратов, полученных для данного изображения одним из известных методов выделения границ (например, методом Собеля или методом Кэнни). В расчёт принимаются блоки или области, не содержащие границ.

В отличие от предыдущего такой подход лишён недостатка, связанного с неоднозначностью выбора параметров анализируемых блоков или областей. Однако он более сложен в реализации из-за потребностей в «детекторе границ». А также появляется задача выбора чувствительности при выделении границ, которая также не имеет однозначного решения.

3. Описание метода оценки шума на основе гармонического анализа

Основные положения

Предлагаемый метод основан на анализе распределения спектральной плотности мощности сигнала, описывающего изображение. Вычисление данного распределения в настоящей работе производится при помощи быстрого преобразования Фурье (БПФ) [10].

В качестве спектральной модели шума выбрана модель «белый шум», так как она наиболее ожидаема для отсчётов, описывающих изображения. Это связано с тем, что на них воздействует множество некоррелированных искажающих факторов, указанных в первом разделе настоящей работы.

Все дальнейшие рассуждения строятся на том, что для распределения спектральной плотности мощности дискретных отсчётов, описывающих фотореалистичное изображение характерно присутствие небольшого числа гармоник со значениями, значительно превосходящими значения остальных гармоник (рис. 1). Значения остальных гармоник имеют распределение по закону Рэлея с неким математическим ожиданием M .

$$M = \sigma * \sqrt{\frac{\pi}{2}}, \quad (7)$$

где σ – мода распределения.

Так как мы выбрали аддитивную модель влияния шума, то на основании свойства линейности преобразования Фурье [11] можно предположить, что второй тип гармоник – это исключительно гармоника шумовой составляющей. А математическое ожидание их распределения характеризует уровень шума.

Это утверждение основано на экспериментальных данных. Так, на рис. 2 изображено распределение гармоник для псевдослучайного нормального шума, полученное экспериментальным путём (сплошной линией). И аппроксимация этого распределения на функцию плотности вероятности для распределения Рэлея (точечной линией):

$$N = \frac{z^2}{\sigma} * e^{-\frac{z^2}{2*\sigma^2}}. \quad (8)$$

А на рис. 3 показано распределение гармоник фотореалистичного изображения, полученное экспериментальным путём (сплошная линия), и график плотности вероятности для распределения Рэлея с соответствующей модой (точечная линия).

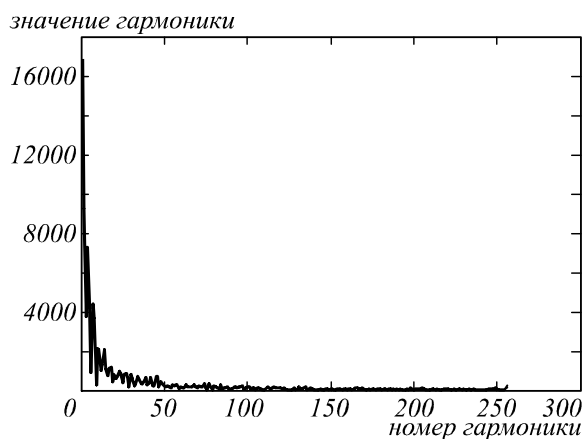


Рис. 1. Распределение спектральной плотности мощности, характерное для отсчётов, описывающих фотореалистичное изображение

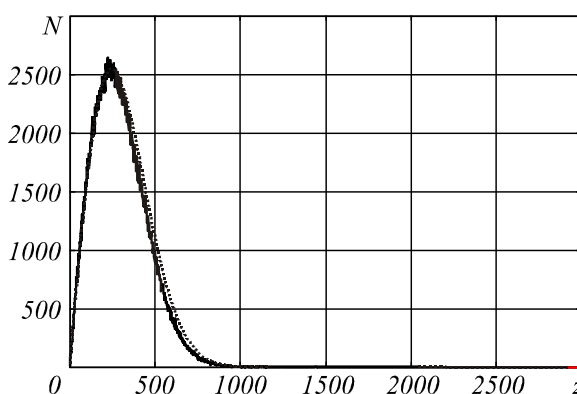


Рис. 2. Распределение значений гармоник, характерное для отсчётов белого шума. Сплошной линией показано экспериментальное распределение, точечной линией – его аппроксимация на функцию плотности вероятности для распределения Рэлея

Отклонение экспериментально полученного распределения от распределения Рэлея вызвано наличием в фотореалистичном изображении составляющей сигнала, не являющейся белым шумом.

Общая модель процесса оценки шума

Процесс оценки состоит из нескольких этапов. Их последовательность графически изображена на рис. 4.

На первом этапе производится быстрое преобразование Фурье (БПФ) для двумерного сигнала I , описывающего изображение. Для БПФ требуется 2^n отсчётов, где n – целое число. Поэтому нужно выбрать рабочее число отсчётов, которое удовлетворяет этому требованию.

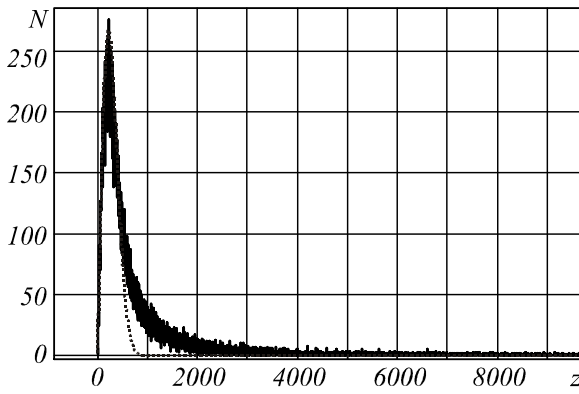


Рис. 3. Распределение значений гармоник, характерное для фотореалистичного изображения. Сплошной линией показано экспериментальное распределение, точечной линией — его аппроксимация на функцию плотности вероятности для распределения Рэлея

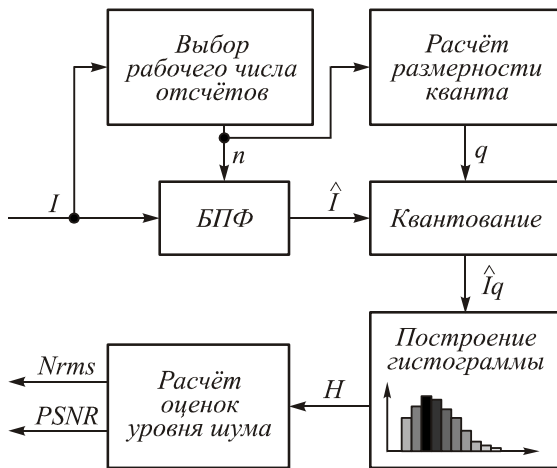


Рис. 4. Общая модель оценки уровня шума на основе анализа распределения спектральной плотности мощности

На следующем этапе производится квантование результатов БПФ. Для этого предварительно определяется размерность кванта (шаг квантования) q из условия её соответствия требуемой точности определения среднеквадратичного значения шума при модели «белый шум».

В конечном итоге строится гистограмма распределения значений гармоник Iq , полученных после квантования. И на основе найденного максимума распределения определяется мода и вычисляется среднеквадратичное значение шума и показатель PSNR.

Ниже подробно рассмотрены основные этапы описанного алгоритма.

Выбор рабочего числа отсчетов и реализация БПФ

Сигнал, соответствующий цифровому изображению, представлен в виде двумерного (для полутонового изображения) или многомерного (для полноцветного изображения) массива дискретных отсчетов, описывающих каждый пиксель. В настоящей работе использовано двумерное БПФ, которое приложено к массиву отсчетов, соответствующих ярко-

стям пикселей (для полутонового изображения) или значениям пикселей в конкретном слое цветового пространства RGB (для полноцветного изображения).

Расчёт рабочего числа отсчетов по вертикали n и по горизонтали m для БПФ производится по формулам (9) и (10):

$$n = 2^{\lfloor \log_2(Lc) \rfloor}, \tag{9}$$

$$m = 2^{\lfloor \log_2(Lr) \rfloor}, \tag{10}$$

где Lc – размер изображения по вертикали, Lr – размер изображения по горизонтали.

Для реализации самого БПФ в настоящей работе предлагается использовать классический алгоритм, описанный в источнике [10].

Результаты БПФ являются комплексными числами. Для того чтобы на их основе построить распределение спектральной плотности мощности, требуется получить их абсолютное значение по формуле:

$$\hat{I}(i) = \sqrt{\hat{I}(i)_{real}^2 + \hat{I}(i)_{inv}^2}, \tag{11}$$

где $\hat{I}(i)_{real}$ – вещественная часть числа, $\hat{I}(i)_{inv}$ – мнимая часть числа, описывающего i -й отсчёт.

Квантование

Как было сказано ранее, для удобства построения гистограммы предлагается произвести квантование результатов БПФ. Под квантованием понимается разбиение диапазонов значений на отрезки равной длины. Математически квантование выражено формулой:

$$\hat{I}q(i) = \left\lfloor \frac{\hat{I}(i)}{q} \right\rfloor, \tag{12}$$

где $\hat{I}(i)$ – значение i -го отсчёта, q – шаг квантования.

Шаг квантования определяет точность оценки.

Напомню, что частотная модель «белый шум» подразумевает равномерное распределение спектральной плотности мощности. То есть все отсчёты $\hat{I}(j)$ равны константе \hat{I}_0 . Тогда установим математическую связь между среднеквадратичным значением шума и константой \hat{I}_0 . Воспользуемся формулой (2), заменив $N(j)$ на $I(i, j)$, так как значение полезного сигнала для принятой модели равно 0, и теоремой Парсеваля, которая устанавливает связь между энергией сигнала и энергией его спектра [12]. В результате для среднеквадратичного отклонения получим выражение:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \left(\sum_{j=0}^{m-1} I(i, j)^2 \right)}{n * m}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} \hat{I}(i, j)^2 \right)}{n * m}}. \tag{13}$$

Так как все коэффициенты $\hat{I}(i, j)$ при $i > 0$ и $j > 0$ равны константе \hat{I}_0 , а при $i = 0$ и $j = 0$ коэффициент равен нулю (белый шум не имеет постоянной составляющей), то:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} \hat{I}_0^2}{(n * m)^2}} = \hat{I}_0 \sqrt{\frac{(n * m - 1)}{(n * m)^2}}. \quad (14)$$

В итоге размерность шага квантования q можно вычислить, приравняв I_{rms} к некоторому априорно задаваемому значению p , определяющему точность вычисления уровня шума. То есть

$$q = p * \sqrt{\frac{(n * m)^2}{n * m - 1}}, \quad (15)$$

где n и m – рабочее число отсчётов по вертикали и горизонтали, вычисленные по формулам (9) и (10), p – параметр, характеризующий требуемую точность.

Стоит отметить, что с уменьшением шага квантования точность оценки увеличивается, но увеличивается и объём памяти, требуемый для хранения массива, описывающего гистограмму.

Построение гистограммы и расчёт оценок шума

На этом этапе формируется одномерный массив H , описывающий гистограмму распределения значений для $\hat{I}q$.

$$H = \{h(0), h(1), \dots, h(\hat{I} \max - 1)\}, \quad (16)$$

где $h(i)$ – количество элементов массива $\hat{I}q$, равных значению i (i – целое число).

Далее производится поиск моды, то есть чаще всего встречающегося значения. Мода распределения характеризует среднеквадратичное значение шума следующим образом:

$$N_{rms} = M * p = \sigma * \sqrt{\frac{\pi}{2}} * p, \quad (17)$$

где M – математическое ожидание распределения Рэля, p – параметр точности, применённый ранее для вычисления шага квантования, σ – мода распределения.

Расчёт показателя $PSNR$ производится по формуле (3). В ней A_{\max} будет заменено на I_{\max} – максимальное значение отсчётов, описывающих анализируемое изображение.

4. Апробация предлагаемого метода

Раздел посвящён реализации предложенного метода в виде функции среды математического моделирования MATLAB, а также результатам нескольких экспериментов, позволяющим доказать его состоятельность.

Реализация метода в MATLAB

Для реализации и апробирования метода в среде MATLAB была создана функция с прототипом:

$$[Nrms, PSNR] = noise_scan(I, p);$$

Аргументами данной функции является двухмерный массив отсчётов I , описывающий либо яркость каждого пикселя (для полутонового изображения), либо его значение в конкретном цветовом слое (для полноцветного изображения в формате RGB), а также параметр p , определяющий шаг квантования.

Функция возвращает указанные выше оценки уровня шума, которые рассчитаны на основании рассмотренного в предыдущем разделе алгоритма. С использованием указанной функции проведены эксперименты, описанные ниже.

Эксперимент 1. Тестирование метода на образцах «псевдослучайного гауссового белого шума»

Под псевдослучайным гауссовым белым шумом понимается набор отсчётов, имеющих нормальное распределение и полученных при помощи генератора псевдослучайных чисел.

При проведении этого эксперимента использовались тестовые изображения, описанные отсчётами, которые получены при помощи встроенного в среду MATLAB генератора псевдослучайных чисел [13]. Опираясь на модель аддитивного воздействия шума, рассмотренную в первом разделе, такие отсчёты можно трактовать как изображения, описанные сигналом с постоянным значением $I_{rnd_{cp}}$ и шумовым воздействием $\Delta N(i, j)$, где i и j – координаты каждого пикселя изображения. Для конкретного образца изображения первая величина может быть рассчитана по формуле (18), а вторая величина – по формуле (19):

$$I_{rnd_{cp}} = \frac{\sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{h-1} I_{rnd}(i, j)}{w * h}, \quad (18)$$

$$\Delta N(i, j) = I_{rnd}(i, j) - I_{rnd_{cp}}, \quad (19)$$

где $I_{rnd}(i, j)$ – значение отсчёта, описывающего пиксель с координатами i и j , w и h – ширина и высота изображения в пикселях. Тогда среднеквадратичное значение шума можно рассчитать, преобразовав (2) в формулу для двухмерного сигнала (20).

$$N_{rms_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \Delta N^2(i, j)}{w * h}}. \quad (20)$$

В ходе эксперимента было проведено сравнение значений, рассчитанных по формуле (20), которые приняты за истинные, со значениями, рассчитанными тестируемым методом. Эти значения были получены для набора из 18 образцов с разным уровнем шума N_{rms_0} . Использовался шаг квантования 0,01. Результаты эксперимента сведены в табл. 1.

Данный эксперимент был повторён для тех же образцов, но с использованием существующих методов. Таких как: Block Based Method (далее назван «блочный метод») и «Spatio-Temporal Gradients method». Эти методы кратко описаны во втором разделе настоящей работы. При подготовке материала статьи использовалась их реализация в рамках MSU Video Quality Measurement Tool v3.0. Результаты замеров их погрешности, а также погрешности метода на основе гармонического анализа представлены в виде графика на рис. 5.

Таблица 1. Сравнение результатов, полученных предложенным методом, с принятыми за истинные

Имя образца	$Nrms_0$	$Nrms$	δ %
G5_0	0,5294	0,5249	-5,95
G5_1	0,5287	0,5246	-6,15
G5_2	0,5297	0,5201	-4,75
G10_0	0,8806	0,853	-7,11
G10_1	0,8824	0,8586	-7,85
G10_2	0,881	0,8511	-8,51
G25_0	2,1055	2,0202	-11,27
G25_1	2,1038	2,0192	-13,06
G25_2	2,1019	2,0162	-11,77
G50_0	4,1838	3,9999	-12,29
G50_1	4,173	4,0026	-9,20
G50_2	4,1737	3,9852	-10,94
G75_0	6,2564	5,9474	-13,26
G75_1	6,2598	5,8879	-9,53
G75_2	6,2556	6,0201	-8,69
G100_0	8,3458	7,8945	-12,07
G100_1	8,3192	7,7176	-9,44
G100_2	8,3427	7,9307	-9,98

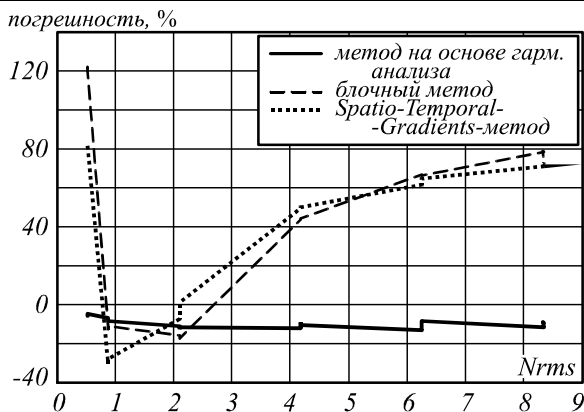


Рис. 5. Зависимость погрешности рассматриваемых методов от среднеквадратичного уровня шума $Nrms$ в образцах

На основании результатов эксперимента можно сделать указанные ниже выводы.

Относительное отклонение полученных предлагаемым методом результатов от принятых за истинные не превышает 10% и имеет отрицательное значение. Это может быть обусловлено тем, что мы имеем дело не с идеальным белым шумом, а с псевдослучайным гауссовым шумом.

Данное отклонение при использовании предлагаемого метода практически не зависит от среднеквадратичного значения шума, присутствующего в тестовых образцах изображения. Что нельзя утверждать про популярные методы. Они дают удовлетворительные результаты только для образцов со среднеквадратичными значениями шума не более 4.

Эксперимент 2. Тестирование метода на образцах реального изображения с наложением аддитивного шума

Этот эксперимент посвящён тестированию предлагаемого метода на образцах фотореалистичного изображения. Подобрано несколько фотографий, используемых в системах машинного зрения, которые эксплуатируются в приборостроительном производстве. Примеры таких изображений приведены на рис. 6 и 7.

Последовательность эксперимента следующая. На первом этапе определяется уровень белого шума исходного изображения с использованием предлагаемого метода на основе гармонического анализа. На следующем этапе к исходному изображению добавляется «псевдослучайный белый шум» с известным среднеквадратичным значением $Nrms$. И по формуле (21) рассчитывается ожидаемое среднеквадратичное значение.

$$Nrms_0 = \sqrt{Nrms^2 + \Delta Nrms^2} \quad (21)$$

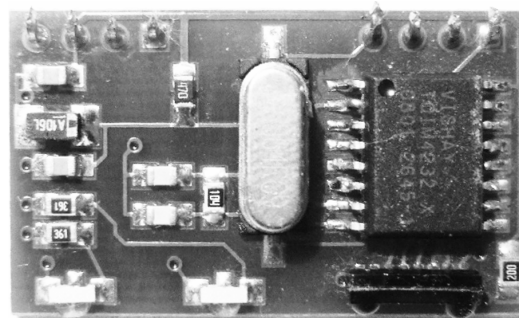


Рис. 6. Фотография модуля на печатной плате, использованная как образец №1 в текущем эксперименте

В качестве примера на рис. 8 и 9 приведено изображение с добавленным шумом, имеющим среднеквадратичное значение 4,1 (рис. 8) и 8,2 (рис. 9). Результаты вычисления погрешности работы каждого из рассматриваемых методов для нескольких образцов представлены в виде графиков на рис. 10.

На основе полученных результатов можно сделать те же выводы, что были сделаны на основе результатов первого эксперимента. Требуется указать, что предлагаемый метод обладает стабильной точностью при достаточно широком диапазоне уровня шума на изображении в отличие от популярных методов оценки уровня шума изображения. При этом отрицательное отклонение оценки от принятой за истинную вызвано тем, что добавляется к изображению не идеальный «белый шум», а псевдослучайный, полученный с использованием генератора случайных чисел среды MATLAB.

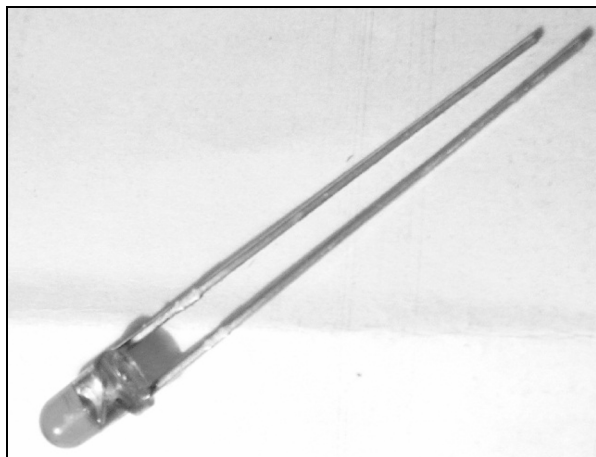


Рис. 7. Фотография светодиода, использованная как образец №3 в текущем эксперименте

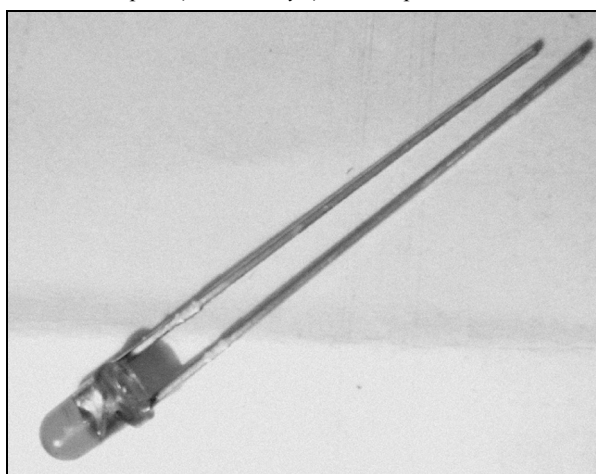


Рис. 8. Фотография светодиода со среднеквадратичным значением шума 4,5, полученная в результате добавления псевдослучайного белого шума

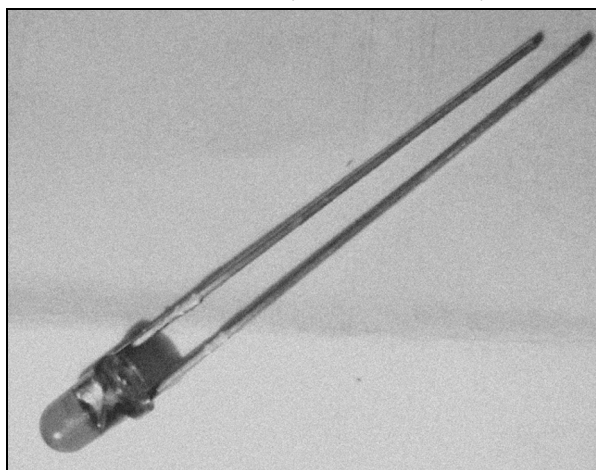


Рис. 9. Фотография светодиода со среднеквадратичным значением шума 8,5, полученная в результате добавления псевдослучайного белого шума

Заключение

Предложенный метод в первую очередь ориентирован на использование при обработке изображения в системах машинного зрения. В частности, для выбора порога чувствительности при выделении контуров

объектов или при расчёте глубины резкости отдельных объектов. В отличие от существующих и наиболее популярных методов, рассмотренных в данной работе, он отличается более высокой точностью, которая не зависит от значения уровня шума.

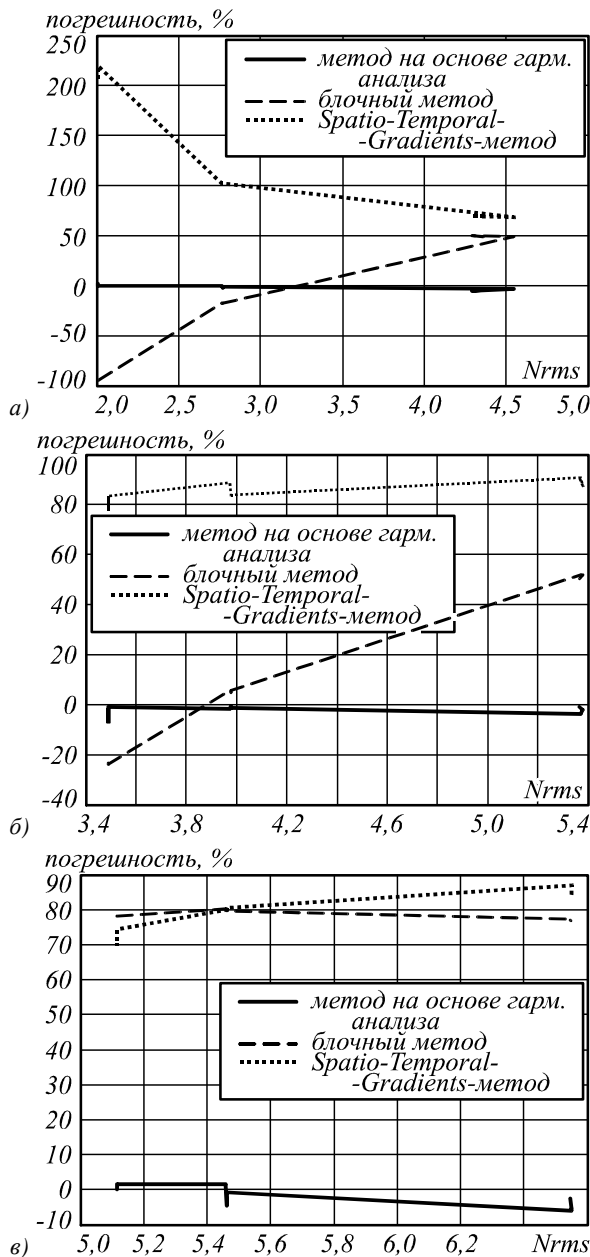


Рис. 10. Зависимость погрешности каждого метода от уровня шума на фотореалистичном изображении: образец №1 (а), образец №2 (б), образец №3 (в)

Также данный метод может быть использован при настройке и выборе регистрирующей системы машинного зрения и при тестировании бытовой фото- и видеотехники.

Среди недостатков можно указать потребность в дополнительном объёме памяти и некоторую сложность вычислений (так как требуется двумерное БПФ).

Предполагаемое направление развития данного метода – возможность анализа шума с частотной

моделью, отличной от модели «белый шум». Например, шум с моделью «красный шум» наблюдается на фотореалистичных изображениях, подвергшихся цифровой фильтрации.

Благодарности

Автор выражает благодарность кафедре «Инновационные технологии в приборостроении, микро - и оптоэлектронике» (ПР-6) Московского государственного университета приборостроения и информатики за поддержку данных исследования. А также лаборатории «Graphics&Media Lab» Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и администрации сайта www.compression.ru за возможность бесплатного приобретения некоммерческой версии программного обеспечения MSU Video Quality Measurement Tool 3.0 FREE, которое было использовано при подготовке материала данной статьи.

Некоторые экспериментальные материалы, использованные при подготовке данной работы, могут быть высланы заинтересованным лицам после обращения на электронную почту автора.

Литература

1. **Монич, Ю.И.** Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю.И. Монич, В.В. Старовойтов // Искусственный интеллект. – 2008. – № 4. – С. 376-386.
2. **Комар, В.Г.** Количественные критерии качества изображения для оценки кинематографических систем / В.Г. Комар // Техника кино и телевидения – 2000. – № 10.
3. **Гейдаров, П.Ш.О.** Алгоритм определения расположения и размеров объектов на основе анализа изображений объектов / П.Ш.О. Гейдаров // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 2. – С. 275-280.
4. **Лапшенков, Е.М.** Анализ влияния резкости на качество распознавания изображения в системах машинного зрения / В.П. Орлов, Е.М. Лапшенков // Вестник МГУПИ. Серия: Приборостроение и информационные технологии. – 2012. – № 38. – С.56-65.
5. Цифровая обработка изображений /под ред. Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
6. **Donoho, D.L.** De-noising by soft-thresholding / D.L. Donoho // IEEE Transactions on Information Theory. – 1995. – V. 41, N 3. – P. 613-627.
7. **Ghazal, M.** Structure-Oriented Spatio-Temporal Video Noise Estimation / M. Ghazal, A. Amer, A. Ghayeb // in Proc. IEEE Int. Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Toulouse, France. – 2006. – P. 845-848.
8. **Olsen, S.I.** Noise variance estimation in images / S.I. Olsen // In In 8th Scandinavian Conference on Image Analysis. Norway. – 1993.
9. **Amer, A.** Fast and reliable structure-oriented video noise estimation / A. Amer, E. Dubois // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2005. – V. 15. – P. 113-118.
10. **Duhamel, P.** Fast Fourier Transforms: A Tutorial Review and a State of the Art / P. Duhamel, M. Vetterli // Signal Processing. –1990. – V. 19 – P. 259-299.
11. **Снеддон, И.** Преобразование Фурье / И. Снеддон. – М.: Издательство иностранной литературы, 1955. – 668 с.
12. **Баскаков, С.И.** Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.
13. **Дьяконов, В.** MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. Самое подробное описание последних версий MATLAB, новые возможности Simulink / В. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2008. – 799 с.

References

1. **Monich, Yu.I.** Image Quality Evaluation for Image Analysis / Yu.I. Monich, V.V. Starovoitov // Artificial intellect. – 2008. – N. 4 – P. 376-386. – (In Russian).
2. **Komar, V.G.** Quantitative criterions of image quality for cinematographic systems estimation / V.G. Komar // Technical of Cinema and Television. – 2000. – N. 10. – (In Russian).
3. **Geidarov, P.S.** Algorithm for determining the location and dimensions of objects based on analysis of image objects / P.S. Geidarov // Computer optics. – 2011. – V. 35, N 2. – P. 275-280. – (In Russian).
4. **Lapshenkov, E.M.** Analiysis of sharpness influence upon quality of image recognision in machine vision systems / V.P. Orlov, E.M. Lapshenkov // MGUPI Journal. Series: Instrumentation and Information Technology. – 2012 – N 38 – P. 56-65. – (In Russian).
5. Digital images processing // edited by R. Gonsales and R. Vuds. – Moscow: Technosfera Publisher, 2006. – 1072 p. – (In Russian).
6. **Donoho, D.L.** De-noising by soft-thresholding / D.L. Donoho // IEEE Transactions on Information Theory. – 1995. – V. 41, N 3. – P. 613-627.
7. **Ghazal, M.** Structure-Oriented Spatio-Temporal Video Noise Estimation / M. Ghazal, A. Amer, A. Ghayeb // in Proc. IEEE Int. Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Toulouse, France. – 2006. – P. 845-848.
8. **Olsen, S.I.** Noise variance estimation in images / S.I. Olsen // In In 8th Scandinavian Conference on Image Analysis. Norway. – 1993.
9. **Amer, A.** Fast and reliable structure-oriented video noise estimation / A. Amer, E. Dubois // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2005. – V. 15. – P. 113-118.
10. **Duhamel, P.** Fast Fourier Transforms: A Tutorial Review and a State of the Art / P. Duhamel, M. Vetterli // Signal Processing. –1990. – V. 19 – P. 259-299.
11. **Sneddon, S.I.** Fourier transform / S.I. Sneddon. – Moscow: Publishers of Foreign Literature, 1955. – 668 p. – (In Russian).
12. **Baskakov, S.I.** Radio circuits and signals / S.I. Baskakov. – Moscow: “Vysshaya Shkola” Publisher, 2000. – 462 p. – (In Russian).
13. **Dyakonov, V.** MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Using foundations. Most detailed description of last versions of MATLAB, new features of simulink / V. Dyakonov.– Moscow: “Solon-Press” Publisher, 2008. – 799 p. – (In Russian).

NO REFERENCE ESTIMATION OF NOISE LEVEL OF DIGITAL IMAGE IS BASED ON HARMONIC ANALYSIS

E. M. Lapshenkov

Moscow State University Instrument Making and Computer Science

Abstract

The article is devoted to development of method for image noise estimation. This method is based on analysis of spectral density power (harmonic analysis) of signal that describing image. Proposed method may be used both for visual quality estimation and for image analysis in machine vision systems.

Key words: image quality, noise estimation, machine vision.

Сведения об авторе



Лапшенков Евгений Михайлович, 1985 года рождения. В 2007 году с отличием окончил Московский государственный университет приборостроения и информатики (МГУПИ) по специальности «Приборостроение» (200101). На данный момент является аспирантом заочной формы обучения кафедры «ПР-6» МГУПИ и ведущим инженером-электронщиком ООО «Систел». Читает курс по дисциплине САПР в Серпуховском филиале МГУПИ. В рамках курса разработан лабораторный практикум по изучению автоматизированных систем проектирования устройств на печатной плате (Altium Designer, P-CAD, CAM 350). Область научных интересов: автоматизация проектирования и производства в области приборостроения, прикладное применение систем машинного зрения для автоматизации.

E-mail: elapshenkov@mail.ru.

Evgeniy Michailovich Lapshenkov (b. 1985) graduated with honors (2007) from Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Sciences (MGUPI) by profession of Instrument Engineering. At the moment, he is correspondence post-graduate student of "PR-6" chair of MGUPI and principal electronics engineer of Systel LLC (Russian). Gives a course about CAD systems at Serpukhov's branch of MGUPI. Within the bounds of this course, the laboratory training has been developed about EDA systems (Altium Designer, P-CAD, CAM 350). The areas of my research interests are focused on automation of designing and manufacture in instrument-making industry, on applied using of machine vision systems for automation of manufacture.

Поступила в редакцию 25 мая 2012 г.