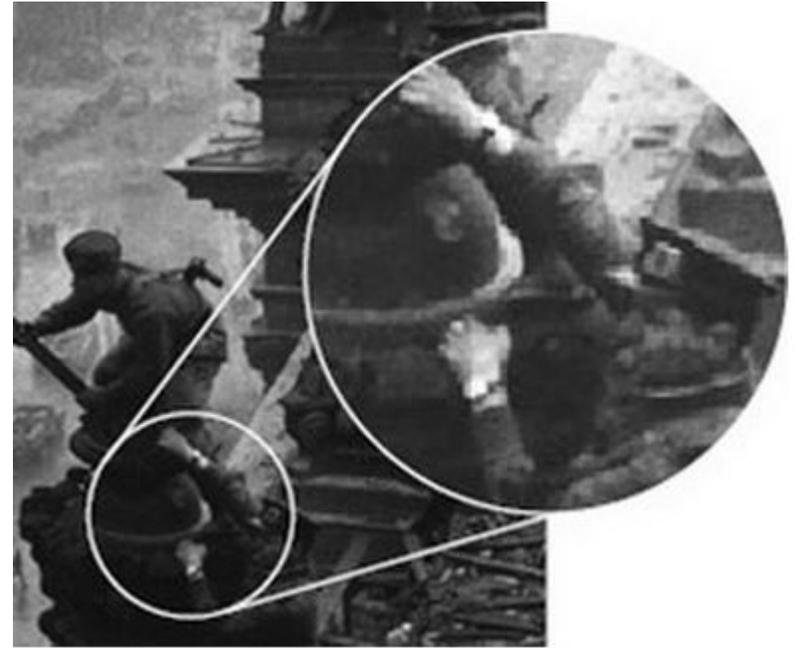


Проверка аутентичности
цифровых изображений
формата JPEG.





При ***визуальном анализе*** оцениваются:

- естественность композиции изображения;
- пропорциональность частей изображения;
- перспективное соответствие и одинаковый ракурс всех деталей изображения;
- одинаковые условия освещения объектов;
- распределение теней и световых бликов;
- уровни яркости и цветовой баланс всех частей изображения;
- одинаковая степень резкости и «зернистости»;
- однородность фона, плавность перехода между соседними фрагментами.

MERYL PERCE COLIN STELLAN JULIE DOMINIC AMANDA CHRISTINE
STREEP BROSNAN FIRTH SKARSGÅRD WALTERS COOPER SEYFRIED BARANSKI

MAMMA MIA!

THE MOVIE

A mother.
A daughter.
Three possible fathers.
A trip down the aisle
you'll never forget.



SUMMER 2008

WARNER BROS. PICTURES PRESENTS A MAMMA MIA! FILM BY PHILIP MOYSE



AzoogleAds 140 Atlantic Parkway, Suite 505
Northham, Ontario L3R 0T8 5447

PAY to the order of Jeremy Schoemaker \$ 500,000.00

Five Hundred Thousand Dollars ⁰⁰/₁₀₀ Dollars

For AzoogleAds

Ⓢ 121031675 Ⓢ 5541 01155475845 Ⓢ

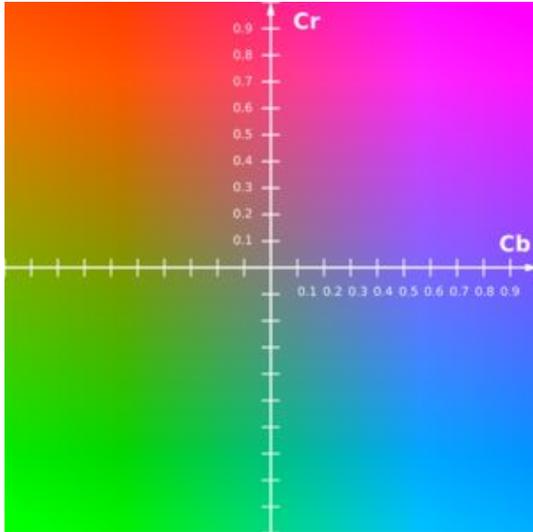


Анализ информации о файле:

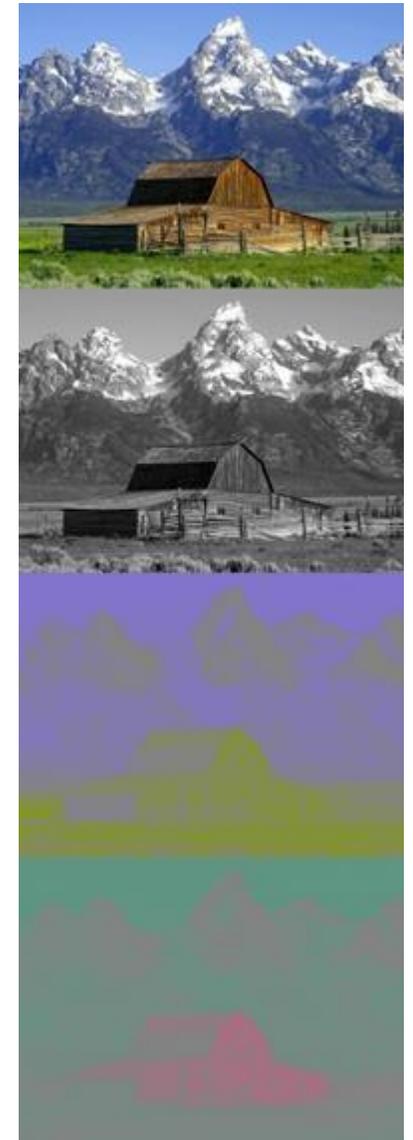
- стандартные пропорции фотографии
- информация EXIF, миниатюрный эскиз изображения;
- элементы матрицы квантования;
- длина таблицы Хаффмана;

Шаг 1. Переводим изображение из пространства RGB в пространство YCbCr с помощью следующего выражения:

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,5 & -0,4187 & -0,0813 \\ 0,1687 & -0,3313 & 0,5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{pmatrix}$$

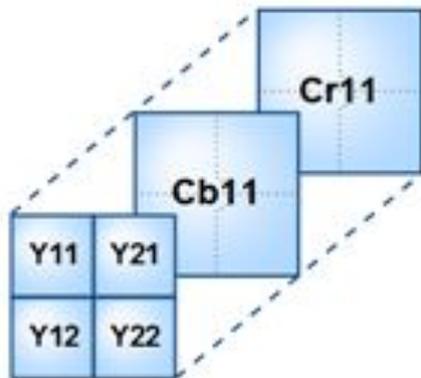
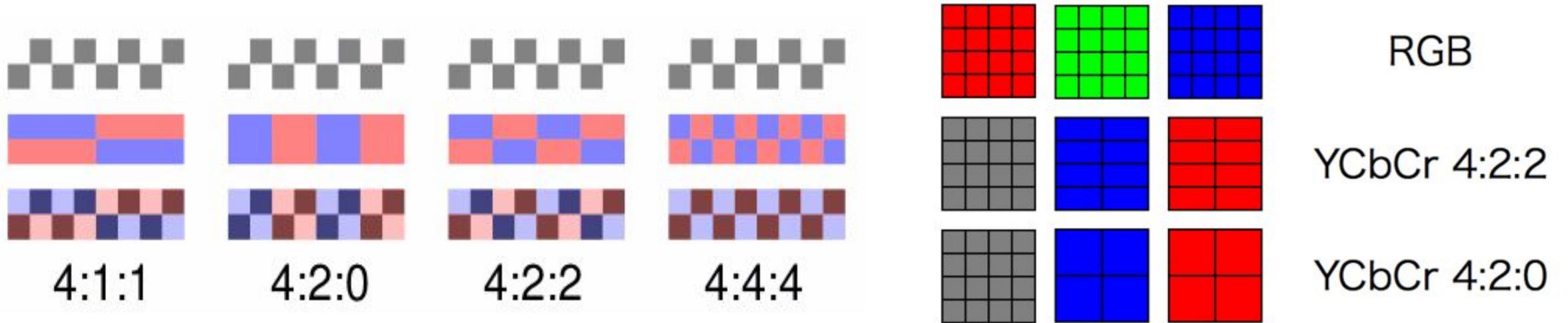


Шаг 2. Разбиваем исходное изображение на матрицы 8x8



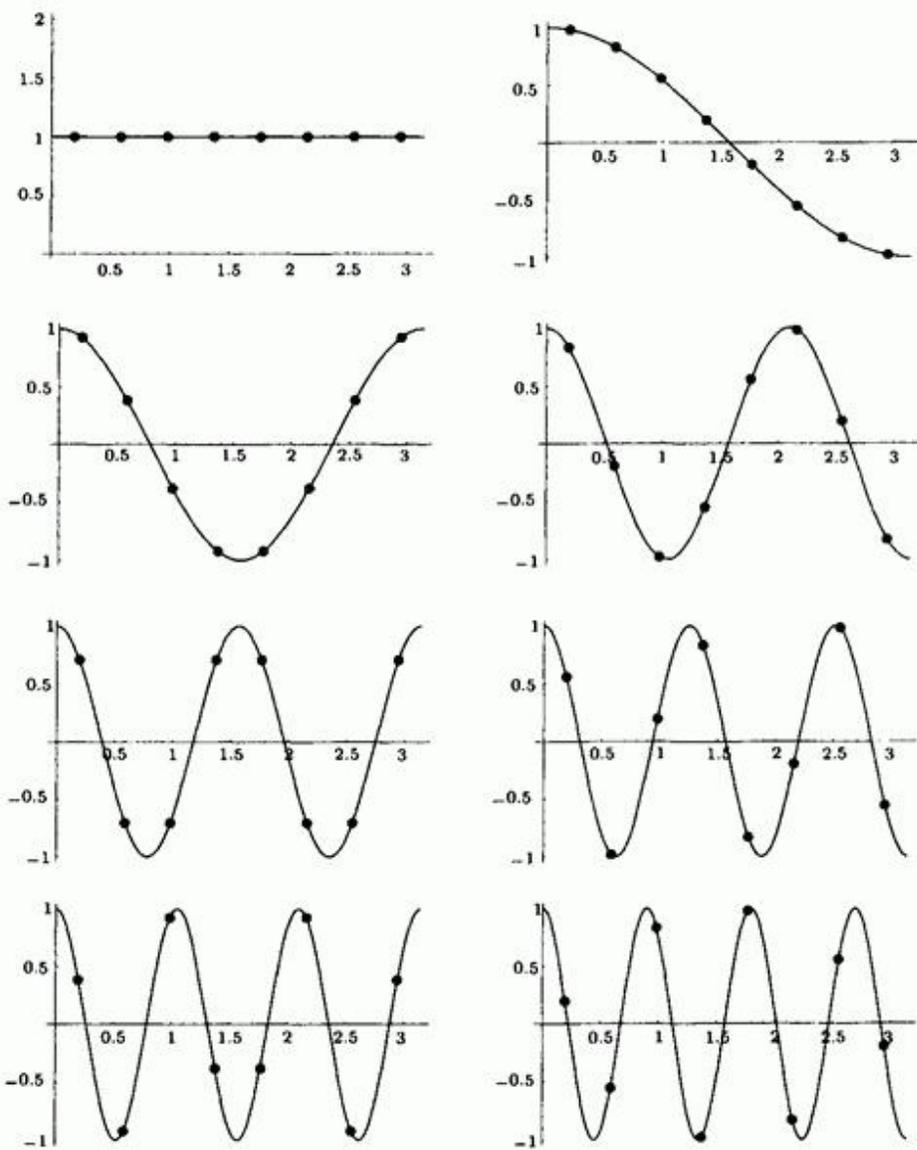
При больших степенях сжатия блок 8x8 раскладывается на компоненты YCbCr в формате 4:2:0, т.е. компоненты для Cb и Cr берутся через точку по строкам и столбцам.

Формируем из каждой три рабочие матрицы ДКП – по 8 бит отдельно для каждой компоненты.



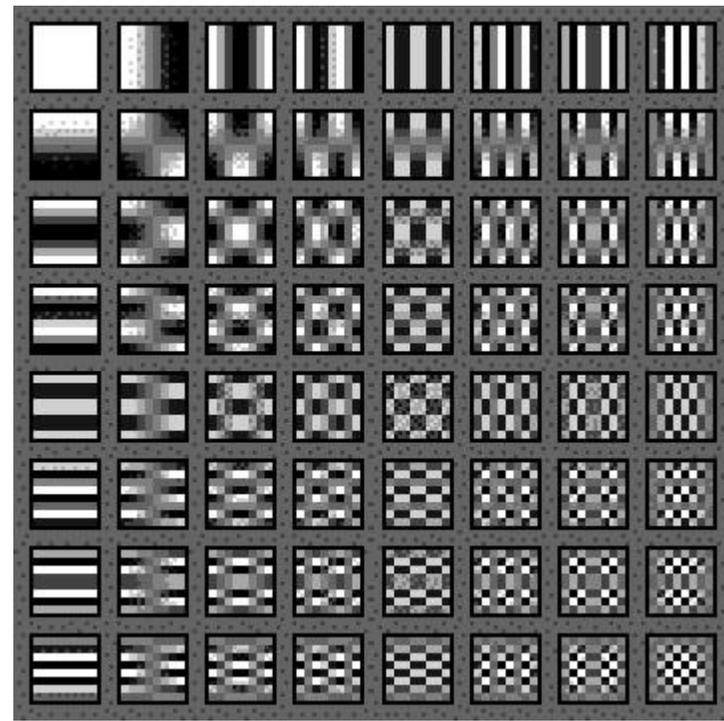
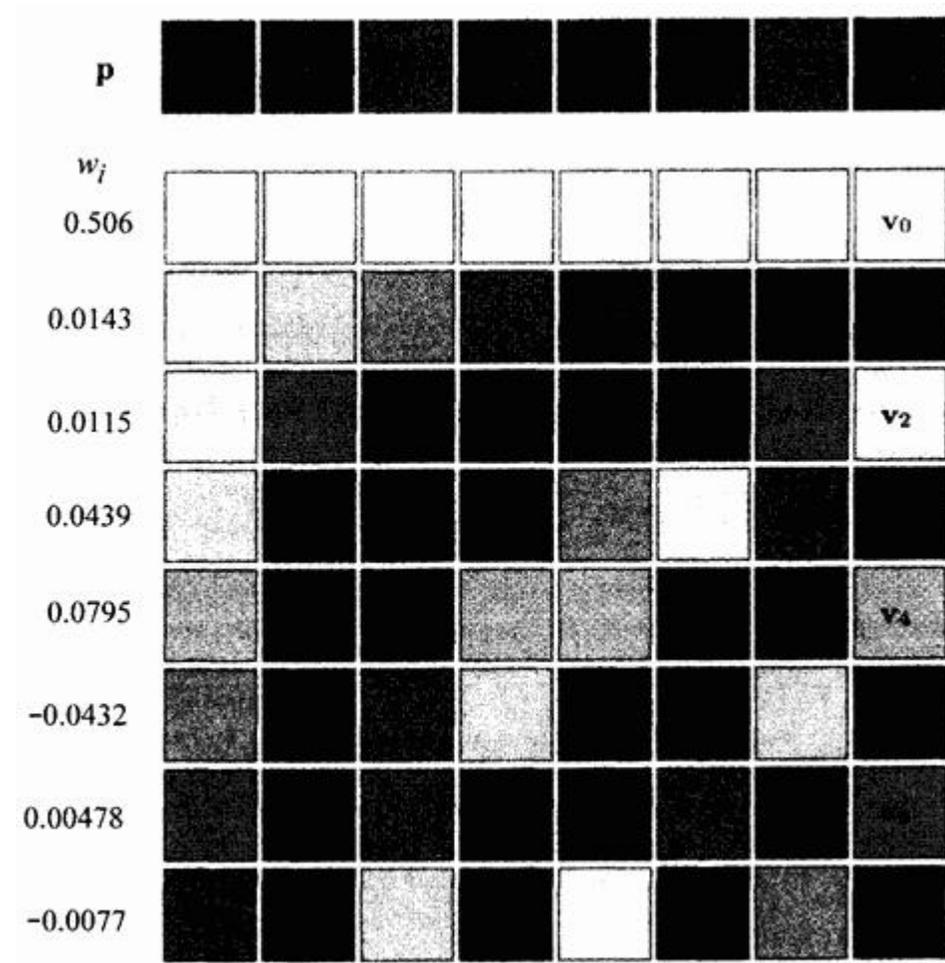
Шаг 3. Применение ДКП к блокам изображения 8x8 пикселей. Формально прямое ДКП для блока 8x8 можно записать в виде

$$F_{(m,n)} = \frac{2}{n} C_{(m)} C_{(n)} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f_{(x,y)} \cos \frac{\pi n(2x+1)}{2N-1} \cos \frac{\pi m(2y+1)}{2N-1}$$

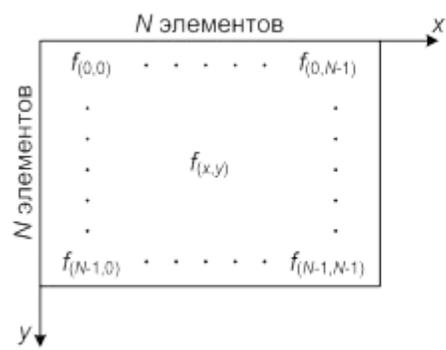


$$\theta = \frac{\pi}{16}, \frac{3\pi}{16}, \frac{5\pi}{16}, \frac{7\pi}{16}, \frac{9\pi}{16}, \frac{11\pi}{16}, \frac{13\pi}{16}, \frac{15\pi}{16},$$

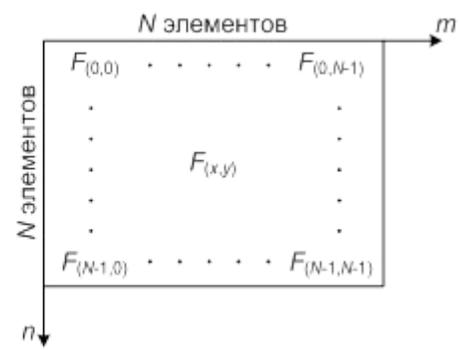
θ	0.196	0.589	0.982	1.374	1.767	2.160	2.553	2.945
$\cos 0\theta$	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
$\cos 1\theta$	0.981	0.831	0.556	0.195	-0.195	-0.556	-0.831	-0.981
$\cos 2\theta$	0.924	0.383	-0.383	-0.924	-0.924	-0.383	0.383	0.924
$\cos 3\theta$	0.831	-0.195	-0.981	-0.556	0.556	0.981	0.195	-0.831
$\cos 4\theta$	0.707	-0.707	-0.707	0.707	0.707	-0.707	-0.707	0.707
$\cos 5\theta$	0.556	-0.981	0.195	0.831	-0.831	-0.195	0.981	-0.556
$\cos 6\theta$	0.383	-0.924	0.924	-0.383	-0.383	0.924	-0.924	0.383
$\cos 7\theta$	0.195	-0.556	0.831	-0.981	0.981	-0.831	0.556	-0.195



Преобразование блока изображения $f(x,y)$ в блок ДКП коэффициентов $F(m,n)$:
 а – блок изображения; б – блок коэффициентов ДКП



а)



б)

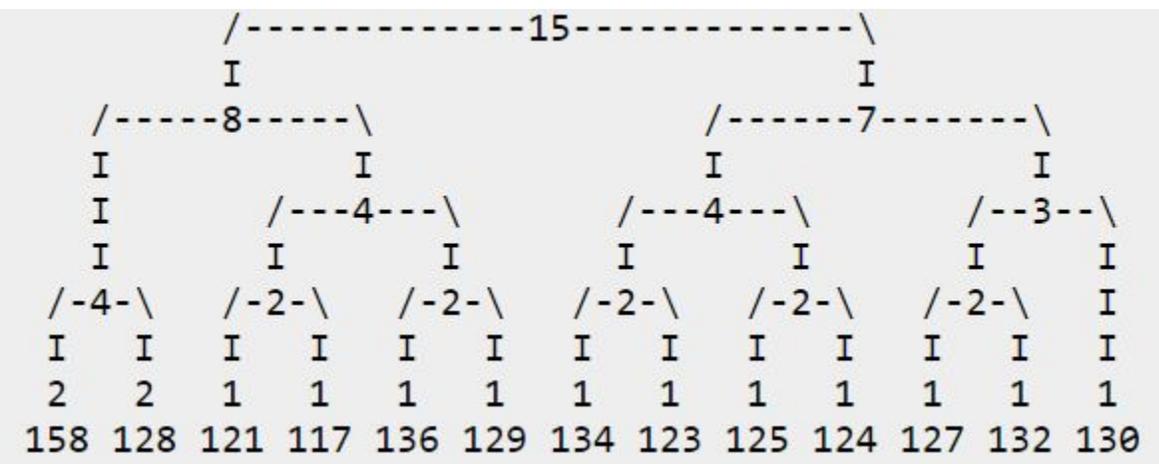
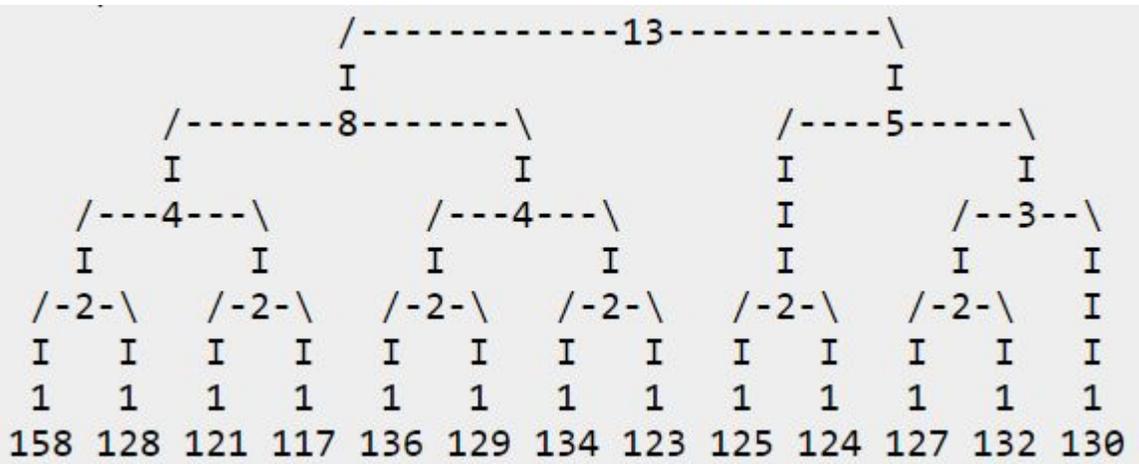
59	59	59	60	60	65	64	64
63	62	62	62	62	61	61	62
137	123	111	101	96	89	88	86
237	236	235	233	231	216	213	208
225	229	232	232	231	237	238	239
193	195	197	198	199	204	204	205
182	182	181	181	181	180	180	180
183	182	181	180	179	178	178	177

а)

1249	19	3	1	1	1	0	1
-381	14	3	2	2	0	0	1
-318	-14	3	1	-1	0	1	-2
31	-45	-4	-3	-5	0	2	-4
154	-7	-8	-2	-2	0	-1	0
38	20	-3	2	2	0	-2	2
-39	11	8	3	0	1	1	0
-42	3	10	1	-1	1	1	-1

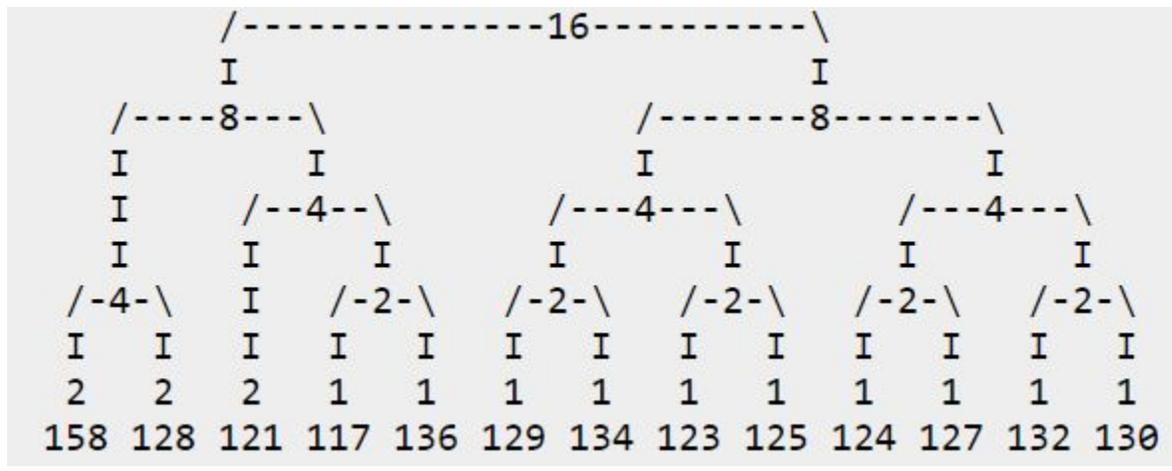
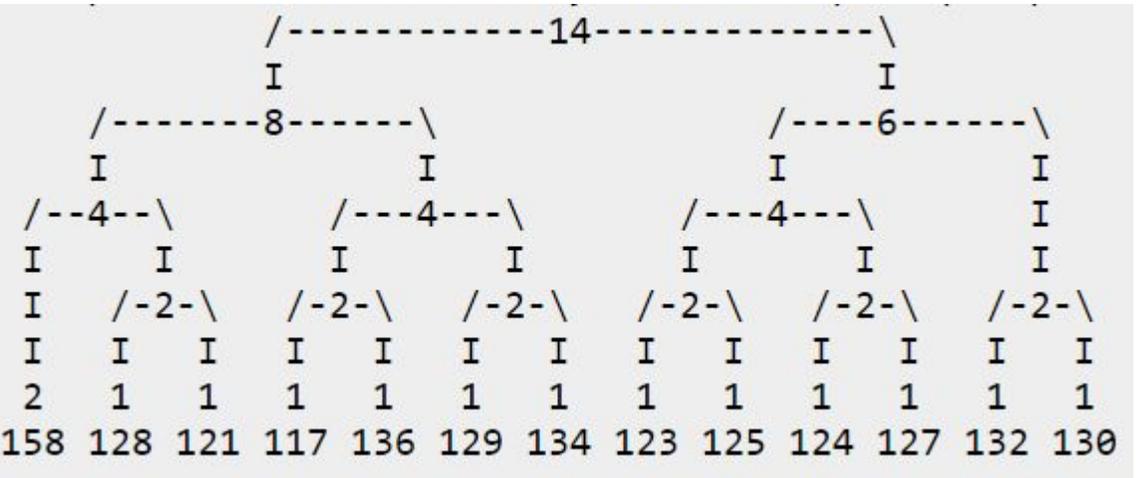
б)

158 128 121 117 136 128 128 129 134 123 121 125 128 129 128 128 128 129 128 125 124 127 132 130 128 128 128 128 128
128 128 128 128 128 128 125 129 129 128
128 128 128 128 128 128 128



CHARACTER=158, код 1111

CHARACTER=121, код 1011



CHARACTER=128, код 1101

Рис. 1. Элементы матрицы квантования в графических файлах

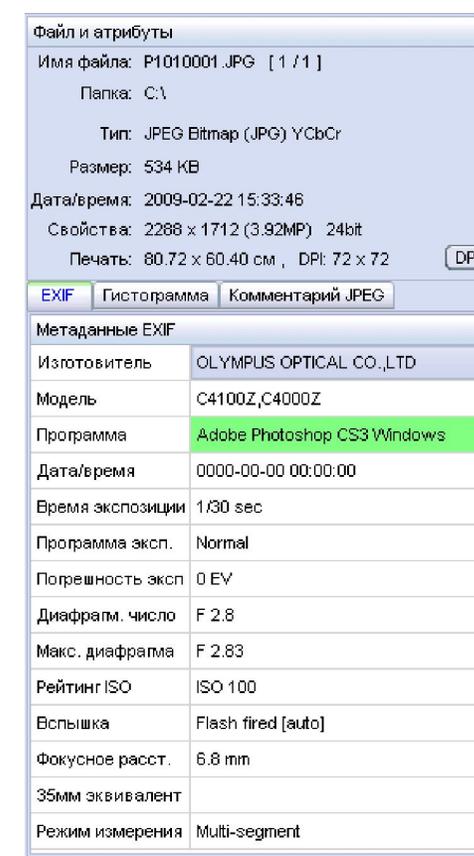
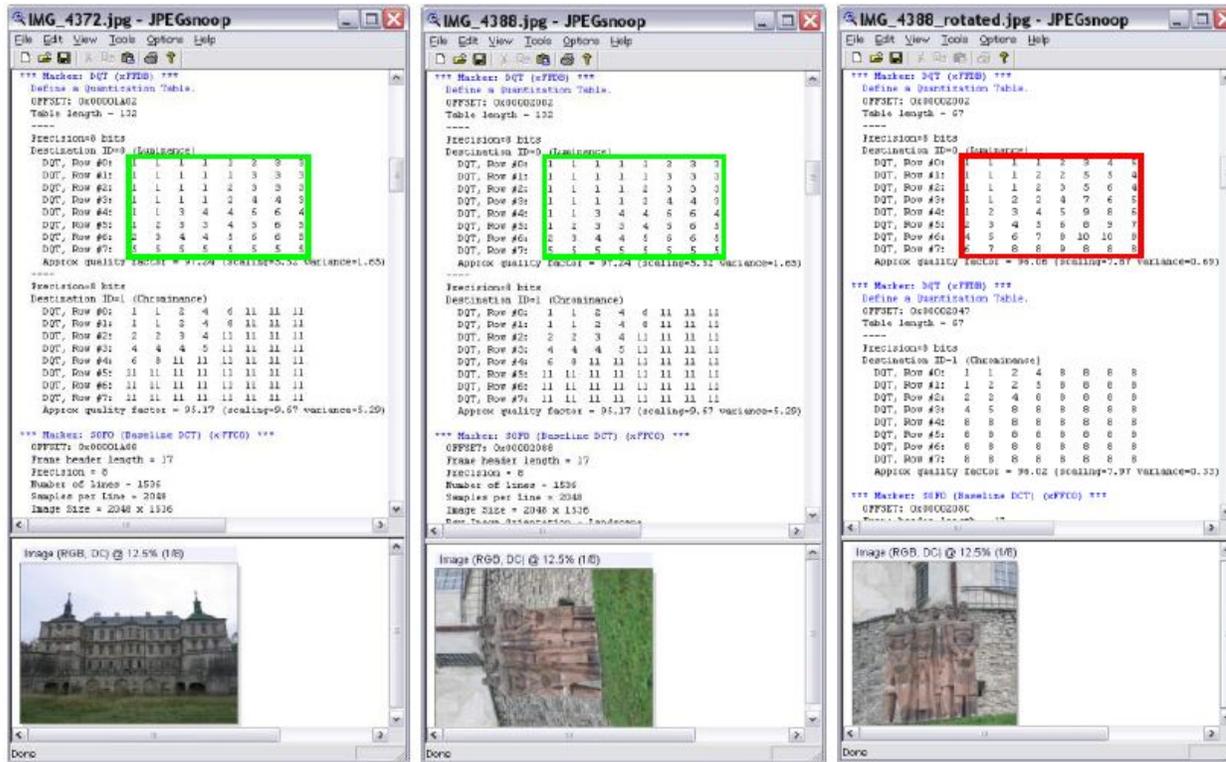


Рис. 3 Информация EXIF файла, обработанного программой «Adobe Photoshop CS3».

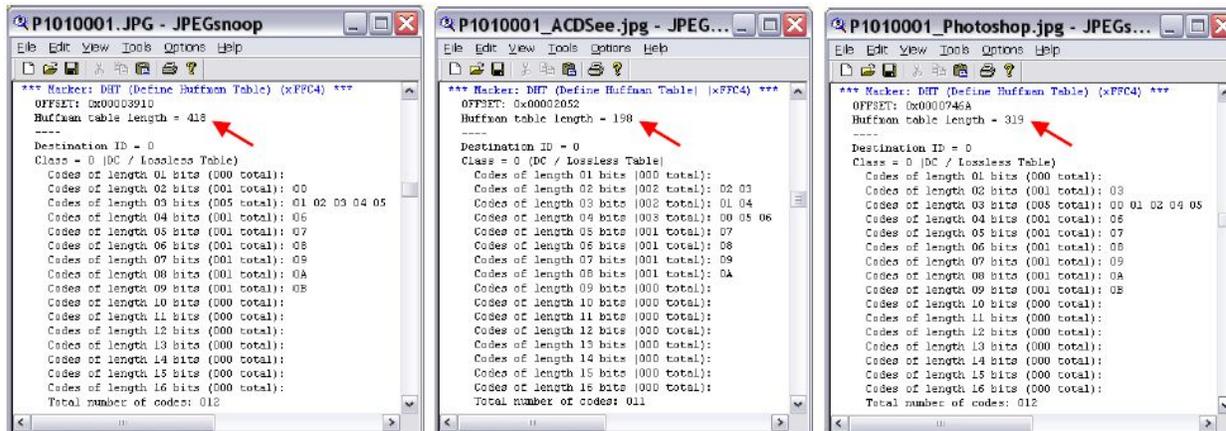
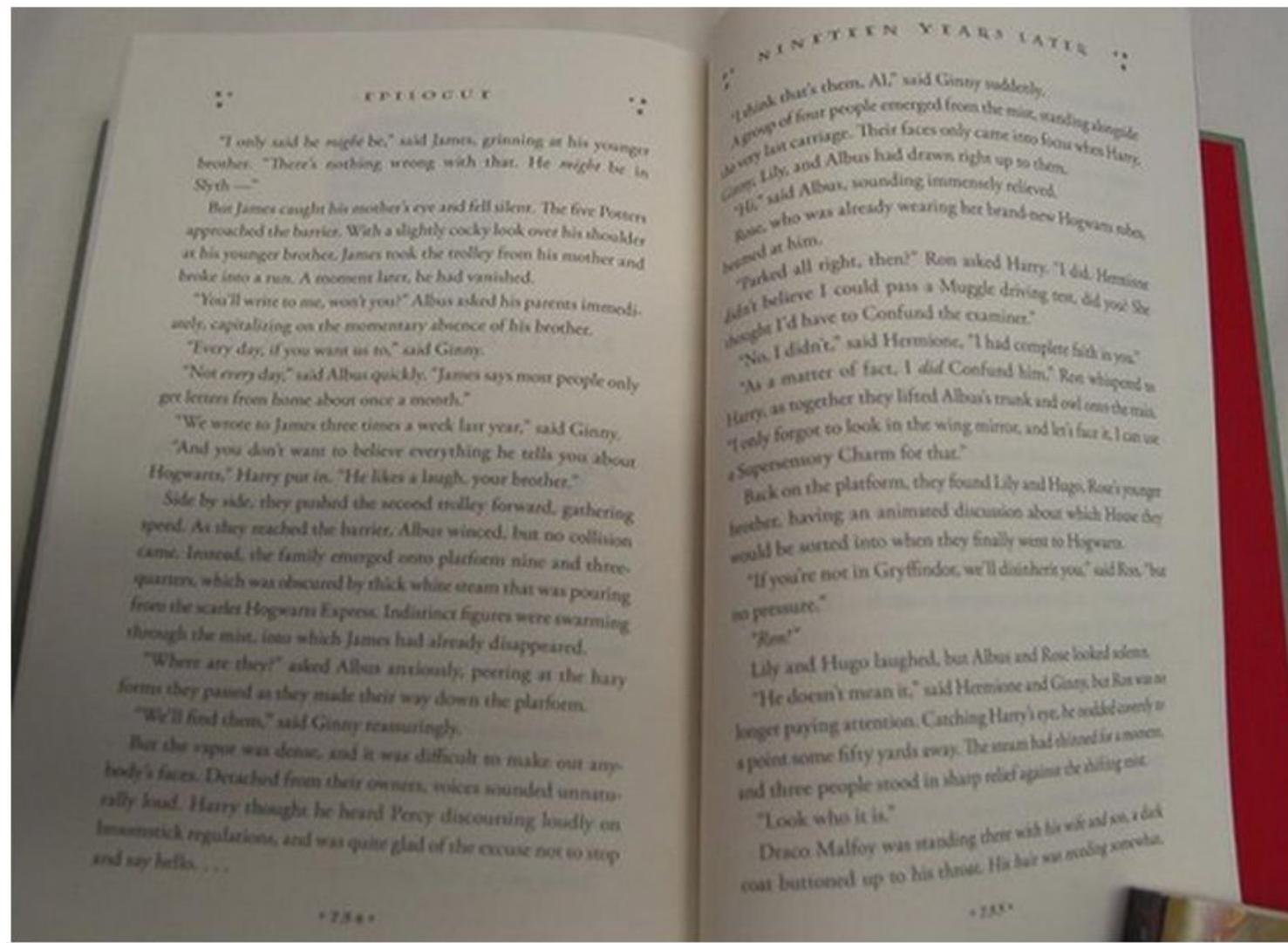
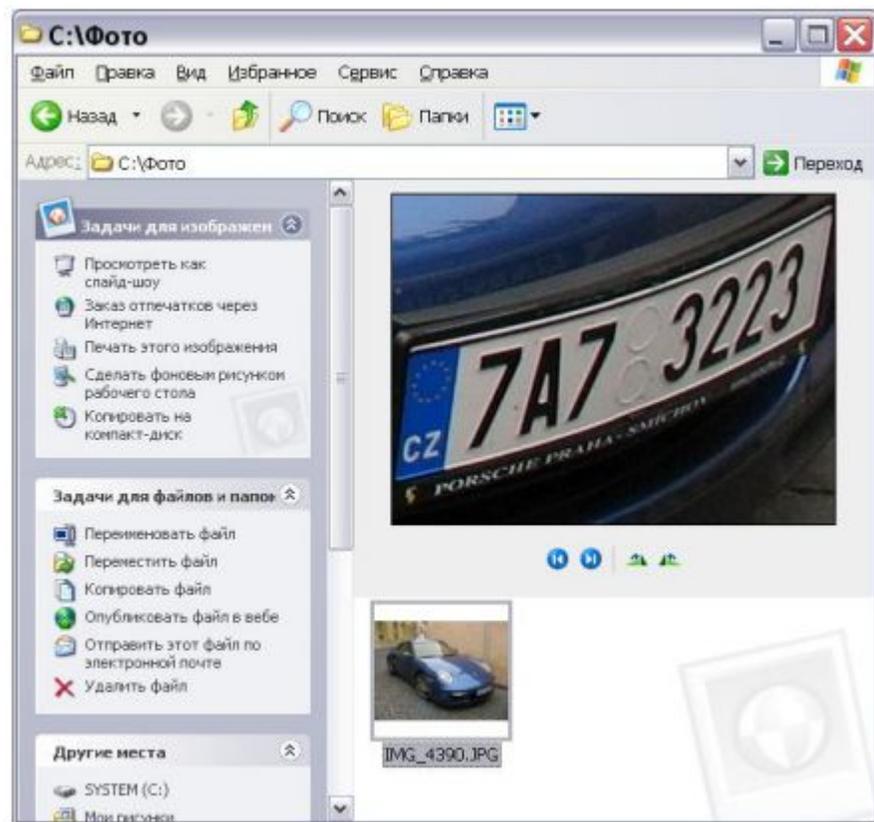


Рис. 2. Различная длина таблиц Хаффмана (указана стрелкой) для камеры «Olympus C-4000», программ «ACDSee» и «Photoshop»



- Анализ ошибки сжатия
- Двойной эффект квантования (Double quantization effect)
- Анализ пиксельных связей (Color filter array interpolation)
- Анализ хроматических aberrаций
- Анализ функции отклика фотоаппарата
- Анализ границ блоков 8x8 ((Block artifact grid detection))
- Анализ шумов

Стеганографические:

- Критерий хи-квадрат

Анализ ошибки сжатия



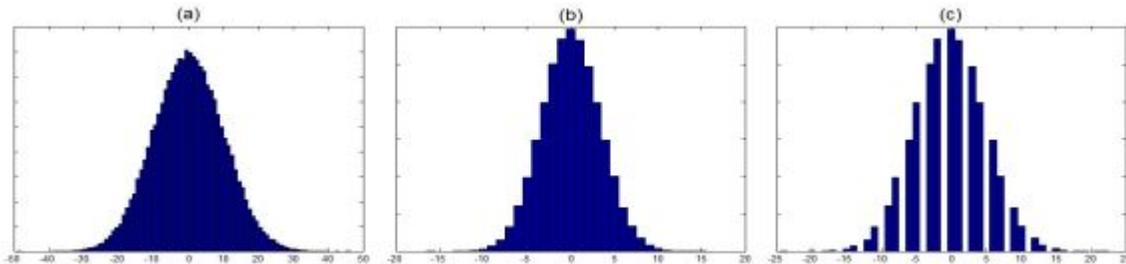
Double Quantization effect

Квантование представляет из себя совокупность операций деления ДКП коэффициентов на соответствующие элементы матрицы квантования $Q(m,n)$ и последующим округлением полученного числа до ближайшего целого.

$$F^Q(m, n) = \text{round} (F(m, n) \setminus Q(m, n));$$

Под двойной компрессией jpeg мы будем понимать повторное сохранение изображения с разными матрицами квантования Q_1 (начальная) и Q_2 (вторичная).

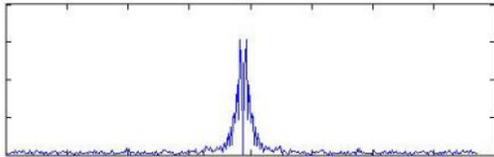
$$F^{Q^{\beta}}(u, v) = \text{round} \left(\frac{F^{Q^{\alpha}}(u, v) Q^{\alpha}(u, v)}{Q^{\beta}(u, v)} \right)$$



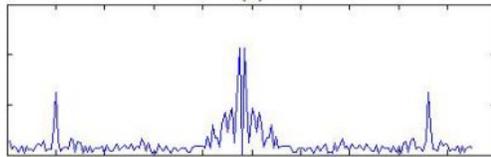
(a)



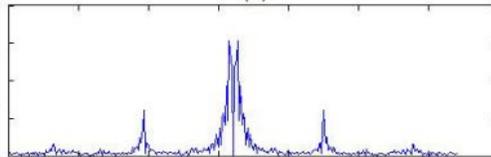
(b)



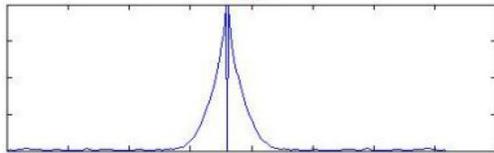
(c)



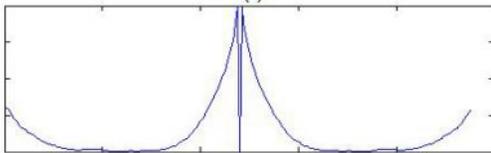
(d)



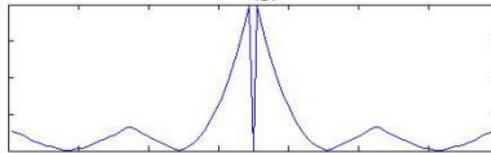
(e)



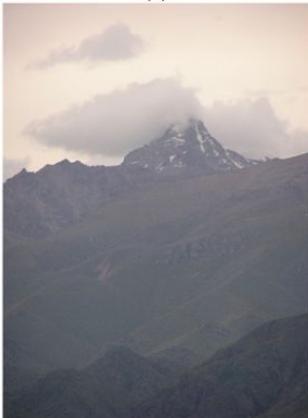
(f)



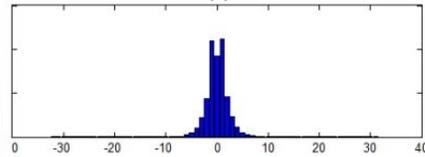
(g)



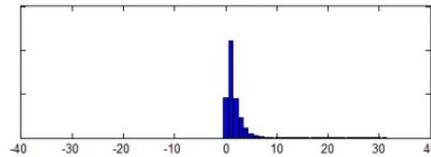
(a)



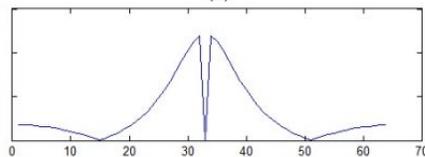
(b)



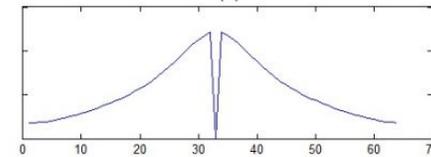
(c)



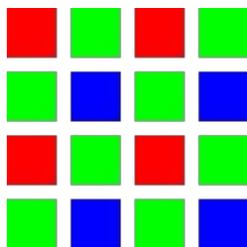
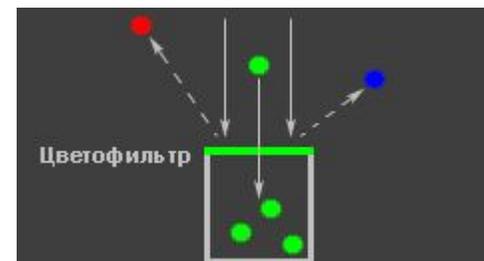
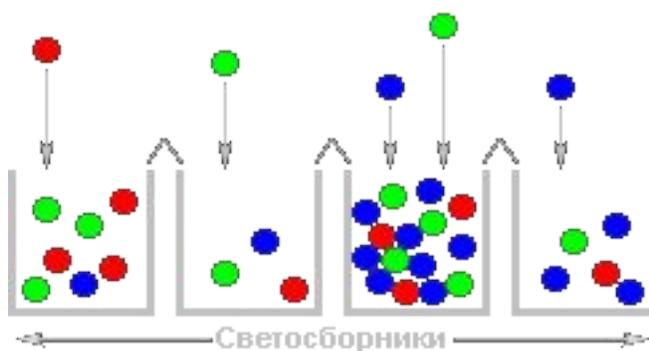
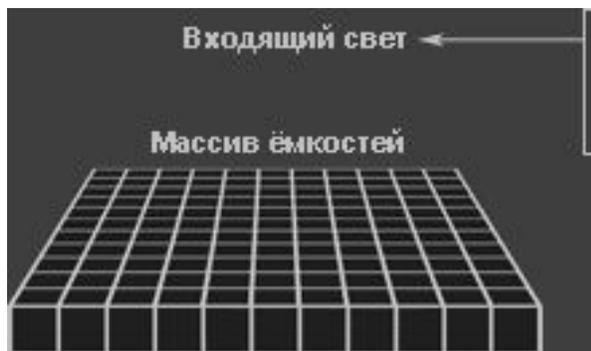
(d)



(e)

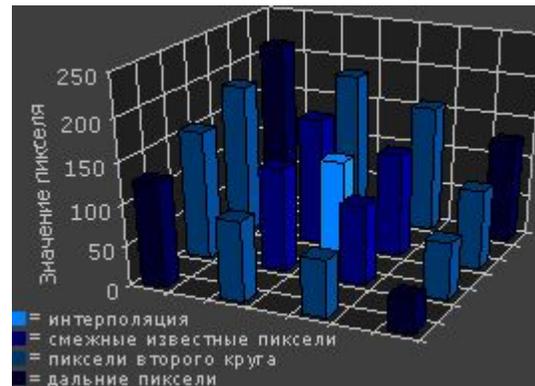
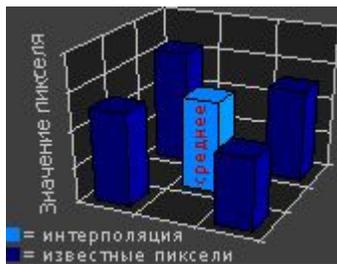
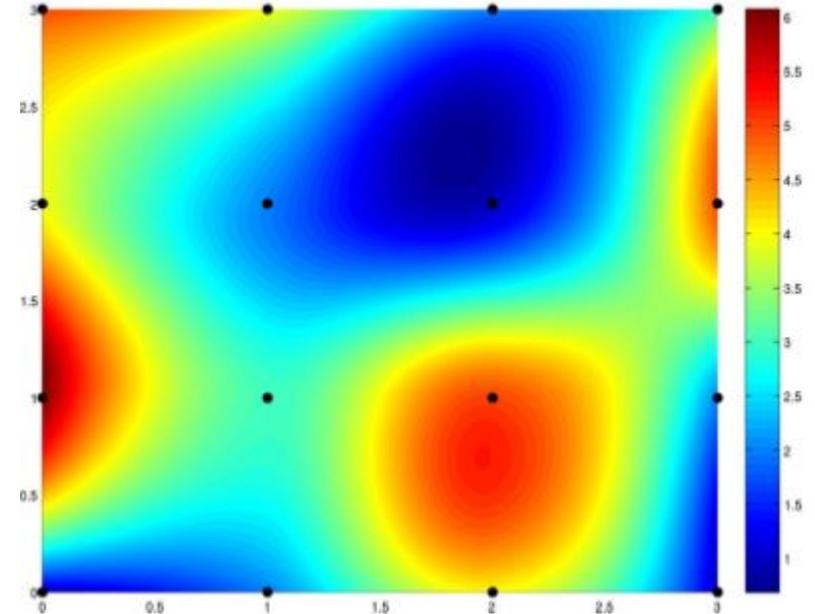
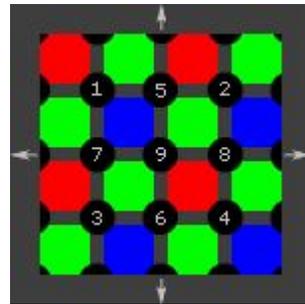
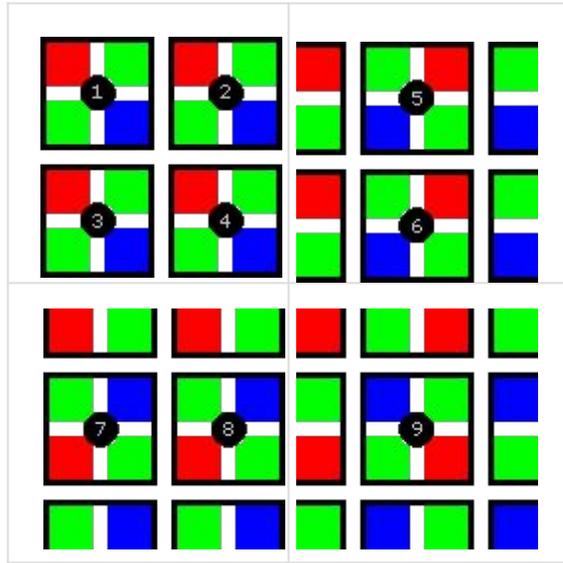
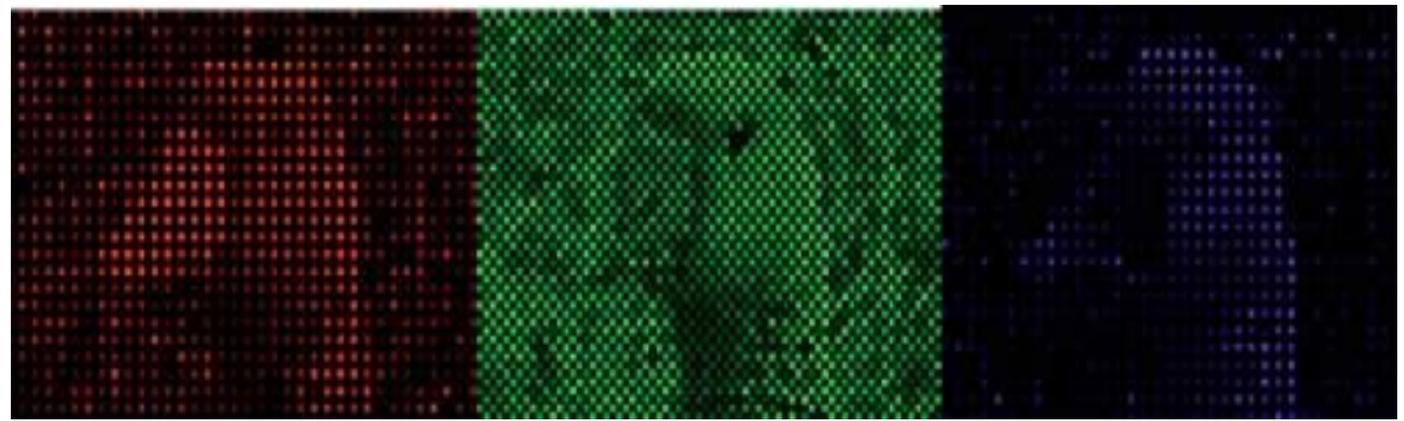
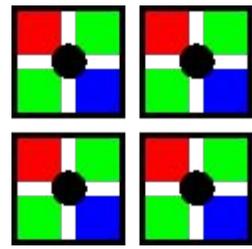
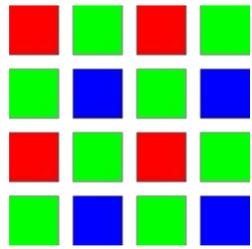


Определения фотомонтажа путем анализа следов матрицы камеры

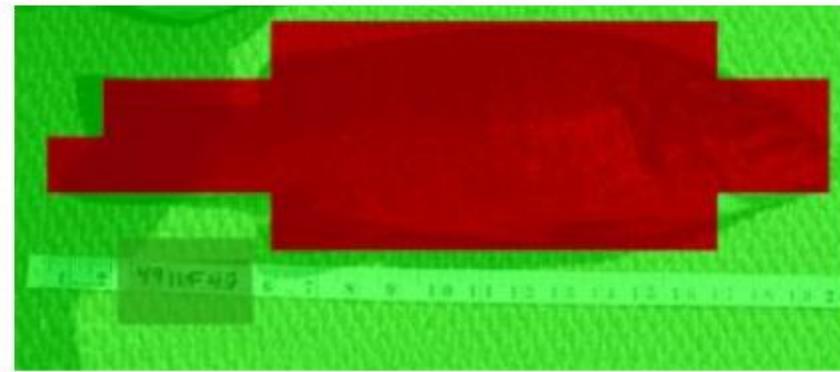


Исходная картинка

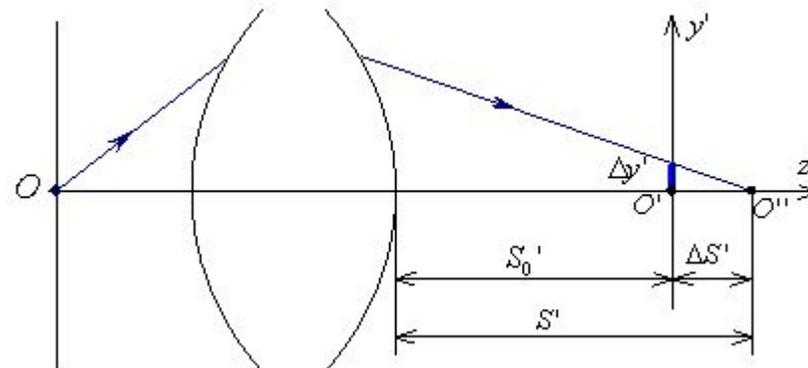
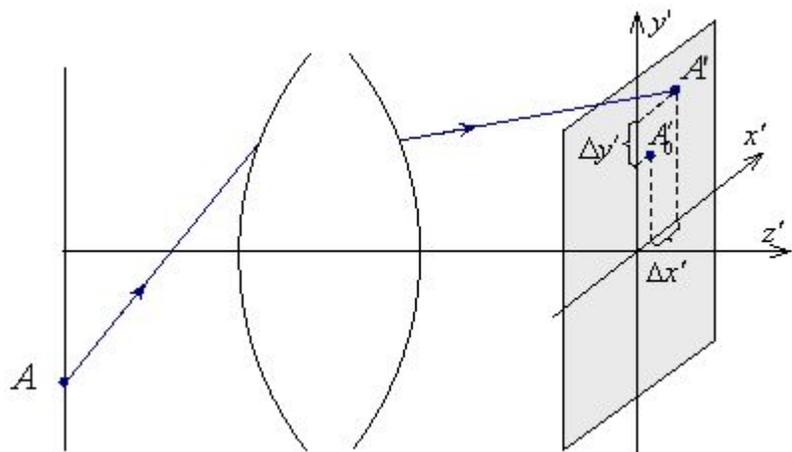
Что видит ваша камера
(через матрицу Байера)



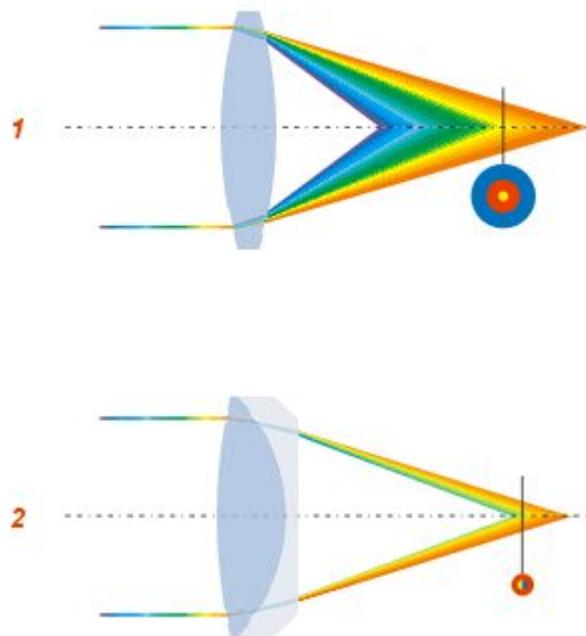
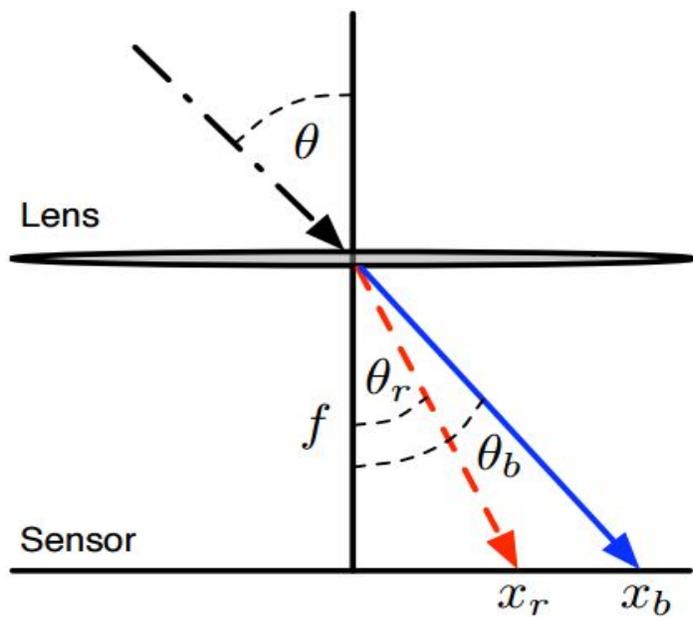
Анализ пиксельных связей



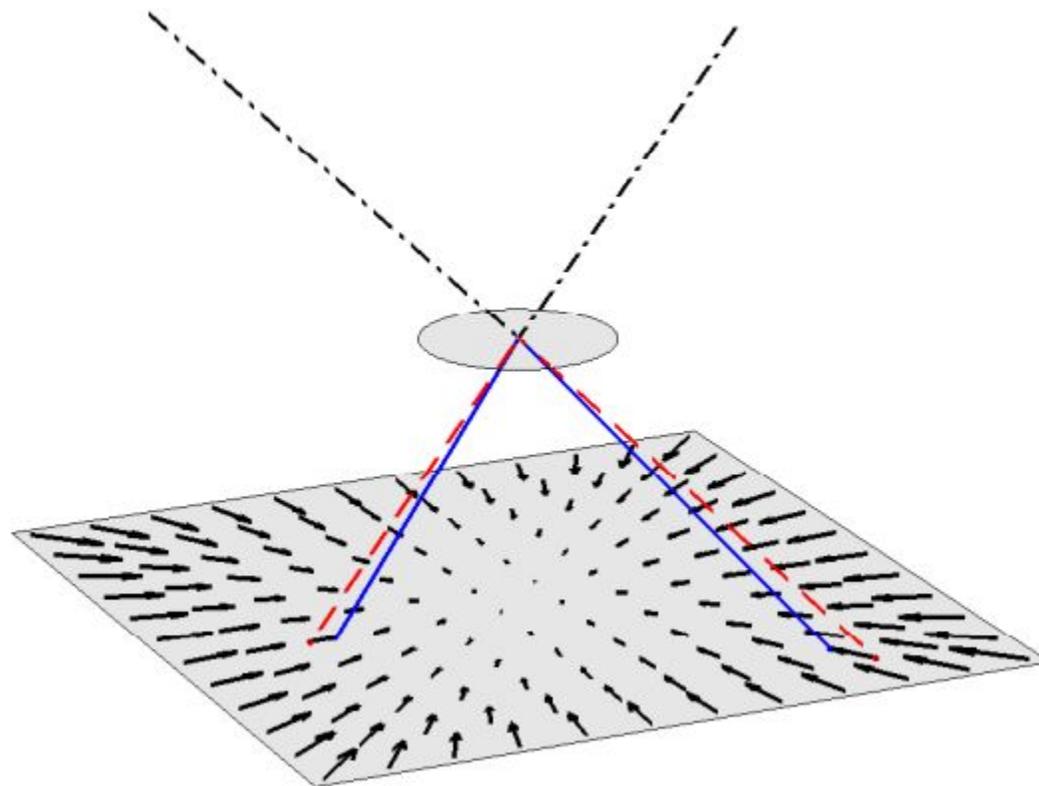
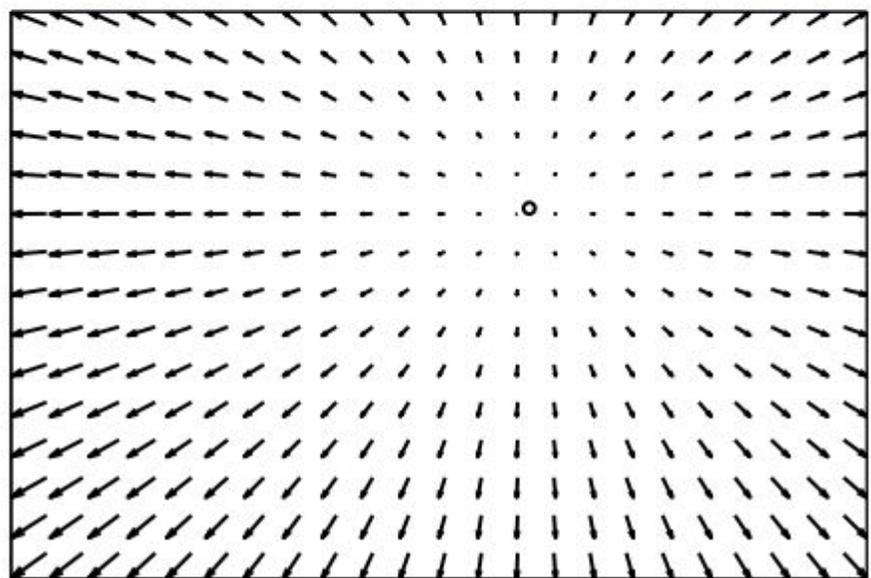
Хроматические aberrации



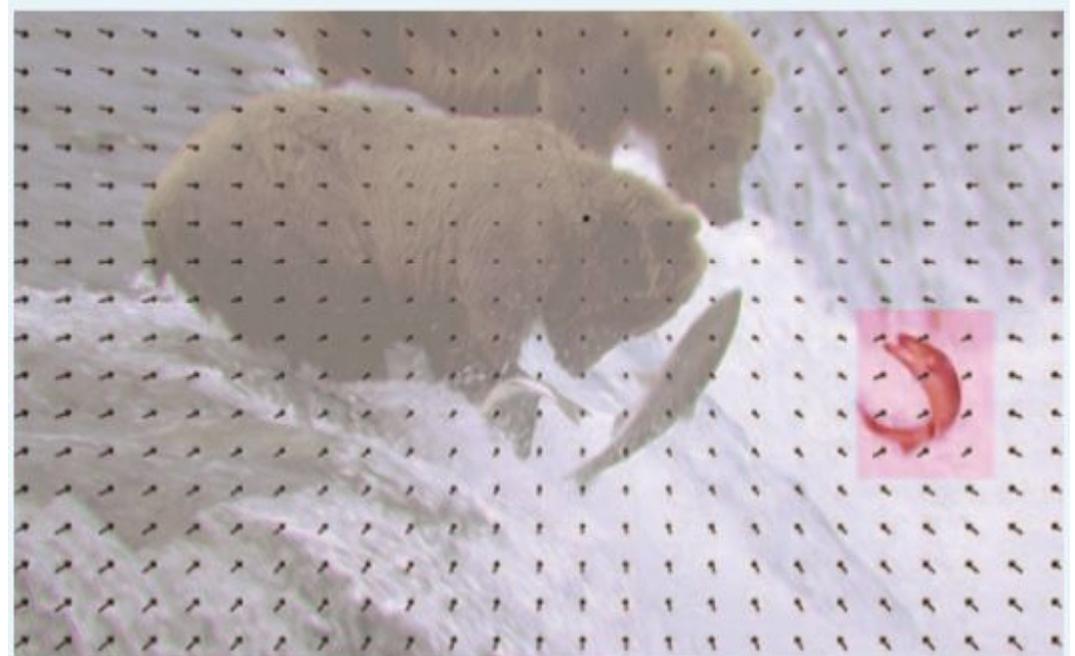
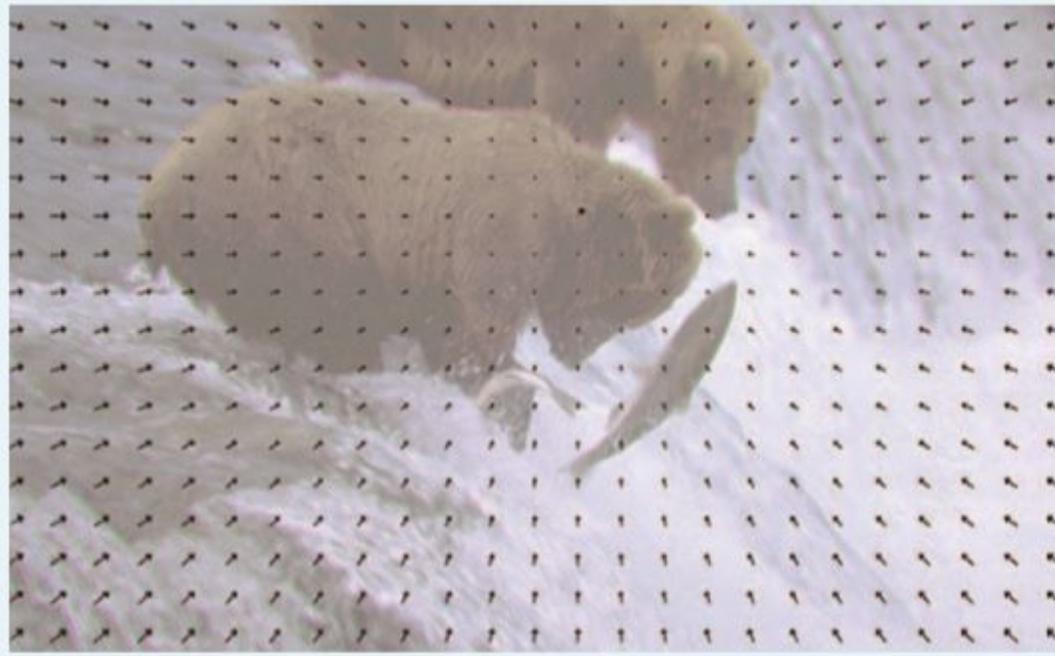
$$n \sin(\theta) = n_f \sin(\theta_f),$$



Принцип действия
ахроматической
линзы

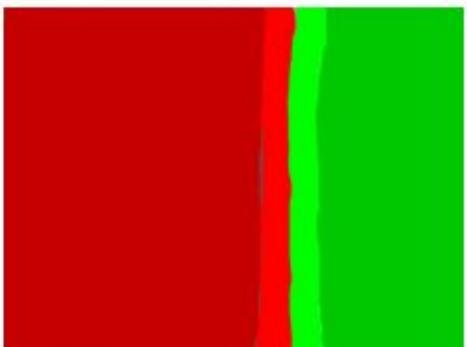
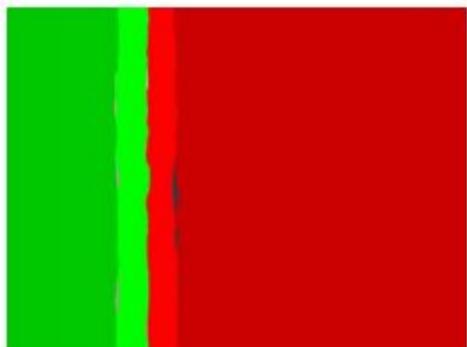
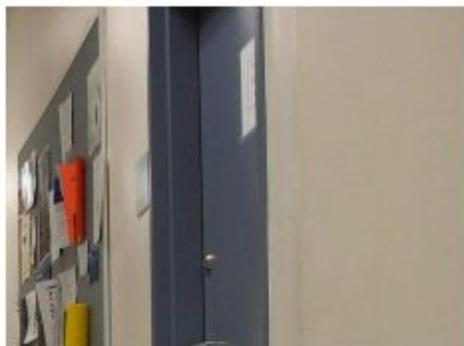
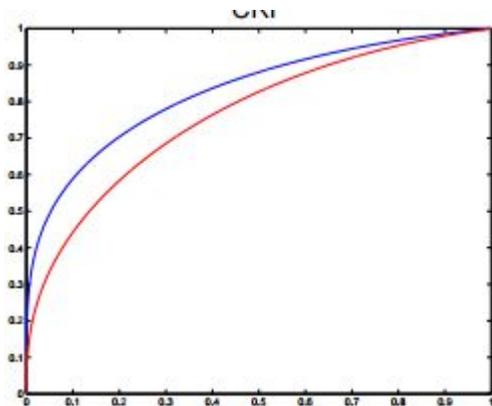
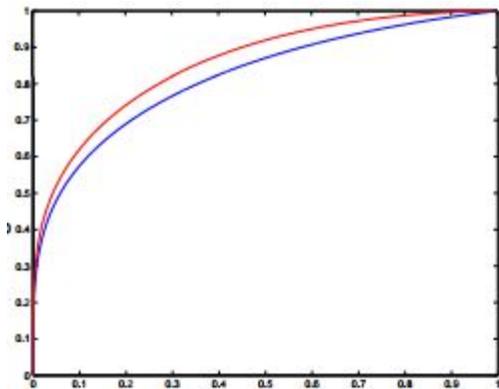


$$\begin{aligned}
 (x_r, y_r) &\approx \alpha(x_b, y_b), & x_r &= \alpha(x_b - x_0) + x_0 \\
 \vec{v} = (x_r - x_b, y_r - y_b) & & y_r &= \alpha(y_b - y_0) + y_0.
 \end{aligned}$$



Результаты работы алгоритма для оригинального и модифицированного изображений

Функции отклика камеры для двух разных областей изображения



Scene Radiance

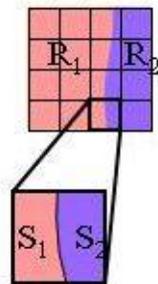
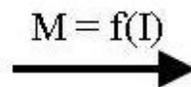
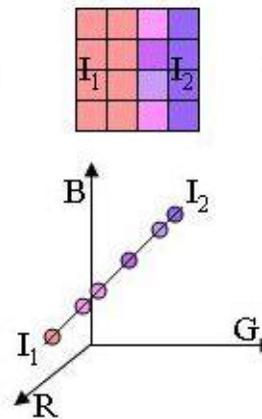
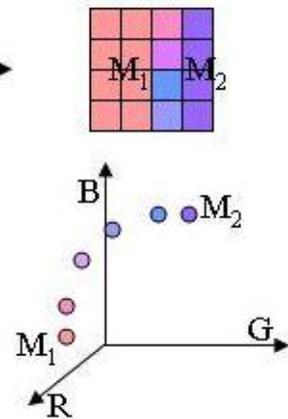


Image Irradiance



Measured Color



(a)

(b)

(c)

$$R = f(r)$$

$$R = f(r) = r^{\alpha + \beta r}$$

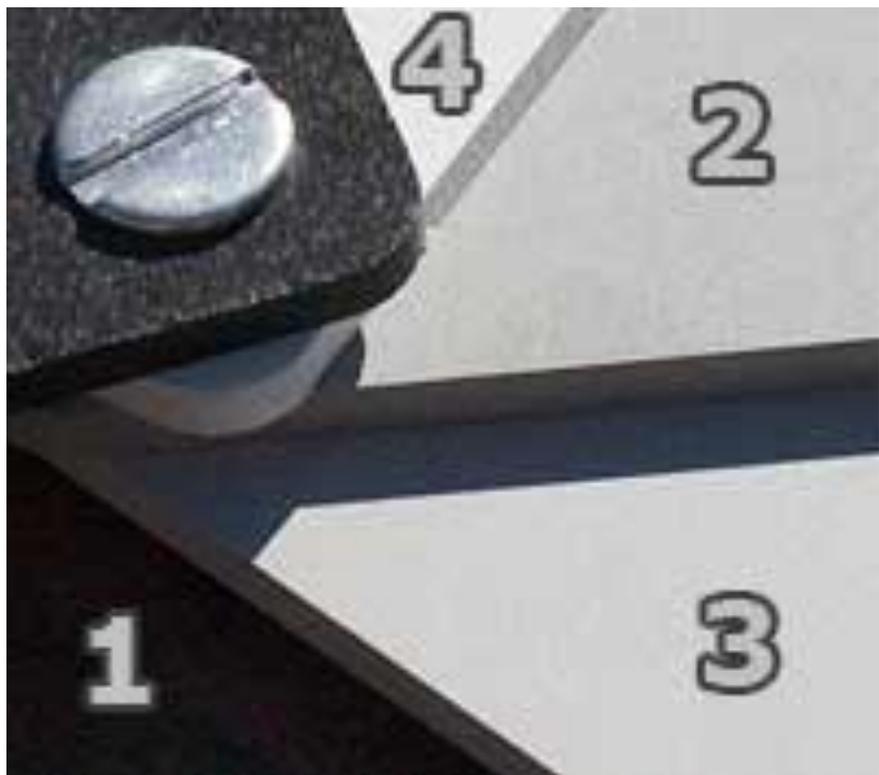
Шум на фотографии



Структурный шум
длинная выдержка
малое число ISO

Случайный шум
короткая выдержка
большое число ISO

Линейчатый шум
отдельные камеры
осветлённые тени



в натуральную величину



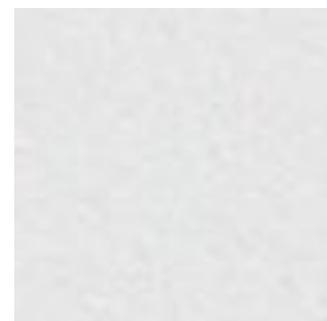
1



2



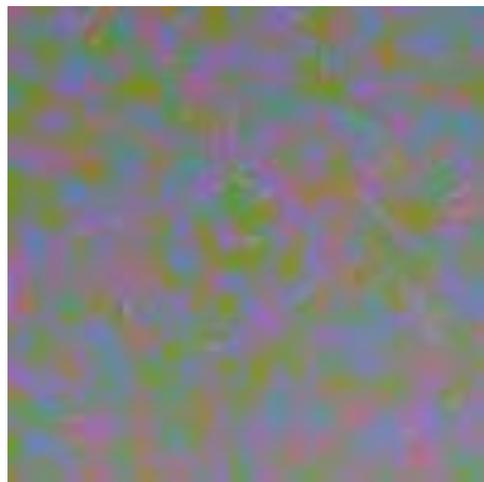
3



4



яркостный



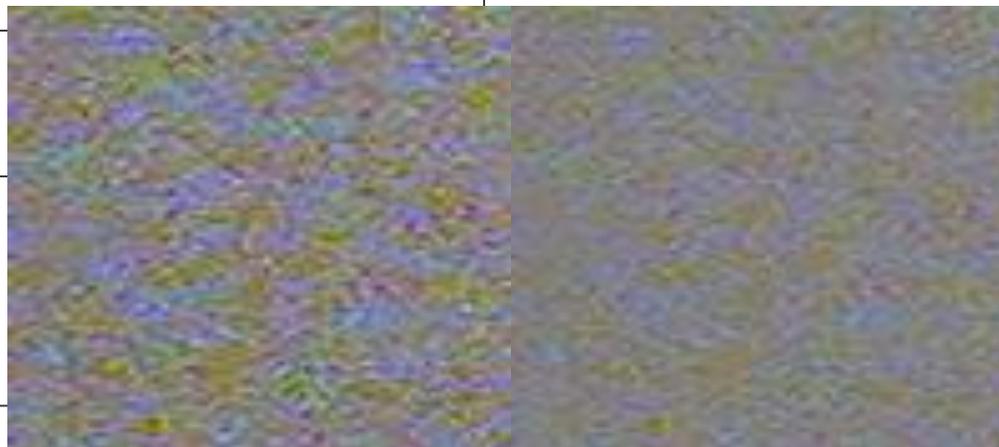
хроматический

Визуальный шум



Низкочастотный шум
(грубая текстура)

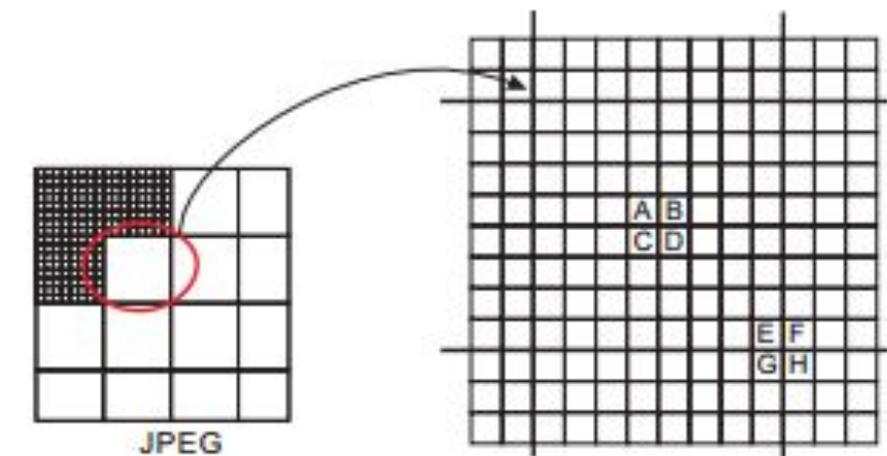
Высокочастотный шум
(тонкая текстура)



Низкоамплитудный шум
(мягкая текстура)

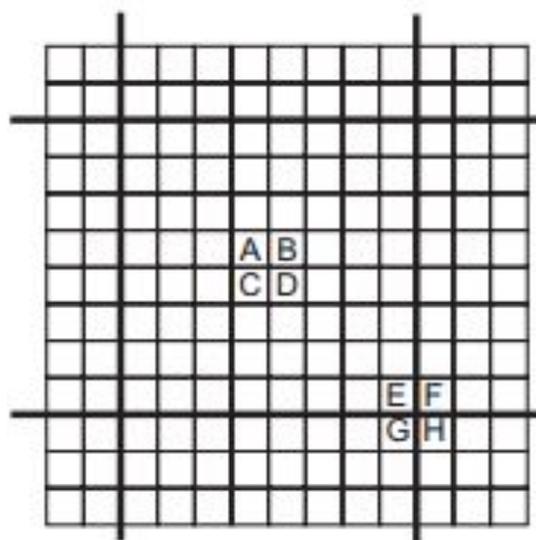
Высокоамплитудный шум
(жёсткая текстура)

Анализ границ блоков

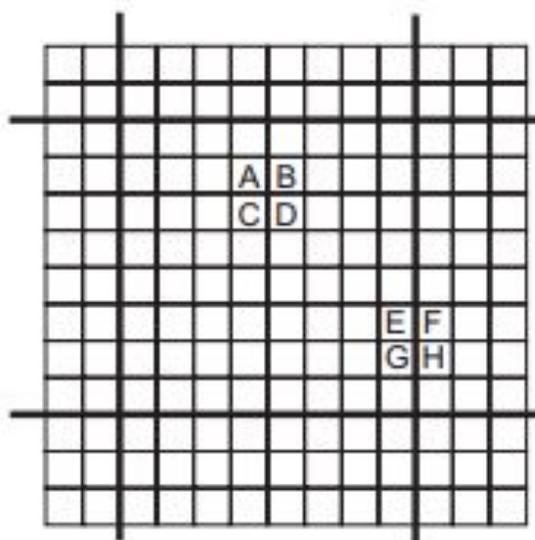


$$Z'_{(x,y)} = |A + D - B - C|, Z''_{(x,y)} = |E + H - F - G|$$

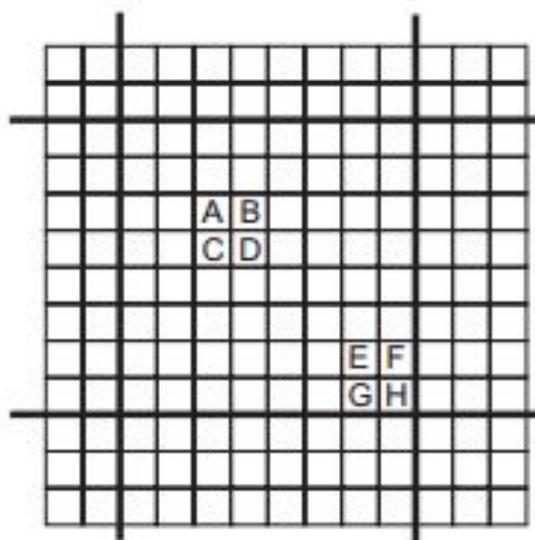
$$K_{(x,y)}(n) = |H_I(n) - H_{II}(n)|$$



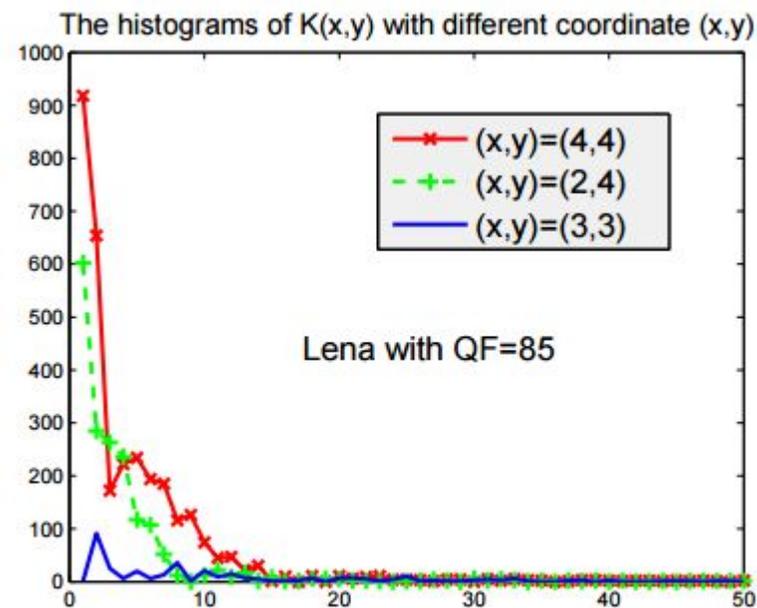
(a) $(x, y) = (4, 4)$

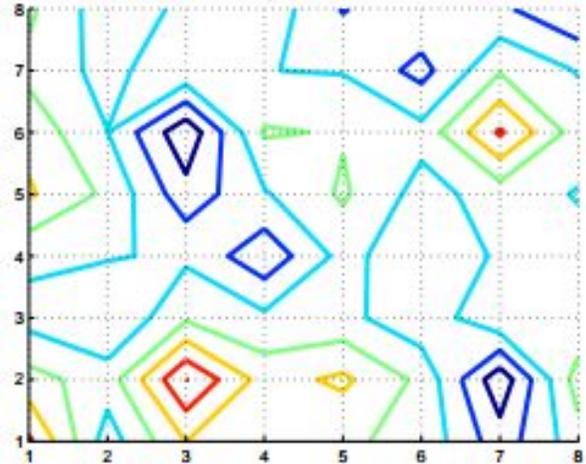


(b) $(x, y) = (2, 4)$

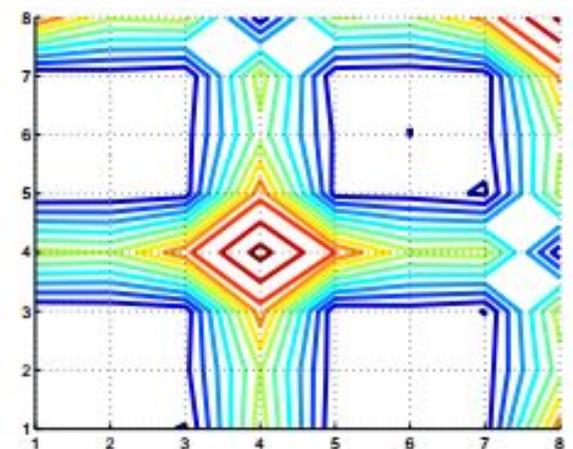


(c) $(x, y) = (3, 3)$

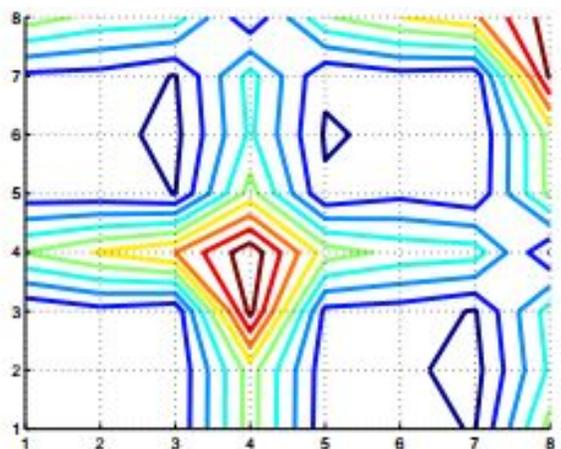




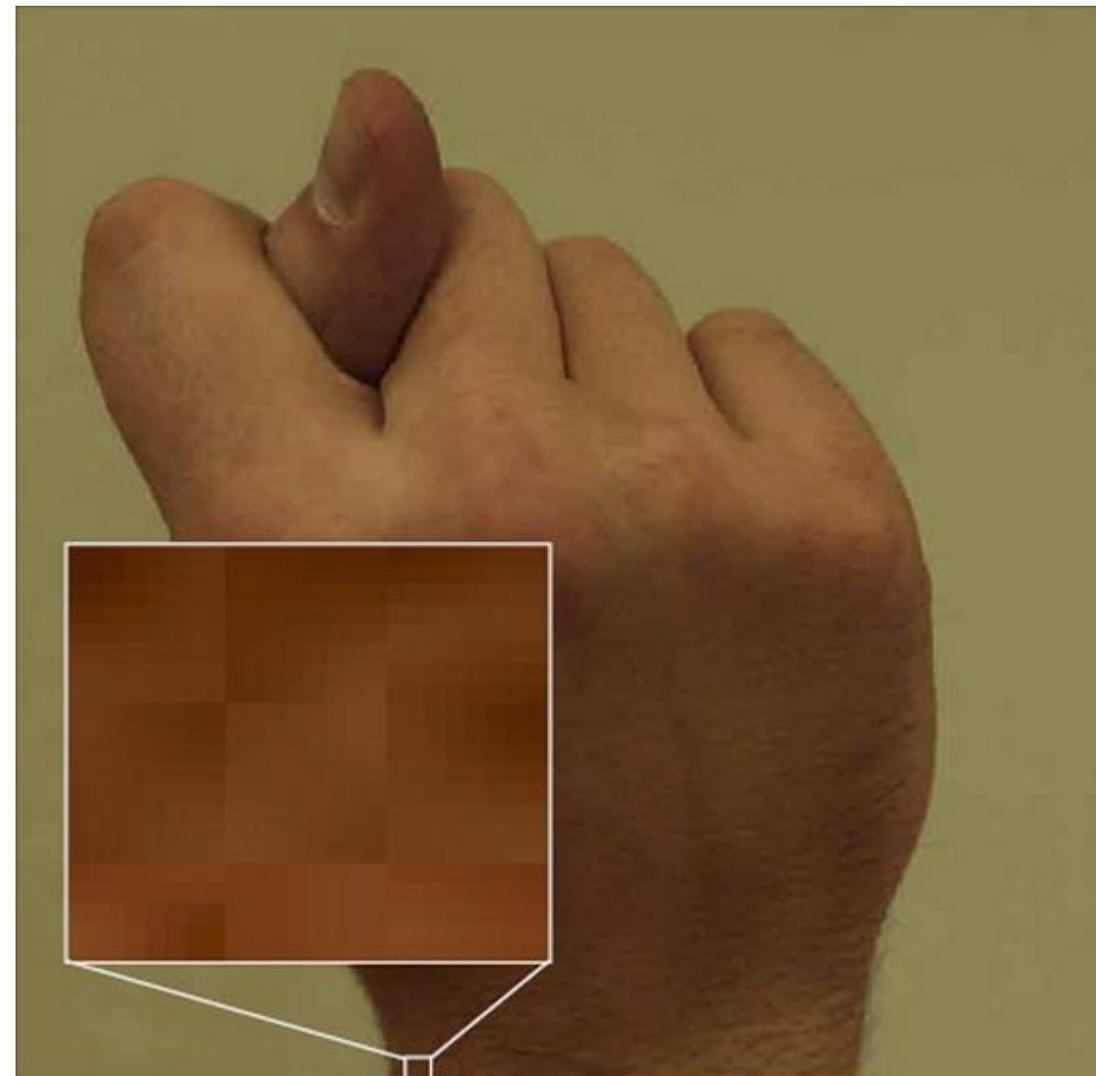
Изображение, не подвергавшееся компрессии



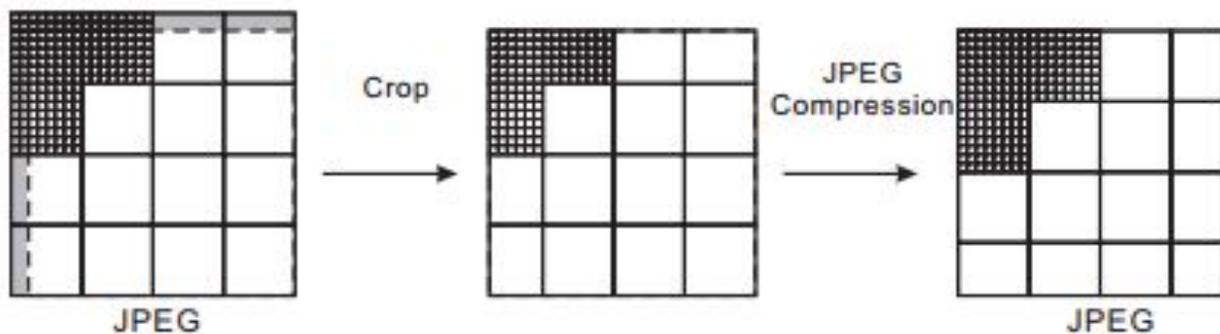
Јрег-изображение



Изображение-јрег после вырезания строк и столбцов



«Неправильное» количество пикселей в блоке



Статистические атаки на основе критерия хи-квадрат.

Частоты двух соседних дискретных коэффициентов должны находиться достаточно далеко от значения частоты среднего арифметического этих коэффициентов. В “чистом” изображении ситуация когда частоты коэффициентов со значениями $2N$ и $2N+1$ близки по значению встречается достаточно редко. При встраивании информации данные частоты сближаются или становятся равными. Идея атаки хи-квадрат заключается в поиске этих близких значений и вычитывании вероятности встраивания на основе того, как близко располагаются значения частот четных и нечетных коэффициентов DCT.