

Лекция 8

Форматы графических файлов

Нижельский С.С.,
ст. преп. каф. СИУ

Новокузнецк, 2008

Формат JPEG

Международным Комитетом Стандартизации (ISO) была организована исследовательская группа

Joint Photographic Experts Group (JPEG)

для разработки эффективного способа записи больших объемов графической информации

Официально JPEG – алгоритм, метод сжатия. Форматы файлов, использующие метод JPEG имеют расширение .JPEG, .JPG, .JFIF и др.

JPEG – алгоритм сжатия информации с потерями

Формат JPEG

Кодирование методом *JPEG* осуществляется следующим образом:

Шаг 1 – 24-битное изображение из *RGB* преобразуется в цветовую модель *YCbCr*

Изображение в модели *YCbCr* формируется каналом *Y* (*luminance*) и двумя цветовыми каналами *Cb* и *Cr* (*chrominance blue* и *chrominance red*)

Преобразование моделей осуществляется в соответствии с выражениями:

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B, \\ Cb &= -0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B + 128, \\ Cr &= 0.5 R - 0.4187 G - 0.0813 B + 128. \end{aligned}$$

Формат JPEG

Шаг 2 – изображение делится на блоки размером 8×8 пикселей, и каждый блок подвергается *двумерному дискретному косинусному преобразованию (ДКП) – Discrete Cosine Transform (DCT)*

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16},$$

где: $C(u), C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ для $u, v = 0$. $C(u), C(v) = 1$ в других случаях.

Происходит преобразование пространственного распределения в частотное. Результатом являются блоки размером 8×8, однако, каждый элемент $F(u, v)$ – частотный коэффициент спектра

Формат JPEG

Блоки частотного преобразования неоднородны:

коэффициенты нижних частот располагаются в левом верхнем углу,

коэффициенты высоких частот – в правом нижнем углу

Основная энергия в спектре – у нижних частот, поэтому максимальные числовые значения располагаются в левом верхнем углу

ДКП само по себе не приводит к потерям информации, однако, округление значений элементов спектра дает некоторую ошибку при декодировании

Формат JPEG

Шаг 3 – квантование

Каждый элемент блока 8×8 после ДКП делится на соответствующий элемент матрицы квантования

$$F_q(u, v) = \left[\frac{F(u, v)}{Q(u, v)} \right]$$

где $Q(u,v)$ – матрица квантования, элементами которой являются числа от 1 до 255

После деления выполняется округление до ближайшего целого

Формат JPEG

В стандарте JPEG имеются рекомендованные таблицы квантования, отдельно для Y, Cb и Cr

Для Y:	16	12	14	14	18	24	49	72	Для Cb, Cr:	17	18	24	47	99	99	99	99
	11	12	13	17	22	35	64	92		18	21	26	66	99	99	99	99
	10	14	16	22	37	55	78	95		24	26	56	99	99	99	99	99
	16	19	24	29	56	64	87	98		47	66	99	99	99	99	99	99
	24	26	40	51	68	81	103	112		99	99	99	99	99	99	99	99
	40	58	57	87	109	104	121	100		99	99	99	99	99	99	99	99
	51	60	69	80	103	113	120	103		99	99	99	99	99	99	99	99
	61	55	56	62	77	92	101	99		99	99	99	99	99	99	99	99

Фактически таблица квантования определяет цифровой фильтр, ослабляющий верхние частоты

Формат JPEG

Указанные в стандарте таблицы не являются обязательными. В случае использования собственных таблиц – они должны быть записаны в файл вместе с изображением

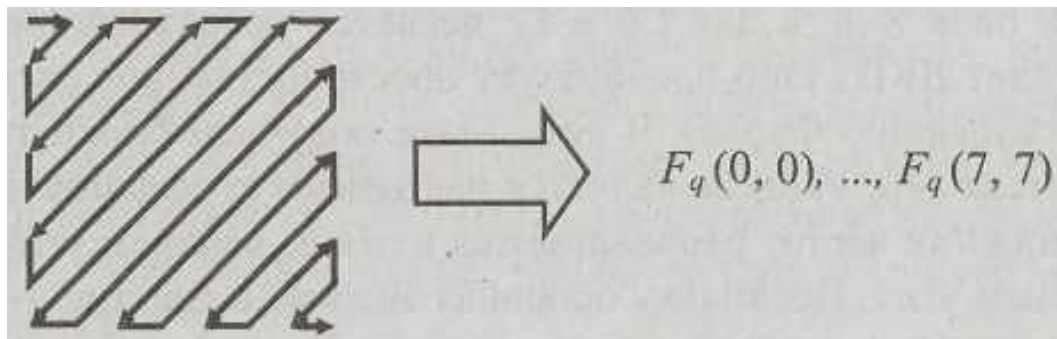
Квантование основной фактор сжатия в методе JPEG – в результате деления и округления большинство элементов будет равняться нулю

- чем больше значения таблицы квантования
 - тем больше вероятность получения нулевого значения
 - тем больше степень сжатия

Формат JPEG

Шаг 4 – элементы блока 8×8 записываются в виде одномерного вектора байтов

Элементы выбираются «зигзагом»



Формат JPEG

Шаг 5 – кодирование вектора

Вектор кодируется методом RLE и формируются пары: <счетчик>, <значение>.

Пары кодируются *методом Хаффмана*, в соответствии с которым сначала для каждого символа вычисляется вероятность его появления.

Символу присваивается битовый код, длина которого зависит от вычисленной вероятности.

Символы, встречающиеся чаще получают более короткий битовый код, встречающиеся реже – более длинный

Формат JPEG

Процесс JPEG-декодирования выполняется в обратном порядке

Шаг 1 – декодирование RLE и Хаффмана для кодов элементов блоков 8×8

Шаг 2 – каждый элемент блоков 8×8 компонентов YCbCr умножается на элемент соответствующей таблицы квантования

Шаг 3 – выполняется обратное дискретное косинусное преобразование (ОДКП) – Inverse Discrete Cosine Transform (IDCT)

$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16},$$

где: $C(u)$, $C(v)$ такие же, как для прямого ДКП

Формат JPEG

Шаг 4 – преобразование из модели YCbCr в RGB

$$\begin{aligned}R &= Y + 1.402 (Cr-128), \\G &= Y - 0.34414 (Cb-128) - 0.71414 (Cr-128), \\B &= Y + 1.772 (Cb-128).\end{aligned}$$

Таким образом, изменить степень сжатия JPEG довольно просто – необходимо задать число, на которое будут умножаться коэффициенты таблиц квантования при кодировании и декодировании

Формат JPEG

Пример отдельных преобразований метода JPEG

135 137 153 160 150 154 149 162	1365 -62 -18 -21 -1 -2 6 -2	16 12 14 14 18 24 49 72
136 145 159 159 161 158 165 167	-93 2 1 -10 2 4 7 0	11 12 13 17 22 35 64 92
143 149 165 163 162 165 168 176	-24 0 -11 0 3 0 -4 2	10 14 16 22 37 55 78 95
159 164 177 174 171 179 177 189	-2 2 2 5 2 0 0 -6	16 19 24 29 56 64 87 98
164 169 175 177 175 184 181 190	3 4 0 -4 2 0 6 -2	24 26 40 51 68 81 103 112
166 174 174 182 184 190 190 192	0 1 0 0 1 0 2 -3	40 58 57 87 109 104 121 100
164 175 175 184 189 189 190 189	-2 0 0 -1 1 0 2 -1	51 60 69 80 103 113 120 103
162 174 184 188 193 189 190 192	-8 0 0 0 0 0 0 -1	61 55 56 62 77 92 101 99

Блок 8×8 первоначального
изображения (канал Y)

После ДКП

Таблица квантования

Формат JPEG

Пример отдельных преобразований метода JPEG (продолжение)

85	-5	-1	-1	0	0	0	0	1360	-60	-14	-14	0	0	0	0	136	142	148	153	154	155	158	161
-8	0	0	0	0	0	0	0	-88	0	0	0	0	0	0	0	140	146	153	157	158	160	163	165
-2	0	0	0	0	0	0	0	-20	0	0	0	0	0	0	0	147	153	160	164	165	167	170	172
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	160	167	171	173	174	177	180
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	167	173	177	179	180	183	186
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	170	177	181	182	184	187	190
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	172	179	183	184	185	188	191
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	172	179	183	184	186	189	192

После квантования

Декодирование:
восстановление спектра

Блок 8×8 после
обратного ДКП

Формат JPEG

Положительными чертами алгоритма JPEG являются:

- ✓ сжатие в 10-30 раз без существенного ухудшения изображения цветной фотографии
- ✓ пользователю предоставляется возможность задавать необходимую степень сжатия
- ✓ алгоритм довольно прост для реализации на ПК и мобильных устройствах (цифровых фотоаппаратах, телефонах)

Формат JPEG

Отрицательными сторонами алгоритма JPEG являются:

- ✓ при увеличении степени сжатия более чем в 20-30 раз изображение сильно искажается, распадаясь на отдельные большие квадраты 8×8
- ✓ для отдельных изображений с высокой детализацией даже при умеренном сжатии возникает эффект Гиббса – ореолы вокруг контуров объектов