

Практическое задание 2.

DCT / JPEG

I. Ознакомьтесь с документом <https://www.media.mit.edu/pia/Research/deepview/exif.html>

Возьмите файлы в формате JPEG, созданные различными устройствами, в частности,

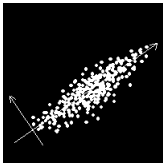
- программой сканирования для сканера или офисного МФУ,
- телефоном/смартфоном/планшетом,
- цифровым фотоаппаратом,
- графическим редактором MS Paint etc.

Если на устройстве или в программе есть опция выбора размера/качества файла или режима съемки, то следует взять несколько файлов с разным размером/качеством (или созданных в разных режимах). Всего должно быть не менее 8 файлов.

II. С помощью утилиты JPEGsnoop <http://sourceforge.net/projects/jpegnoop/> проанализируйте структуру и свойства каждого JPEG-файла. Разберитесь, какие параметры стандарта сжатия JPEG используются в каждом из выбранных файлов.

Ответьте на вопросы:

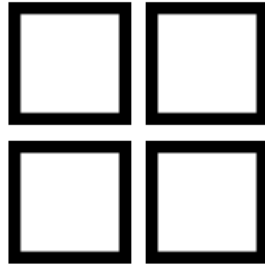
- a) Какие маркеры используются в выбранных файлах для хранения метаданных?
- b) По какому из стандартов JFIF и/или Exif была сгенерирована последовательность маркеров? Какие версии стандартов используются? Поддерживаются ли оба стандарта или только один из них? Если оба, то в каком порядке записаны соответствующие маркеры и почему?
- c) В каких цветовых пространствах представлен исходный растр закодированных изображений? Какова исходная глубина цвета (количество бит на каждый канал?) В какое пространство перекодируются изображения перед применением дискретного косинусного преобразования?
- d) Происходит ли прореживание яркостной и/или цветоразностных компонент, и если происходит, то в каком отношении? Какие устройства (или какие опции в настройках) используют прореживание при создании файлов JPEG? Как это сказывается на качестве изображения?
- e) Какие таблицы квантования коэффициентов используются в выбранных файлах? Какие каналы квантуются грубее, и почему? Какие устройства (или какие опции настройки) используют таблицы квантования с наименьшими коэффициентами? Как это сказывается на качестве изображения?
- f) Какие из выбранных вами JPEG-файлов содержат следующую информацию:
 - Разрешение растра (количество пикселей на единицу длины). Какая единица длины при этом используется?
 - Ориентация изображения (портретная/альбомная);
 - Дата и время создания изображения;
 - Информация об устройстве или программе, создавшей данное изображение;
 - Информация об условиях съемки (диафрагма, выдержка и т.д.);
 - Информация о географических координатах места съемки;
 - Содержит ли файл ICC профиль?
 - Содержит ли файл встроенную миниатюру (embedded thumbnail)? Если да, то каков её размер в пикселях? Какое сжатие применяется для миниатюры?
 - Используются ли в выбранных вами JPEG-файлах Progressive mode, Lossless mode, Hierarchical mode? Если используется Progressive mode, то каков порядок хранения коэффициентов и битов в коэффициентах?
- g) Возьмите самый маленький по объему JPEG-файл, выпишите все используемые в нём маркеры и отметьте, какие из них имеют фиксированную длину, а какие – переменную.



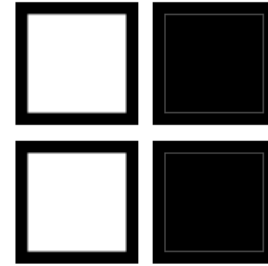
III. Добавьте в программу, разработанную вами в практическом задании 1 основные компоненты алгоритма сжатия JPEG. В частности, выполните следующее:

1. Реализуйте прореживание (и обратное восстановление) каналов Cr, Cb изображения стандартного разрешения в следующих режимах (пиксели, помеченные на схеме как белые остаются, черные игнорируются)

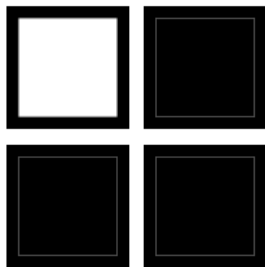
4:4:4 (без прореживания),



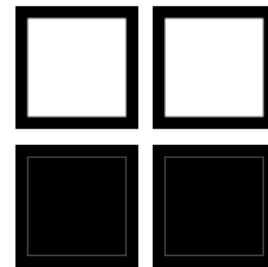
4:2:2 (2h1v)



4:1:1 (2h2v)



4:2:2 (1h2v)



2. Разбейте растр на блоки размером 8x8 пикселей (каждый блок обозначим D). Реализуйте дискретное косинусное преобразование (DCT, discrete cosine transform) этих блоков. Постарайтесь использовать как можно меньше операций умножения. Напомним, что преобразование DCT можно реализовать как умножение матриц

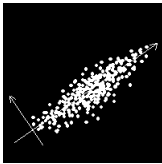
$$C = MDM^T, \text{ где } M_{0,j} = \frac{1}{\sqrt{8}}, \quad j = 0..7$$

$$M_{i,j} = \frac{1}{2} \cos\left(\frac{(2j+1)i\pi}{16}\right), \quad i = 1..7$$

Соответственно, обратное преобразование будет иметь вид $D = M^T C M$.

Выясните, в каком диапазоне значений могут находиться вычисленные значения и используйте соответствующий тип данных.

3. Реализуйте квантование полученных данных следующим образом:
 - а) Из полученных 64 коэффициентов оставить наибольшие коэффициенты, в количестве N штук, остальные обнулить (N указывается в программе отдельно для каналов Y и $\{Cr, Cb\}$, обозначим эти параметры N_Y и N_C).
 - б) Делением на коэффициенты из матрицы квантования Q , которая заполняется по следующей формуле: $Q_{i,j} = \alpha(1 + \gamma(i + j + 2))$, $i = 0..7, j = 0..7$.



Например, при $\alpha = 3$, $\gamma = 2$ получается $Q =$

15	21	27	33	39	45	51	57
21	27	33	39	45	51	57	63
27	33	39	45	51	57	63	69
33	39	45	51	57	63	69	75
39	45	51	57	63	69	75	81
45	51	57	63	69	75	81	87
51	57	63	69	75	81	87	93
57	63	69	75	81	87	93	99

с) Делением на коэффициенты из стандартной матрицы квантования, рекомендованной в стандарте JPEG:

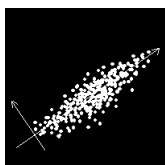
Для канала Y

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

Для каналов $\{Cr, Cb\}$

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

4. Сохраните полученные данные в файл, используя зигзагообразное сканирование.
5. Сожмите данные, используя 7-Zip либо другие алгоритмы эффективного сжатия данных без потерь (Huffman coding, Arithmetic Coding, LZW etc). Можно использовать код сторонних разработчиков. Запишите размер полученного файла.
6. Реализуйте обратное восстановление сжатого изображения.



Для выбранного тестового изображения проведите серию экспериментов и заполните таблицу:

Режим квантования	4:4:4 (без прореживания)		4:2:2 (2h1v)		4:2:2 (1h2v)		4:1:1 (2h2v)	
	Размер Кб	$PSNR$ dB	Размер Кб	$PSNR$ dB	Размер Кб	$PSNR$ dB	Размер Кб	$PSNR$ dB
$N_Y=1, N_C=1$								
$N_Y=4, N_C=1$								
$N_Y=4, N_C=2$								
$N_Y=8, N_C=4$								
$N_Y=12, N_C=8$								
Q , для Y $\alpha=1, \gamma=2$ для $\{Cr, Cb\}$ $\alpha=1, \gamma=4$								
Q , для Y $\alpha=3, \gamma=2$ для $\{Cr, Cb\}$ $\alpha=2, \gamma=4$								
Стандартные матрицы (из рекомендаций JPEG)								
Стандартные матрицы, умноженные на $\frac{1}{2}$								

Не забывайте, что при вычислении $PSNR$ каждый раз нужно сравнивать с оригинальным изображением, не подвергавшимся никакой обработке.