

Sprawy organizacyjne

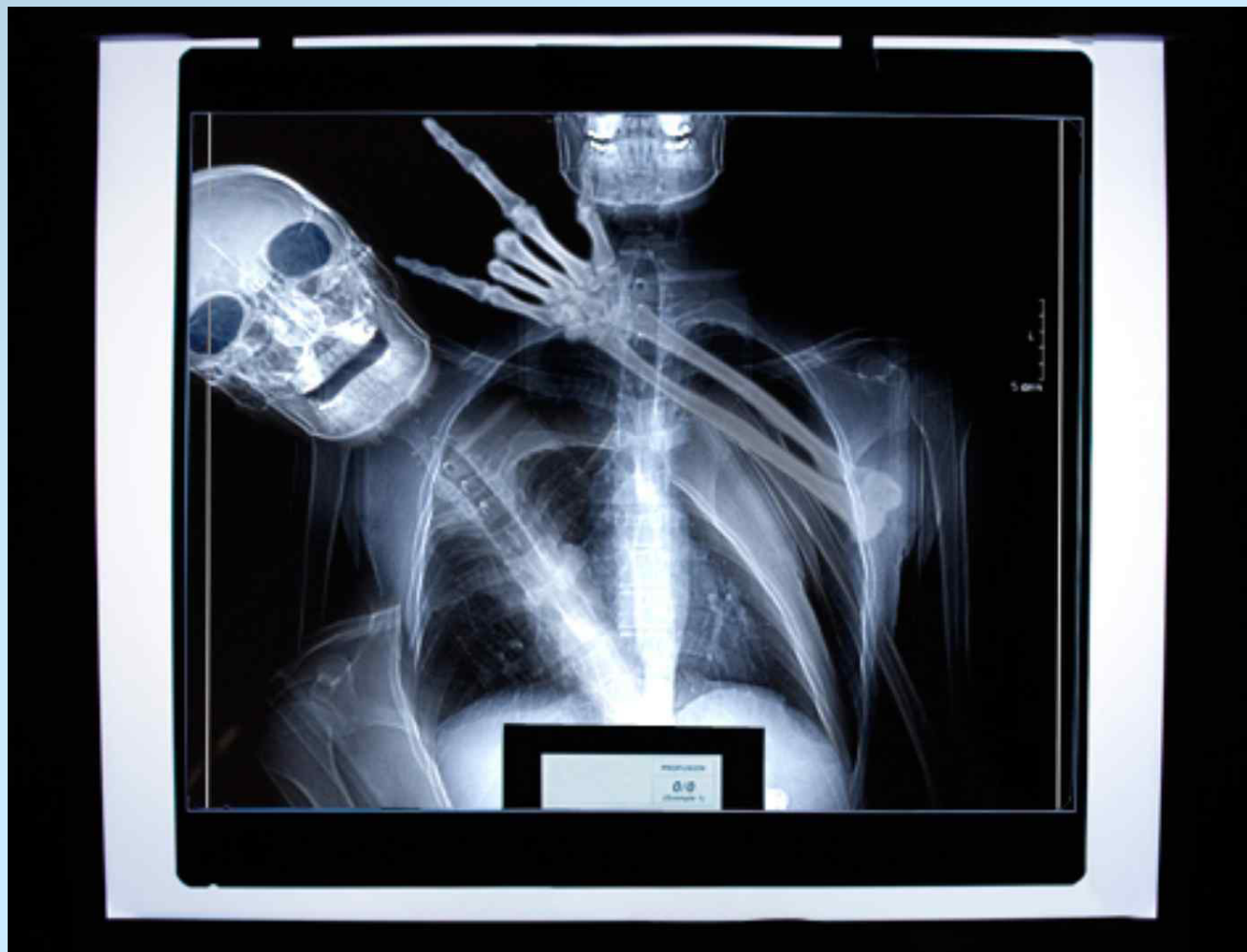
- 25 III – 9 IV 2019r. DL
- 16 IV kolokwium
- 3 IV start laboratorium

Semestr letni – 15 tygodni

	LUTY		MARZEC			KWIECIEŃ				MAJ			CZERWIEC				WRZESIEŃ						
Poniedziałek		25	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24			9	
Wtorek		26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25			10	
Środa		27	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26			11	
Czwartek	21	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27			12	
Piątek	22	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28			13	
Sobota	23	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29		7	14	
Niedziela	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30		8	15	

czwartek 13 czerwca 2019 r. - zajęcia wg planu z wtorku

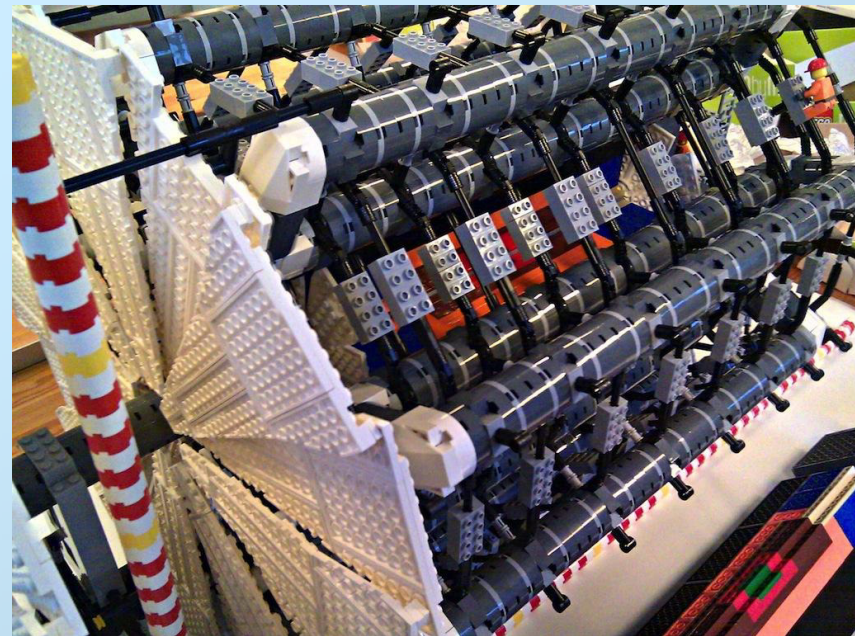
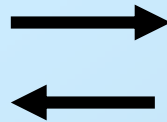
Kodowanie obrazu – standard JPEG

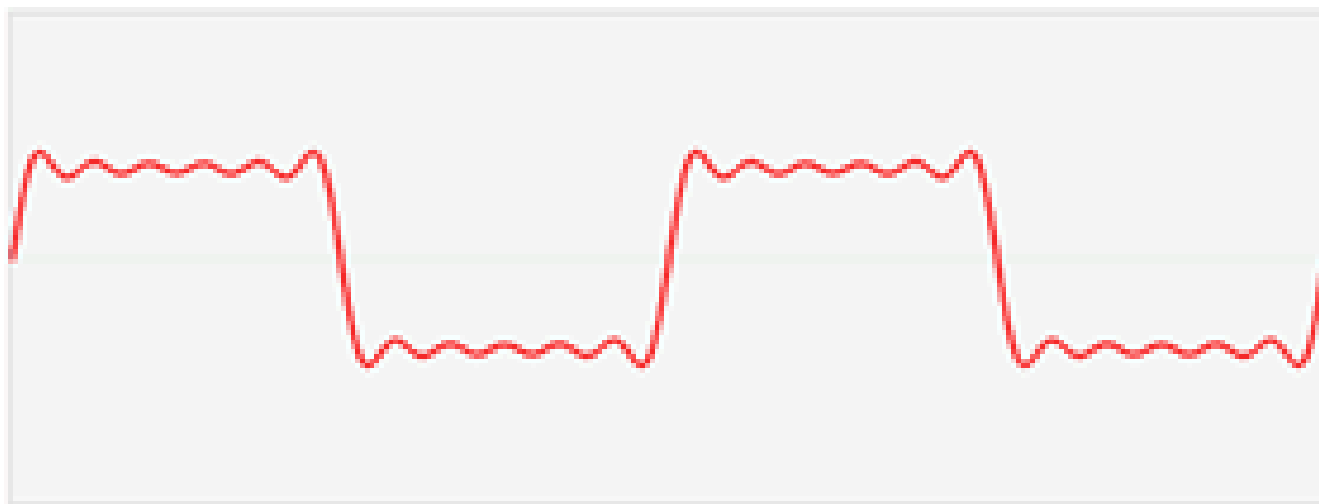


Transformata kosinusowa

- Przedstawienie dowolnej funkcji przy pomocy sumy funkcji cosinus, oscylujących na różnej częstotliwości

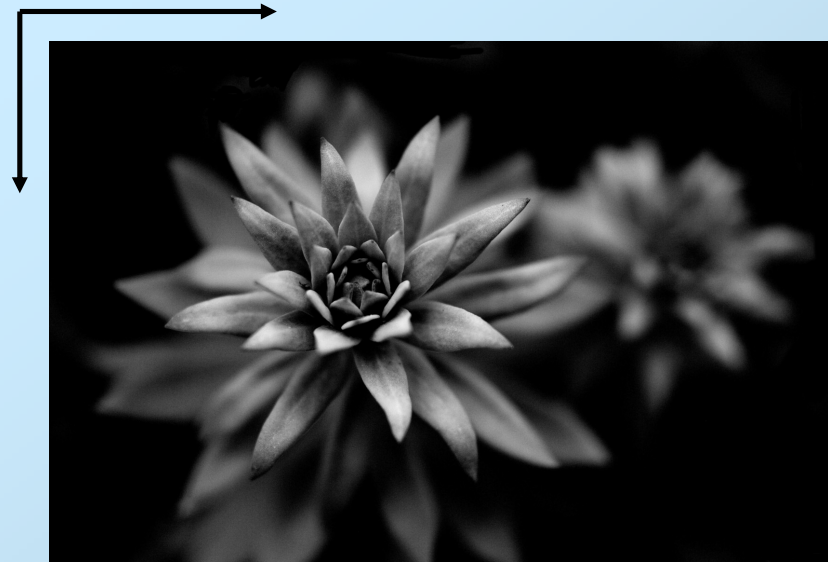
$$f(t) = \int_0^{\infty} \hat{f}^c \cos(2\pi\nu t) d\nu$$





DCT 2D

$$X_{k_1, k_2} = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x_{n_1, n_2} \cos \left[\frac{\pi}{N_1} \left(n_1 + \frac{1}{2} \right) k_1 \right] \cos \left[\frac{\pi}{N_2} \left(n_2 + \frac{1}{2} \right) k_2 \right]$$



- x_{n_1, n_2} - ?
- X_{k_1, k_2} - ?
- N_1, N_2 - ?

IDCT

$$A_{mn} = \sum_{p=0}^{M-1} \sum_{q=0}^{N-1} \alpha_p \alpha_q B_{pq} \cos \frac{\pi(2m+1)p}{2M} \cos \frac{\pi(2n+1)q}{2N}, \quad \begin{matrix} 0 \leq m \leq M-1 \\ 0 \leq n \leq N-1 \end{matrix}$$

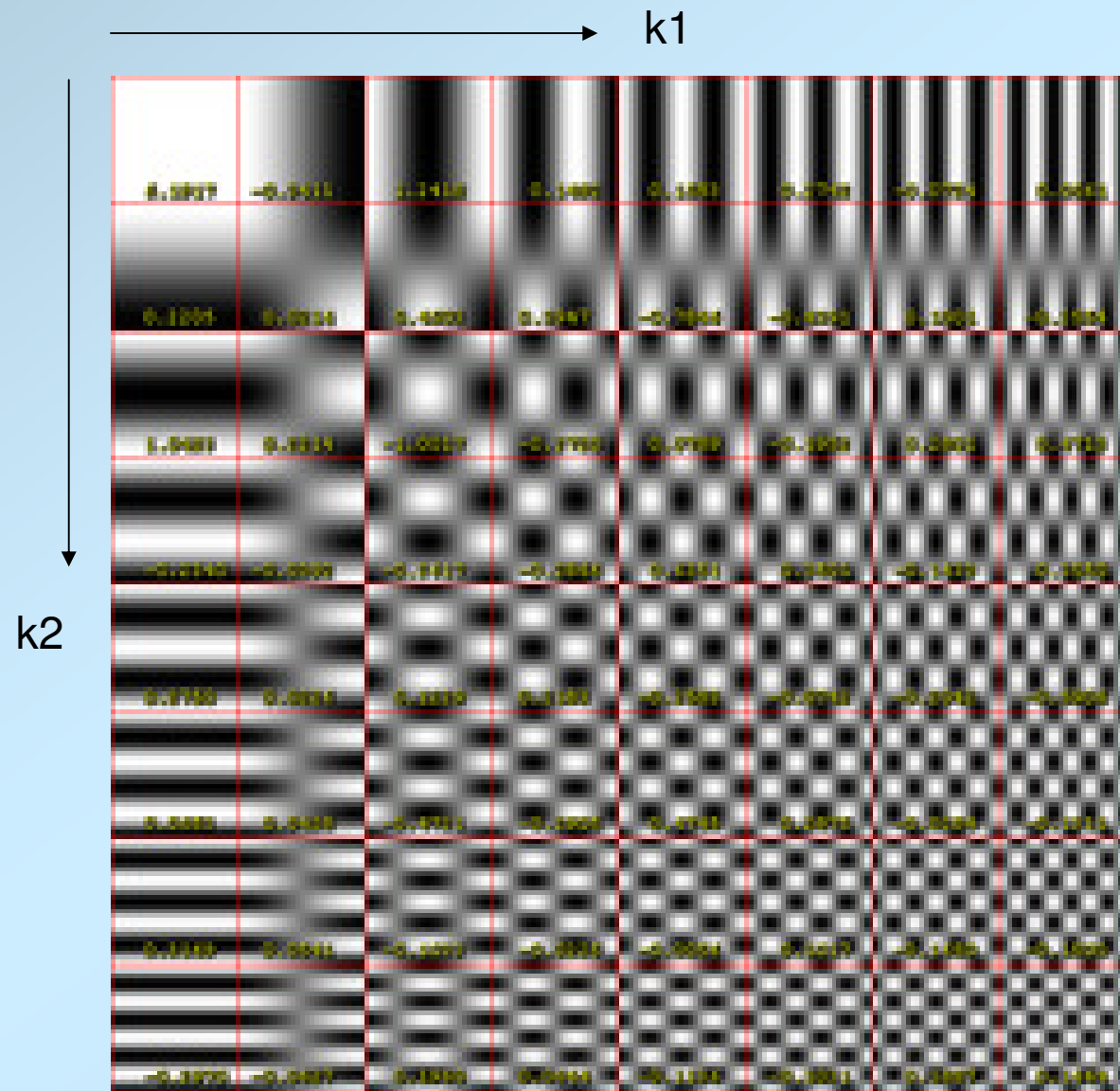
Obraz
rekonstruowany

Funkcja
bazowa

+

6.192 ×

DCT 2D 8x8, funkcje bazowe



Filtr 1D a 2D

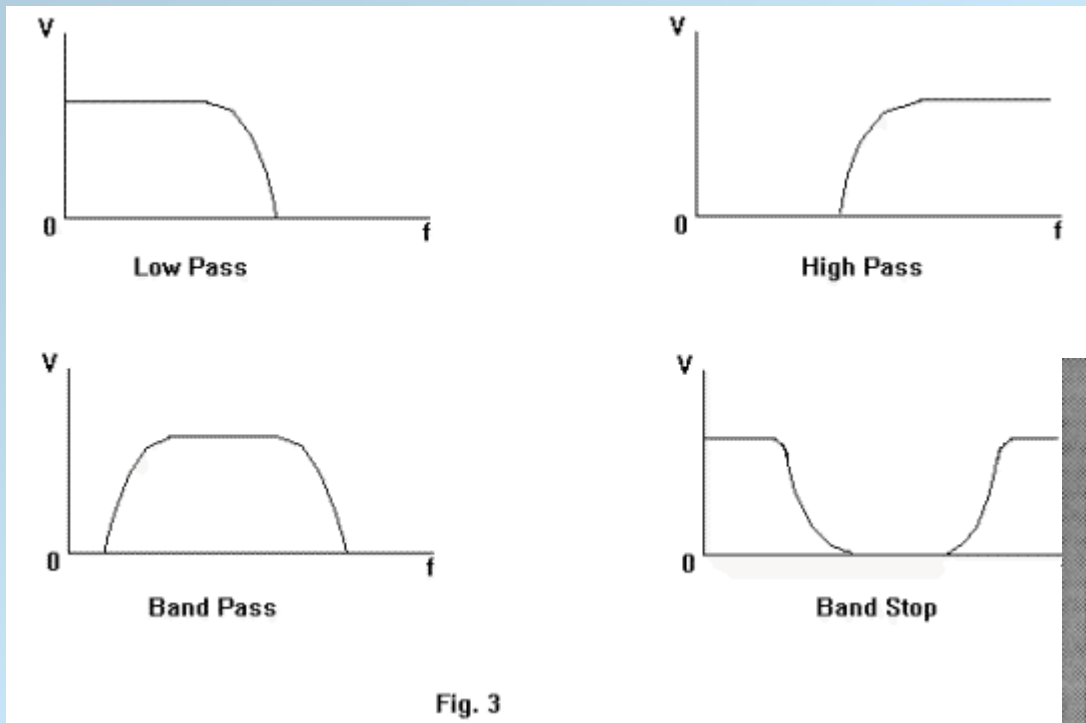
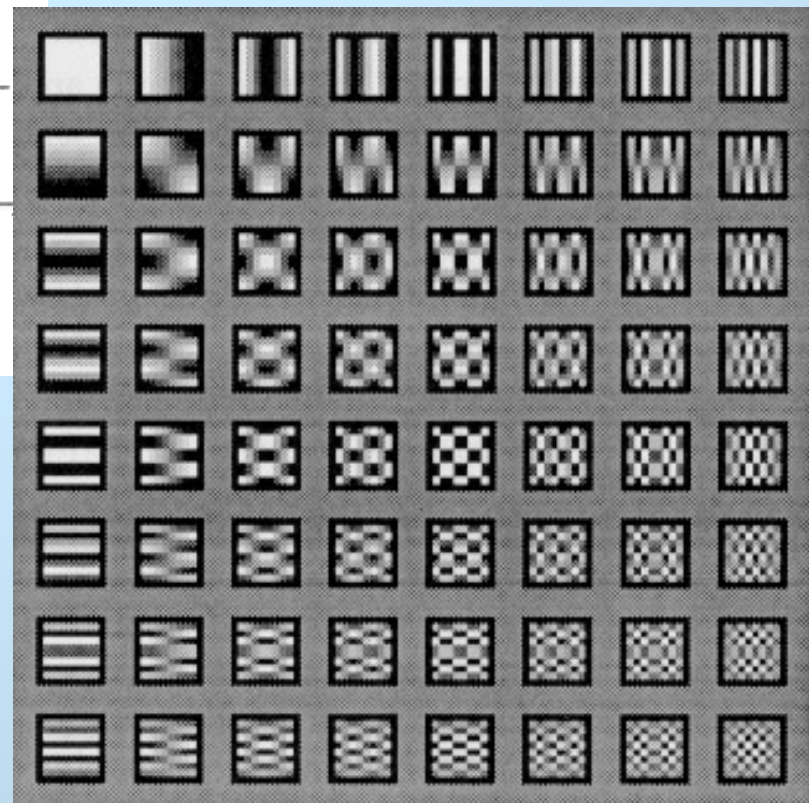
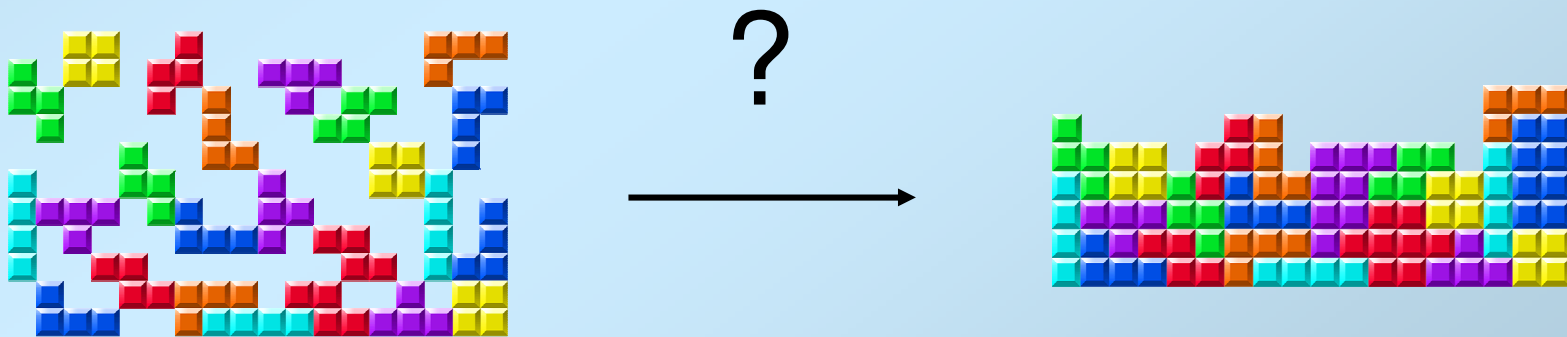


Fig. 3



Kompresja obrazu przy użyciu DCT

- Czy obliczając DCT sygnału dokonujemy jego kompresji?



```

I = imread('cameraman.tif');
I = im2double(I);
T = dctmtx(8);
dct = @(block_struct) T * block_struct.data * T';
B = blockproc(I,[8 8],dct);
mask = [1  1  1  1  0  0  0  0
        1  1  1  0  0  0  0  0
        1  1  0  0  0  0  0  0
        1  0  0  0  0  0  0  0
        0  0  0  0  0  0  0  0
        0  0  0  0  0  0  0  0
        0  0  0  0  0  0  0  0
        0  0  0  0  0  0  0  0];
B2 = blockproc(B,[8 8],@(block_struct) mask .* block_struct.data);
invdct = @(block_struct) T' * block_struct.data * T;
I2 = blockproc(B2,[8 8],invdct);
imshow(I), figure, imshow(I2)

```



Image Courtesy of MIT

- Z $8 \times 8 = 64$ współczynników DCT zostało 10!
- Współczynnik kompresji:
 - obraz w skali szarości 256x256 pikseli, 32 bloki 8x8
 - $C = 256 \times 256 / 32 \times 32 \times 10 = 6.4$ (!)

Algorytm stratnej kompresji przy użyciu DCT

1. Podział obrazu na bloki 8x8
2. DCT bloków
3. Filtracja LPF/odrzućenie części współczynników DCT
4. Kompresja bezstratna

do zakodowania w postaci kilku linii w
Matlabie

Obrazy kolorowe ?

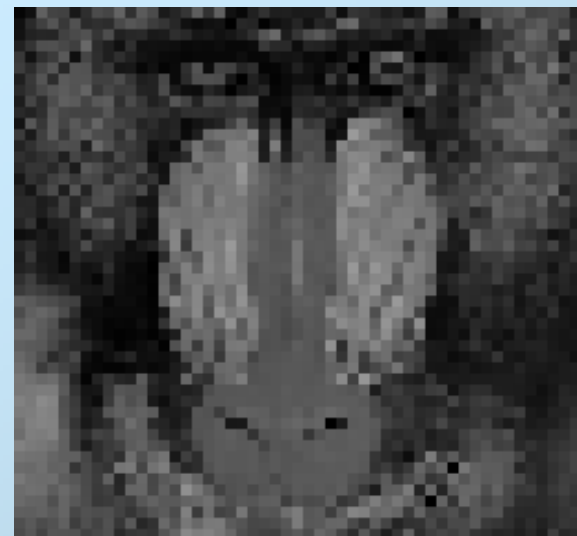
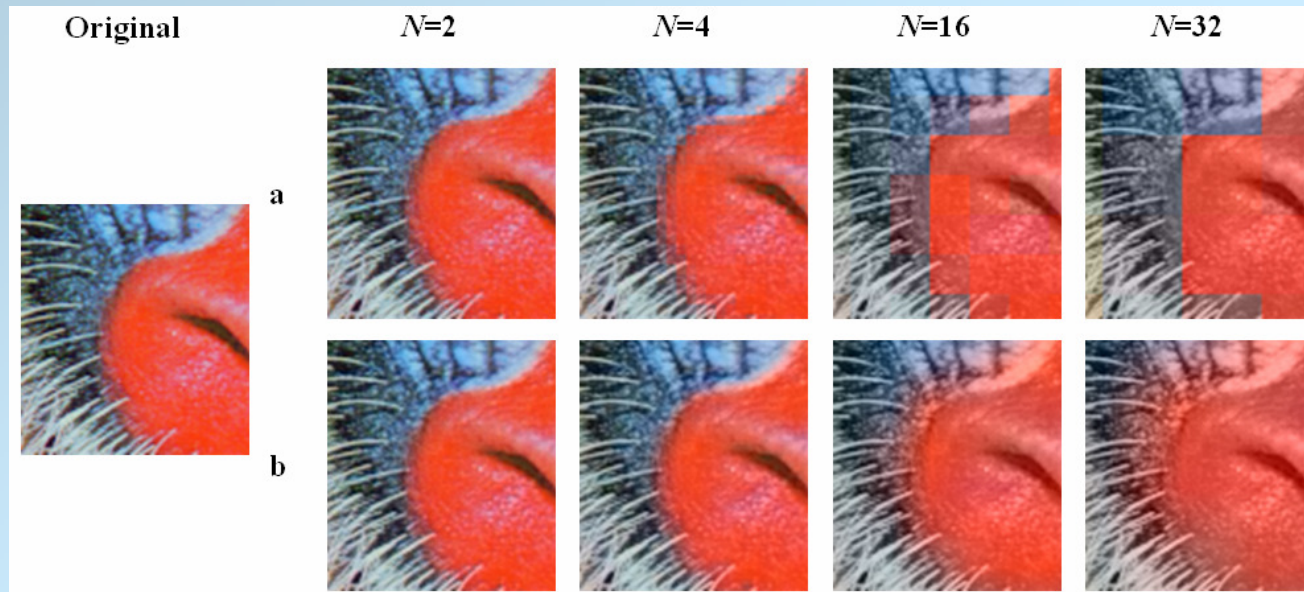


- 3x więcej danych
- RGB, YUV, CMYK, YCrCb



Obraz = jasność + kolor

Percepcija koloru



Trochę historii...



- Rozpoczęcie prac nad standardem w kwietniu 1983 roku w organizacji ISO.
- W 1986 roku z inicjatywy ISO oraz CCITT powstał zespół ekspertów nazwany Joint Photographic Experts Group,
- Standard o nazwie ISO/IEC IS 10918-1 | ITU-T Recommendation T.81 został opublikowany w dwóch częściach w 1991 roku i definiował podstawowy, sekwencyjny tryb kompresji stratnej, oparty na dyskretnej transformacji kosinusowej (DCT) oraz jego różne rozszerzenia:
 - **Tryb progresywny** kompresji, również oparty na DCT, przewidziany do wyświetlania obrazów w trakcie przesyłania danych. Efekt płynnie wyostrzającego się obrazu jest szczególnie dobrze widoczny przy użyciu szybkiego dekompresora i wolnej transmisji danych. Tryb ten zyskał rozpowszechnienie wraz z rozwojem Internetu.
 - **Tryb hierarchiczny**, pozwalający na zapis w jednym pliku tego samego obrazu jako sekwencji kadrów o różnych rozdzielczościach. Kolejne kadry są kodowane jako różnice względem kadrów poprzednich, o niższej rozdzielczości, a nie jako oddzielne obrazy, co zmniejsza rozmiar pliku. Tryb ten nie definiuje, która z metod kompresji ma zostać użyta. Tryb hierarchiczny umożliwia szybki podgląd obrazów bez czasochłonnej dekompresji obrazów o wysokiej rozdzielczości, co ma zastosowanie np. w fotografii cyfrowej.
- Opisane metody kompresji stratnej umożliwiają osiągnięcie współczynnika kompresji obrazu, rzędu 20:1 kosztem mało zauważalnej utraty szczegółów
- Równoległe prace nad modyfikacją metod stratnych, które miały wyeliminować wady stosowanego dotychczas algorytmu DCT. Na następcę wybrano algorytm bazujący na dyskretnej transformacji falkowej.

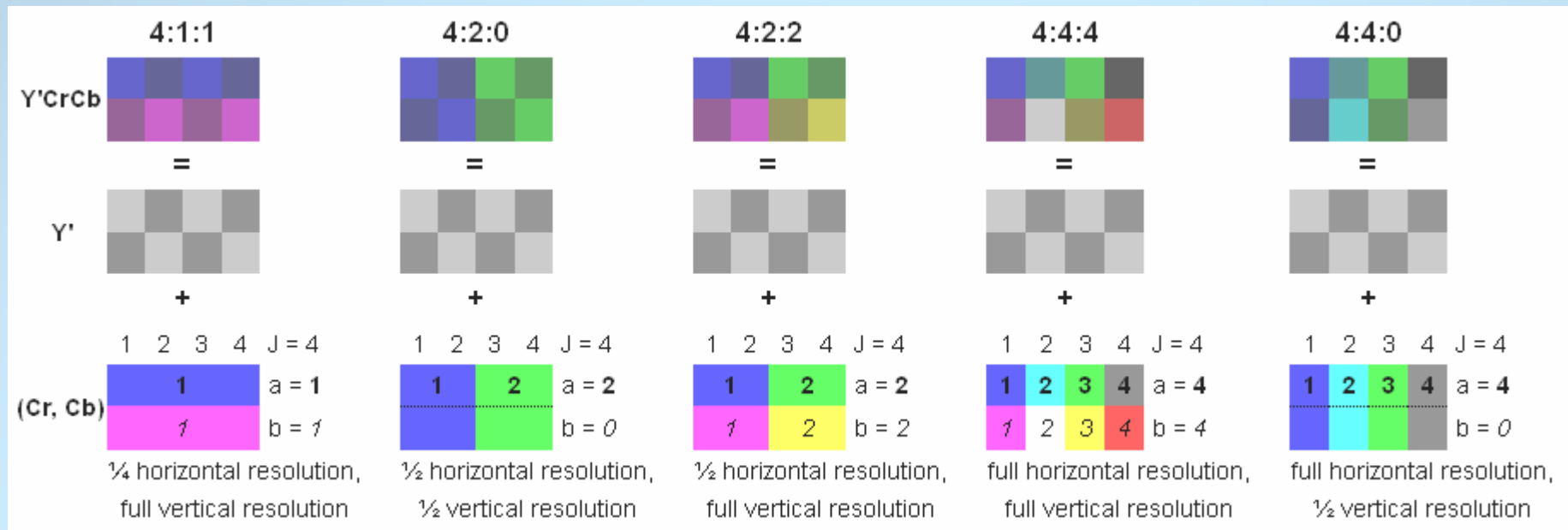
Algorytm JPEG:



1. Obraz jest konwertowany z przestrzeni barwnej (RGB) do przestrzeni YCrCb
2. Decymacja kanałów chrominancji: brak redukcji, redukcja 2:1 lub 4:1
3. Kanały są dzielone na bloki 8×8 pikseli. W przypadku kanałów kolorów, jest to 8×8 danych po redukcji rozdzielczości
4. Zmiana zakresu wartości pixeli z [0-255] na [-128-127]
5. Na blokach wykonywana jest dyskretna transformata kosinusowa ([DCT](#))
6. Kwantyzacja - zastąpienie danych zmiennoprzecinkowych przez liczby całkowite. To właśnie tutaj występują straty danych – filtracja współczynników DCT. Liczba odrzuconych współczynników zależy od parametrów kompresora. Większa dokładność jest stosowana do danych dotyczących niskich częstotliwości niż wysokich
7. Współczynniki DCT są uporządkowywane zygzakowato, aby zera leżały obok siebie
8. Współczynniki niezerowe są kompresowane [algorytmem Huffmana](#).

2. Decymacja kanałów chrominancji

- J:a:b
- J – liczba pikseli w poziomie
- a – liczba kolorów w wierszu
- b – liczba zmian kolorów w kolumnach



2. Decymacja kanałów chrominancji



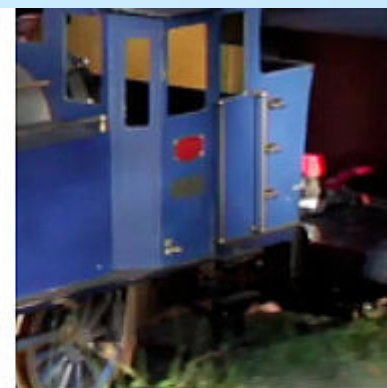
4:1:1



4:2:0



4:2:2



4:4:4



4. Zmiana zakresu wartości pixeli z [0-255] na [-128-127]

$$\begin{bmatrix} 52 & 55 & 61 & 66 & 70 & 61 & 64 & 73 \\ 63 & 59 & 55 & 90 & 109 & 85 & 69 & 72 \\ 62 & 59 & 68 & 113 & 144 & 104 & 66 & 73 \\ 63 & 58 & 71 & 122 & 154 & 106 & 70 & 69 \\ 67 & 61 & 68 & 104 & 126 & 88 & 68 & 70 \\ 79 & 65 & 60 & 70 & 77 & 68 & 58 & 75 \\ 85 & 71 & 64 & 59 & 55 & 61 & 65 & 83 \\ 87 & 79 & 69 & 68 & 65 & 76 & 78 & 94 \end{bmatrix}$$

[0, 255]


$$\begin{bmatrix} -76 & -73 & -67 & -62 & -58 & -67 & -64 & -55 \\ -65 & -69 & -73 & -38 & -19 & -43 & -59 & -56 \\ -66 & -69 & -60 & -15 & 16 & -24 & -62 & -55 \\ -65 & -70 & -57 & -6 & 26 & -22 & -58 & -59 \\ -61 & -67 & -60 & -24 & -2 & -40 & -60 & -58 \\ -49 & -63 & -68 & -58 & -51 & -60 & -70 & -53 \\ -43 & -57 & -64 & -69 & -73 & -67 & -63 & -45 \\ -41 & -49 & -59 & -60 & -63 & -52 & -50 & -34 \end{bmatrix}$$

[-128, 127]

5. transformata kosinusowa (DCT) bloków

$$g = \begin{matrix} & & & x & & & & \\ & & & \longrightarrow & & & & \\ \left[\begin{array}{cccccccc} -76 & -73 & -67 & -62 & -58 & -67 & -64 & -55 \\ -65 & -69 & -73 & -38 & -19 & -43 & -59 & -56 \\ -66 & -69 & -60 & -15 & 16 & -24 & -62 & -55 \\ -65 & -70 & -57 & -6 & 26 & -22 & -58 & -59 \\ -61 & -67 & -60 & -24 & -2 & -40 & -60 & -58 \\ -49 & -63 & -68 & -58 & -51 & -60 & -70 & -53 \\ -43 & -57 & -64 & -69 & -73 & -67 & -63 & -45 \\ -41 & -49 & -59 & -60 & -63 & -52 & -50 & -34 \end{array} \right. & \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} y. \end{matrix}$$

$$G_{u,v} = \frac{1}{4} \alpha(u) \alpha(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 g_{x,y} \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$

$$G = \begin{matrix} & & & u & & & & \\ & & & \longrightarrow & & & & \\ \left[\begin{array}{cccccccc} -415.38 & -30.19 & -61.20 & 27.24 & 56.12 & -20.10 & -2.39 & 0.46 \\ 4.47 & -21.86 & -60.76 & 10.25 & 13.15 & -7.09 & -8.54 & 4.88 \\ -46.83 & 7.37 & 77.13 & -24.56 & -28.91 & 9.93 & 5.42 & -5.65 \\ -48.53 & 12.07 & 34.10 & -14.76 & -10.24 & 6.30 & 1.83 & 1.95 \\ 12.12 & -6.55 & -13.20 & -3.95 & -1.87 & 1.75 & -2.79 & 3.14 \\ -7.73 & 2.91 & 2.38 & -5.94 & -2.38 & 0.94 & 4.30 & 1.85 \\ -1.03 & 0.18 & 0.42 & -2.42 & -0.88 & -3.02 & 4.12 & -0.66 \\ -0.17 & 0.14 & -1.07 & -4.19 & -1.17 & -0.10 & 0.50 & 1.68 \end{array} \right. & \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} v. \end{matrix}$$

6. Kwantyzacja

$$G = \begin{matrix} & & & \begin{matrix} u \\ \longrightarrow \end{matrix} & & & & & \\ \begin{matrix} \downarrow \\ v. \end{matrix} & \begin{bmatrix} -415.38 & -30.19 & -61.20 & 27.24 & 56.12 & -20.10 & -2.39 & 0.46 \\ 4.47 & -21.86 & -60.76 & 10.25 & 13.15 & -7.09 & -8.54 & 4.88 \\ -46.83 & 7.37 & 77.13 & -24.56 & -28.91 & 9.93 & 5.42 & -5.65 \\ -48.53 & 12.07 & 34.10 & -14.76 & -10.24 & 6.30 & 1.83 & 1.95 \\ 12.12 & -6.55 & -13.20 & -3.95 & -1.87 & 1.75 & -2.79 & 3.14 \\ -7.73 & 2.91 & 2.38 & -5.94 & -2.38 & 0.94 & 4.30 & 1.85 \\ -1.03 & 0.18 & 0.42 & -2.42 & -0.88 & -3.02 & 4.12 & -0.66 \\ -0.17 & 0.14 & -1.07 & -4.19 & -1.17 & -0.10 & 0.50 & 1.68 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$B_{j,k} = \text{round} \left(\frac{G_{j,k}}{Q_{j,k}} \right) \text{ for } j = 0, 1, 2, \dots, 7; k = 0, 1, 2, \dots, 7$$

$$B = \begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

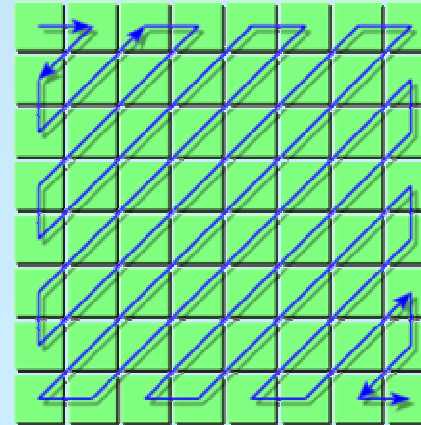
$$Q = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121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

Q = ?

Q – filtr „LPF”

7. Współczynniki DCT są uporządkowywane zygzakowato, aby zera leżały obok siebie.

$$B = \begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

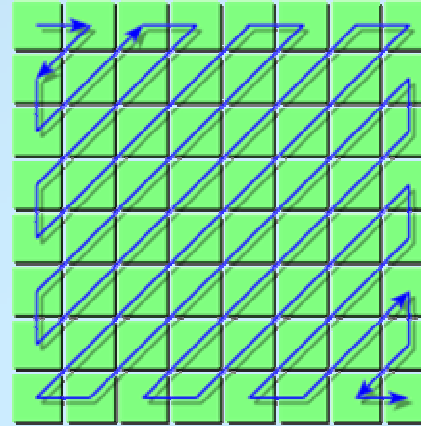


```

-26
-3  0
-3 -2 -6
 2 -4  1 -3
 1  1  5  1  2
-1  1 -1  2  0  0
 0  0  0 -1 -1  0  0
 0  0  0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0
 0  0  0  0
 0  0  0
 0  0
 0
    
```

Dekodowanie?

$$B = \begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



```
-26
-3  0
-3 -2 -6
 2 -4  1 -3
 1  1  5  1  2
-1  1 -1  2  0  0
 0  0  0 -1 -1  0  0
 0  0  0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0  0
 0  0  0  0  0
 0  0  0  0
 0  0  0
 0  0
 0
```

- Do domu

W których krokach tracimy informację?



1. Obraz jest konwertowany z przestrzeni barwnej (RGB) do przestrzeni YCrCb
2. Decymacja kanałów chrominancji: brak redukcji, redukcja 2:1 lub 4:1
3. Kanały są dzielone na bloki 8×8 pikseli. W przypadku kanałów kolorów, jest to 8×8 danych po redukcji rozdzielczości
4. Zmiana zakresu wartości pixeli z $[0-255]$ na $[-128-127]$
5. Na blokach wykonywana jest dyskretna transformata kosinusowa ([DCT](#))
6. Kwantyzacja - zastąpienie danych zmiennoprzecinkowych przez liczby całkowite. To właśnie tutaj występują straty danych – filtracja współczynników DCT. Liczba odrzuconych współczynników zależy od parametrów kompresora. Większa dokładność jest stosowana do danych dotyczących niskich częstotliwości niż wysokich
7. Współczynniki DCT są uporządkowywane zygzakowato, aby zera leżały obok siebie
8. Współczynniki niezerowe są kompresowane [algorytmem Huffmana](#).

Podsumowanie

Image split into blocks
(could also be
downsampled)

Forward Discrete
Cosine Transform

Quantization

Encoded JPEG image

Entropy encoding

Decoded image
reassembled from
blocks





Reverse Discrete
Cosine Transform

Dequantization

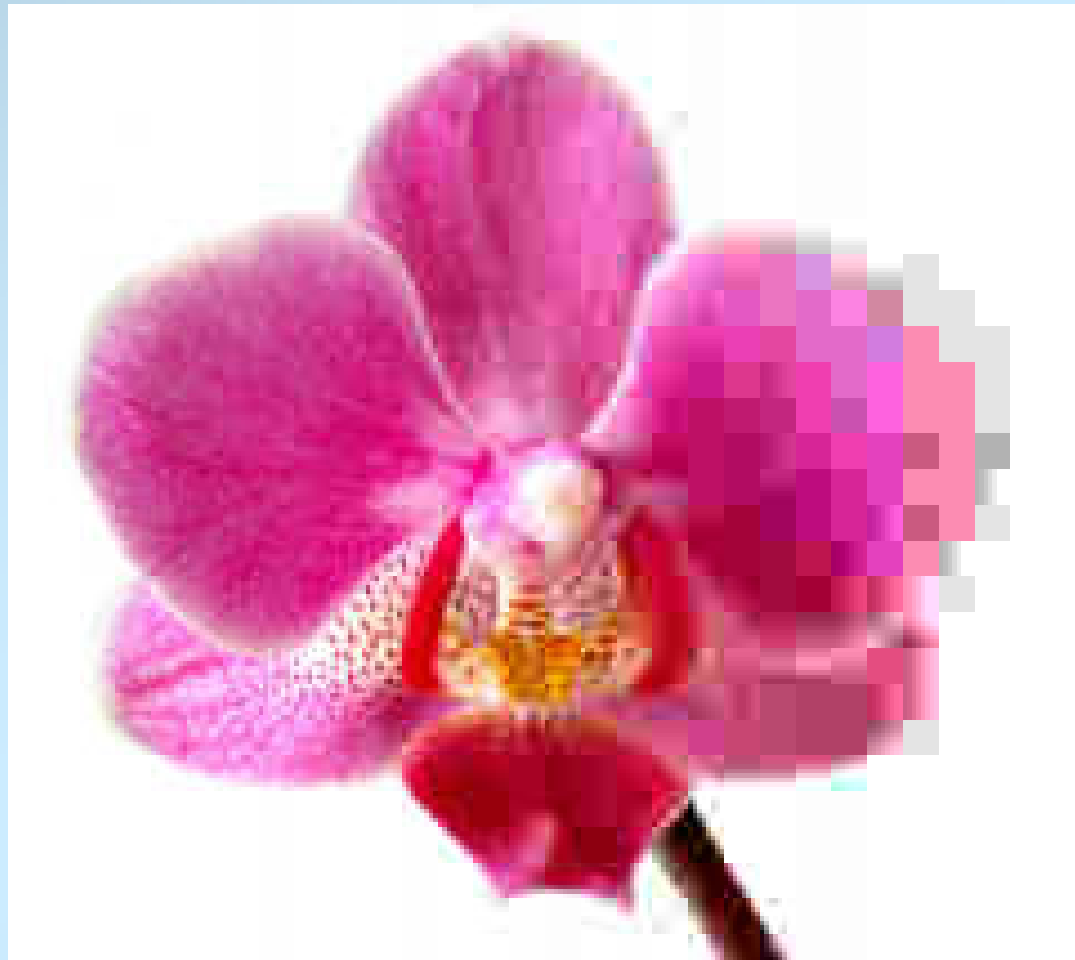
Encoded JPEG image

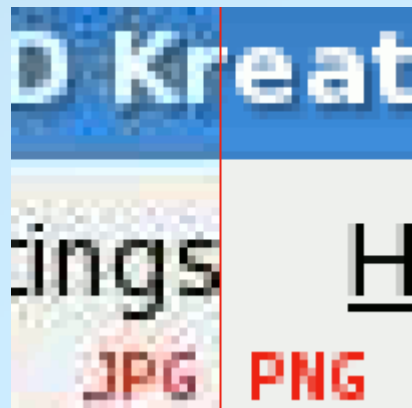
Entropy decoding

Artefakty kompresji

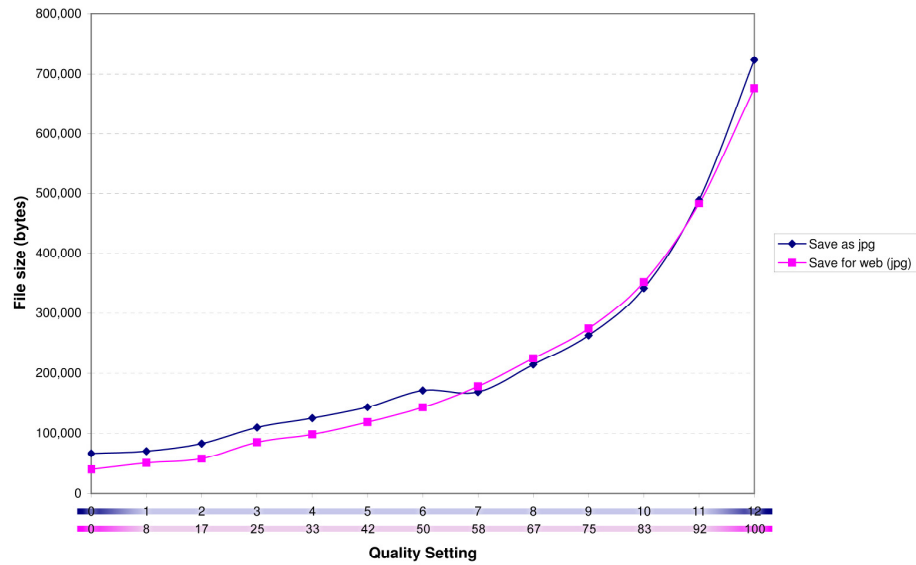
Image	Lossless compression	Lossy compression
Original		
Processed by Canny edge detector		

st





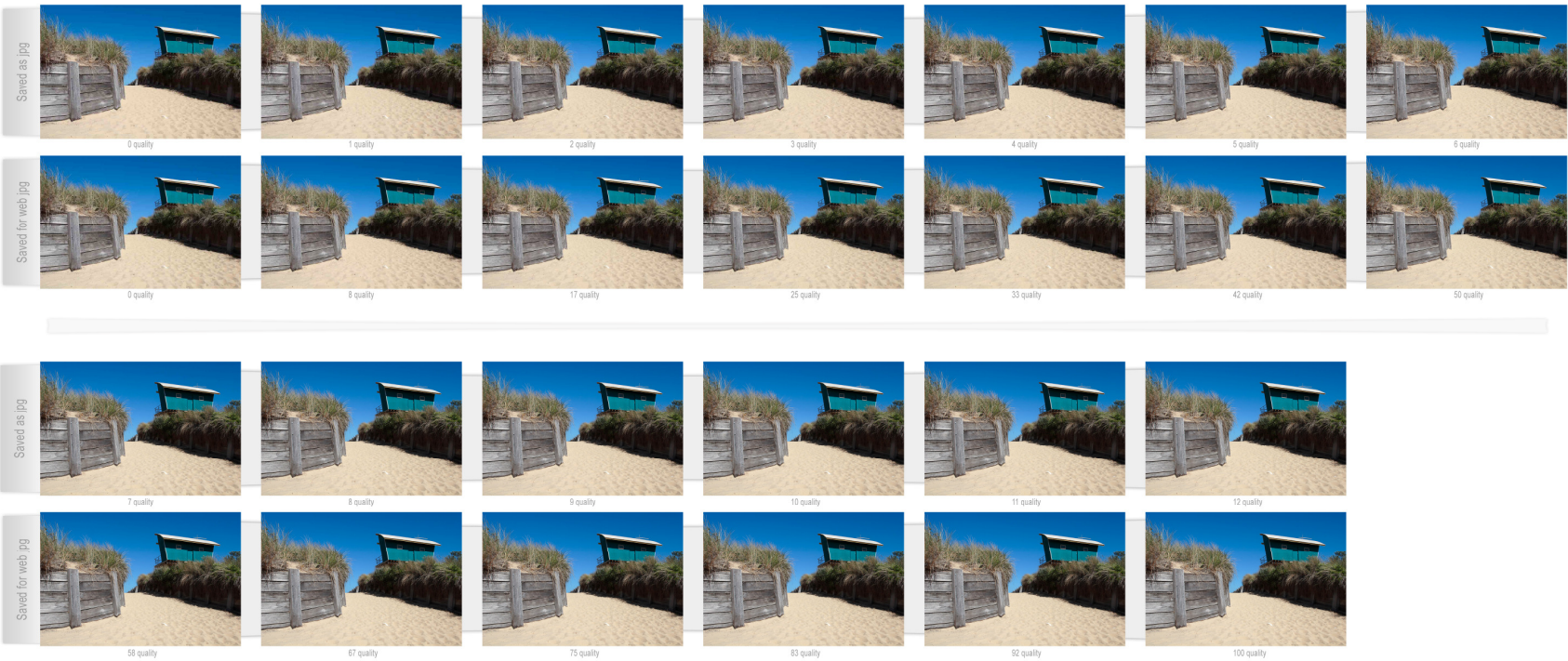
Quality vs File Size

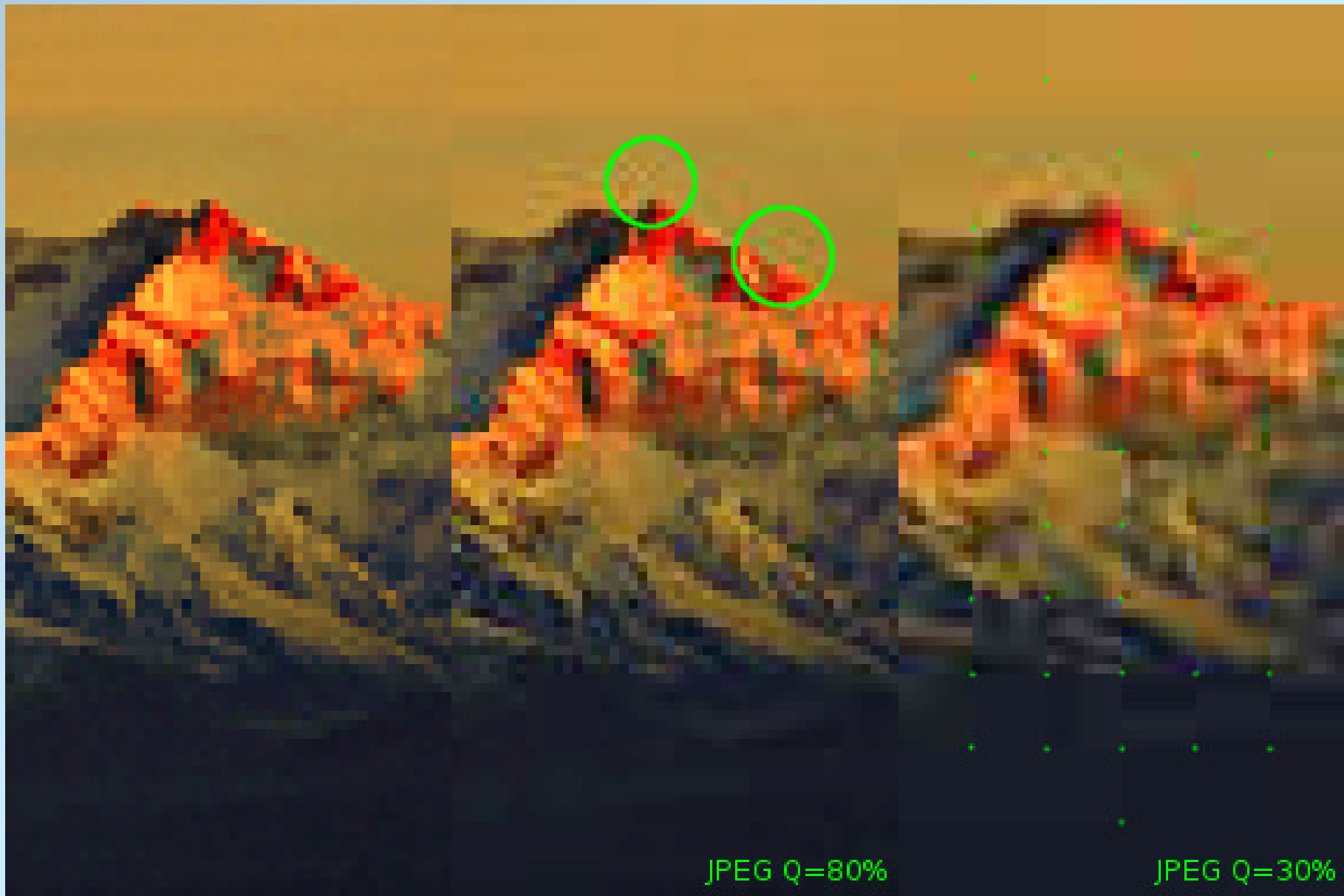


Saved as jpg



Saved for web jpg





Inne popularne formaty:

- PNG – algorytm bezstratny „DEFLATE”, kombinacja LZ77 i kodowania Huffmana
- GIF, TIFF – bezstratny algorytm LZW
- ...
- <http://socialcompare.com/en/comparison/image-file-formats>

Zagadnienia DCT, JPEG

1. Bazując na DCT i JPEG przedstaw przykładowy algorytm kompresji stratnej obrazu w skali szarości
2. Analogie pomiędzy TC a DCT (oznaczenia - czas, sygnał, ...)
3. Zinterpretuj diagram funkcji bazowych DCT
4. Czy obliczając DCT sygnału dokonujemy jego kompresji? Uzasadnij odpowiedź
5. Na czym polega decymacja chrominancji?
6. Objasnij i wyjaśnij oznaczenia we wzorze na DCT II i we wzorze na transformatę odwrotną
7. W jakim celu dokonywana jest transformacja przestrzeni RGB -> YCrCb w JPEG?
8. O czym mówi na tajemniczy uśmiech Mony Lisy?

Dziękuję za uwagę

