

dr inż. Piotr Ody

KOMPRESJA GRAFIKI

1

Klasyfikacja metod kompresji

- Metody bezstratne
 - Zakodowany strumień danych po dekompresji jest identyczny z oryginalnymi danymi przed kompresją,
- Metody stratne
 - W wyniku kompresji część danych (mniej istotnych) jest bezpowrotnie tracona, dane po dekompresji nieznacznie różnią się od oryginalnych danych przed kompresją.

2

Kompresji bezstratna

- RLE - ang. Run-Length Encoding - kodowanie długości serii;

```
aaaaaaabbbbaaaaaaa
aaaaaabbaabbbaaaaa
aaaaabbbbaabbbaaaa
```

Bez kompresji: 3 x 18 bajtów = 54 bajty

Sposób kodowania:

a7b3a8 - 6 bajtów

a6b2a2b2a6 - 10 bajtów

a5b3a3b3a4 - 10 bajtów

Stopień kompresji: 2:1

3

Kompresji bezstratna

- RLE - ang. Run-Length Encoding - kodowanie długości serii;

```
aaaaaaabbbbaaaaaaa
aaaaaabbaabbbaaaaa
aaaaabbbbaabbbaaaa
```

Bez kompresji: 3 x 18 bajtów = 54 bajty

Sposób kodowania:

a7b3a8 - 6 bajtów

a6b2a2b2a6 - 10 bajtów

a5b3a3b3a4 - 10 bajtów

Stopień kompresji: 2:1

4

Kompresja stratna

- Wielkość generowanych zniekształceń jest miarą jakości alg. kompresji;
- Na ogół uzyskiwane są większe stopnie kompresji niż dla kompresji bezstratnej;
- Najczęściej wykorzystuje się właściwości percepcji wzrokowej człowieka -> kompresja perceptualna;
- Algorytmy wykorzystują zaawansowane metody transformacji i kwantyzacji danych;
- Na ogół możliwe bardziej elastyczne sterowanie stopniem kompresji (jakością);

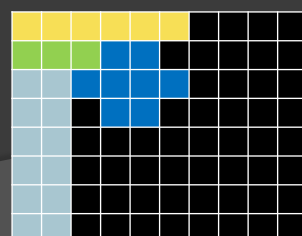
5

Przykładowe formaty

6

Formaty obrazu – bitmapy (*.bmp)

- ⦿ wykorzystują model/format RGB
- ⦿ typowo bez kompresji
 - ew. RLE, teoretycznie nawet JPEG czy PNG
- ⦿ typowa precyzja: 1, 4, 8, 24 bity na piksel
 - RLE możliwa do zastosowania tylko przy 4 i 8 bitach na piksel
- ⦿ zastosowanie: np. zrzuty ekranu do dalszego przetwarzania bądź kompresji, ikonki



8

Formaty obrazu – Tagged Image File Format (*.tiff)

- ⦿ opracowany pod koniec lat 80-tych przez Aldus Corporation i Microsoft
- ⦿ założenie:
 - niezależność od sprzętu
 - ujednoczenie formatu skanów
- ⦿ obsługa szerokiej gamy modeli kolorów: B/W, odcienie szarości, palety kolorów, RGB, CMYK
- ⦿ obsługa różnych formatów kompresji: RLE, LZW, JPEG, FAX group 3 i 4

9

Formaty obrazu – Tagged Image File Format (*.tiff)

- ⦿ czasem problemy z kompatybilnością
 - możliwość tworzenia własnych „podformatów”
- ⦿ zastosowanie:
 - skany, zdjęcia lotnicze, zapis wyników badań obrazowych w medycynie, w niektórych aparatach fotograficznych do zapisu danych z przetwornika;
 - polecany do zapisu obrazów bitowych na etapie pośrednim, jeżeli obraz będzie dalej przetwarzany.

10

Formaty obrazu – GIF (*.gif)

- ⦿ opracowany przez firmę CompuServe
- ⦿ wykorzystuje paletę 256 kolorów
 - obsługiwana przezroczystość;
 - informacje o kolorach w paletcie (a także o rozmiarze i wsp. proporcji) przesyłane są razem z obrazkiem;
- ⦿ typowo używa kompresji słownikowej LZW (bezstratnej)

11

Formaty obrazu – GIF (*.gif)

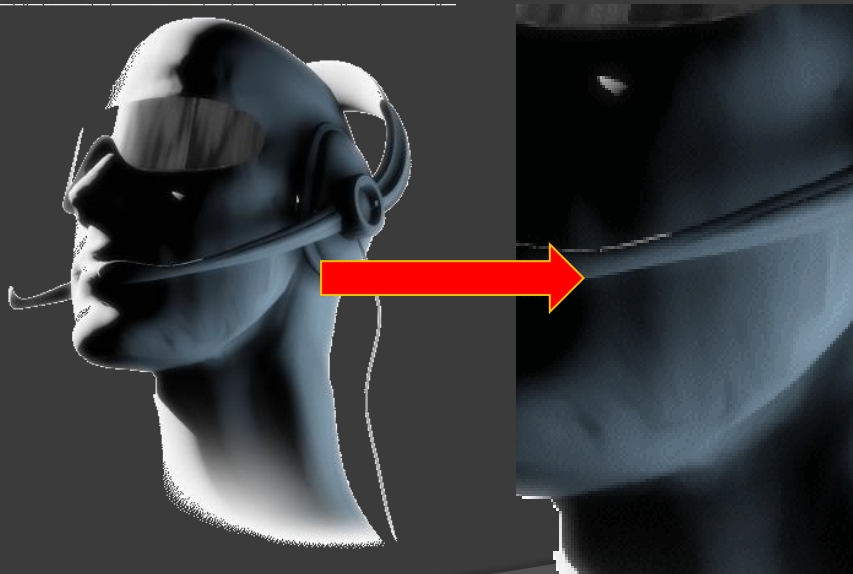
- możliwość tworzenia animacji (np. Facebook)
- możliwość wykorzystania trybu „interlaced”
 - kolejne transmitowanie elementów obrazu



- zastosowanie: elementy graficzne, przyciski

12

Formaty obrazu – GIF (*.gif)

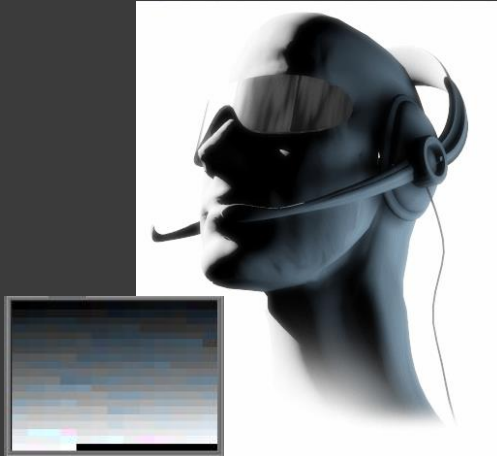


13

Problemy z kolorami



liczba kolorów: 5061



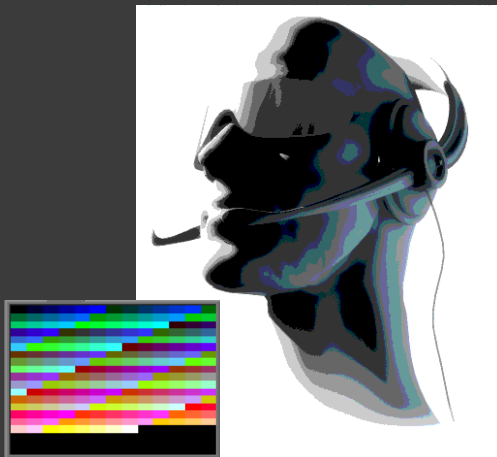
paleta 256 kolorów
(w praktyce 252 kolory)

14

Problemy z kolorami



liczba kolorów: 5061



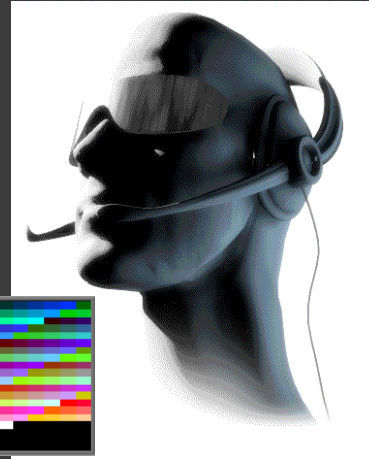
paleta 256 kolorów
(w praktyce 23 kolory)

15

Problemy z kolorami



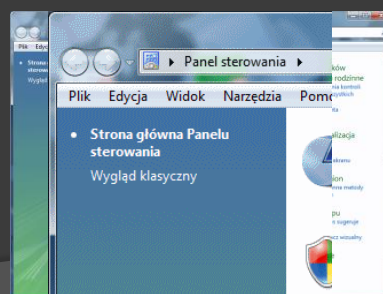
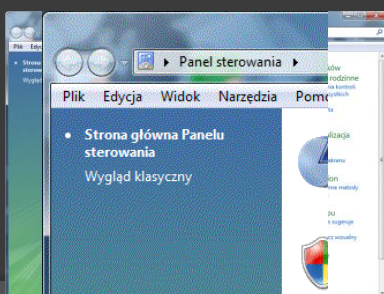
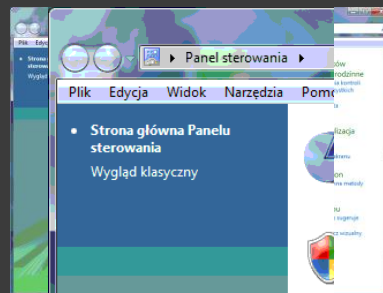
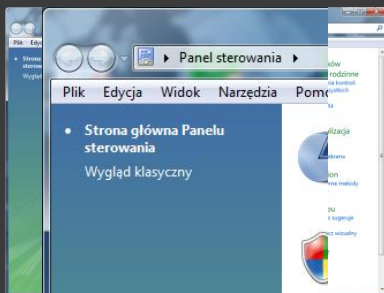
liczba kolorów: 5061



paleta 256 kolorów
(w praktyce 44 kolory)

16

Problemy z kolorami



17

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

- ⦿ Joint Photographic Experts Group
 - najpopularniejszy format kompresji obrazów (przede wszystkim zdjęć)
 - opracowany na przełomie lat 80-tych i 90-tych
- ⦿ typowo kompresja stratna
- ⦿ etapy kompresji:
 - transformacja DCT (bloki 8x8 pikseli)
 - zerowanie składowych odpowiadających za wyższe częstotliwości (kwantyzacja)
 - kodowanie entropijne (Huffmana lub arytmetyczne)
- ⦿ działanie w systemie Y Cb Cr (najczęściej 4:2:2)

18

Kodowanie transformacyjne

- ⦿ przekształcenie przestrzennej reprezentacji obrazu w dziedzinę częstotliwości
- ⦿ w procesach przetwarzania obrazów stosuje się dyskretną transformację kosinusową DCT (ang. Discrete Cosine Transform)

⦿ DCT

$$F(u, v) = \frac{1}{4} \sum_i^{16} \sum_j^{16} C(u) \cdot C(v) \cdot \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cdot \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \cdot f(i, j)$$

$$C(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{dla } \xi = 0 \\ 1 & \text{dla } \xi \neq 0 \end{cases}$$

⦿ IDCT

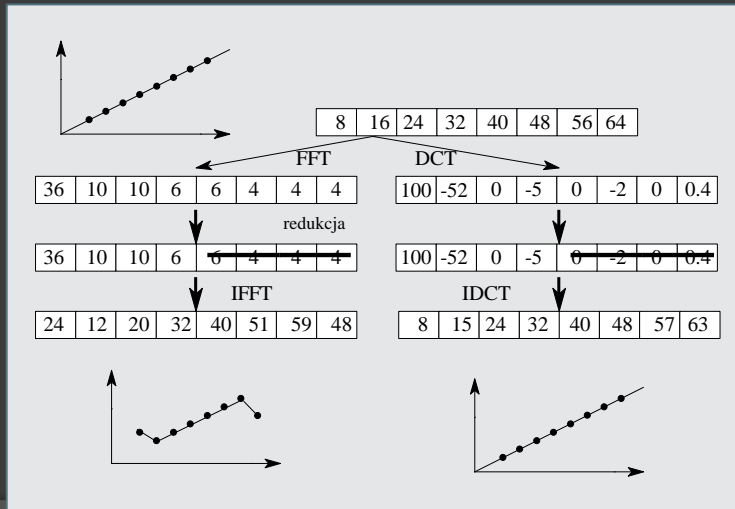
$$f(i, j) = \frac{1}{4} \sum_i^{16} \sum_j^{16} C(u) \cdot C(v) \cdot \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cdot \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} \cdot F(u, v)$$

$$C(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{dla } \xi = 0 \\ 1 & \text{dla } \xi \neq 0 \end{cases}$$

19

FFT a DCT

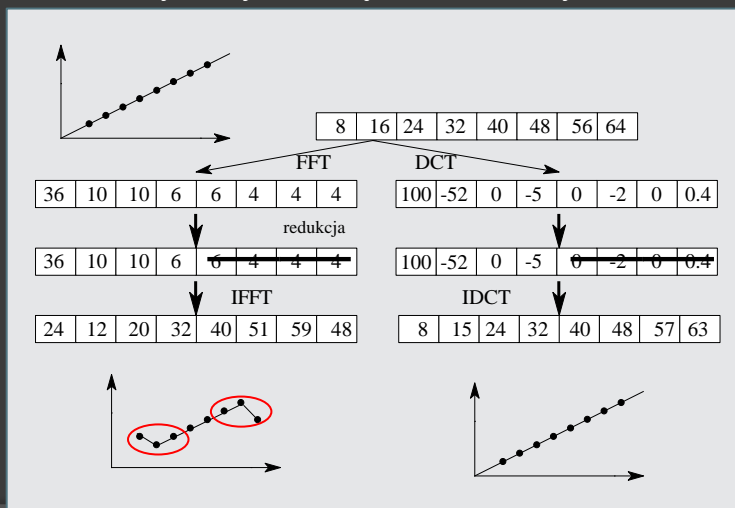
- transformata DCT jest znacznie mniej „wrażliwa” na zniekształcenie / usunięcie składowych wysokoczęstotliwościowych



20

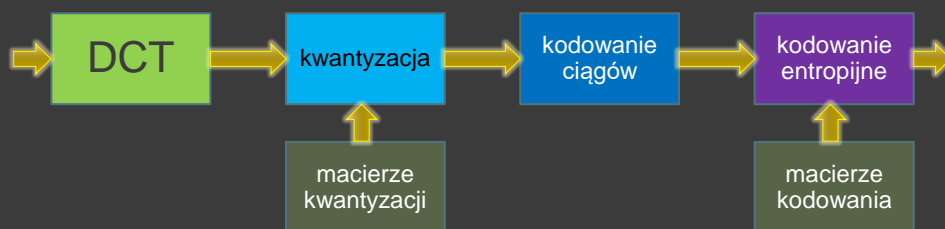
FFT a DCT

- transformata DCT jest znacznie mniej „wrażliwa” na zniekształcenie / usunięcie składowych wysokoczęstotliwościowych



21

Kompresja JPEG - algorytm

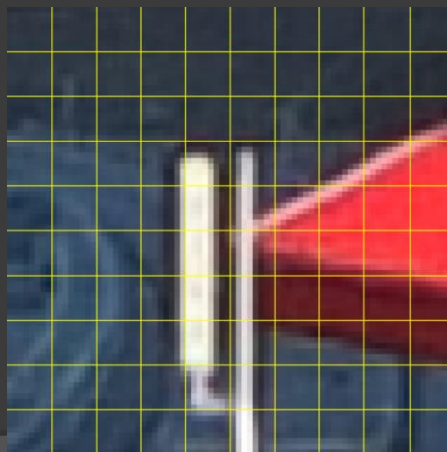


- ⦿ operacja DCT jest bezstratna
- ⦿ **kwantyzacja współczynników transformaty kosinusowej zmniejsza liczbę bitów, ale jednocześnie obniża jakość obrazu**
- ⦿ skwantowane wsp. transformaty są kodowane analogicznie do RLE
- ⦿ kodowanie entropijne - najczęściej Huffmana

22

Kompresja JPEG - algorytm

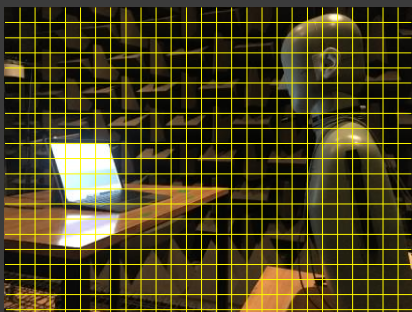
- ⦿ obraz dzielony jest na bloki 8x8
 - upraszcza operacje
 - umożliwia zrównoleglenie obliczeń



23

Kompresja JPEG - algorytm

- o obraz dzielony jest na bloki 8x8
- o kiedyś obrazki miały mniejsze rozmiary a komputery były wolniejsze



640x480

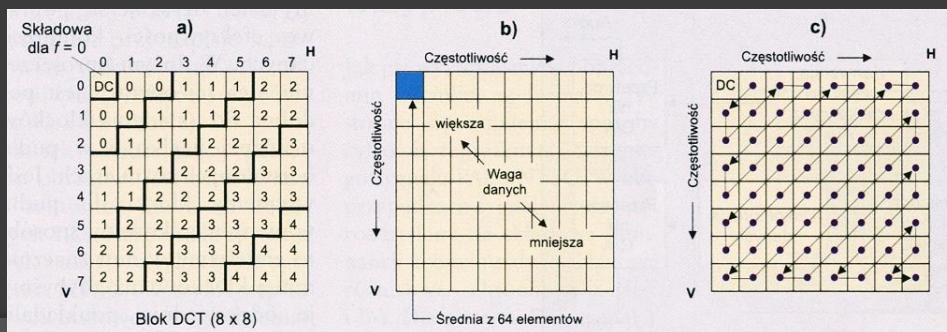


4000x3000

24

Kompresja JPEG

- o porządkowanie współczynników DCT
 - sekwencja “zygzakowata”
 - współczynniki DCT o niższej częstotliwości (większe prawdopodobieństwo, iż wartości są niezerowe) są grupowane przed współczynnikami DCT o większej częstotliwości (większe prawdopodobieństwo, iż wartości są zerowe).



25

Kompresja JPEG - kwantyzacja

- ⦿ dla każdego bloku stosowane są te same współczynniki kwantyzacji,
- ⦿ w standardzie JPEG zdefiniowane są 4 tablice kwantyzacji
 - żadna nie jest obowiązkowa
 - można stosować własne
- ⦿ współczynniki kwantyzacji dla składowych chrominancji (UV) mają większą wartość niż współczynniki dla składowej luminacji
 - po kwantyzacji większość tych współczynników zostanie wyzerowana i usunięta,
- ⦿ skalując współczynniki kwantyzacji można sterować współczynnikiem kompresji.

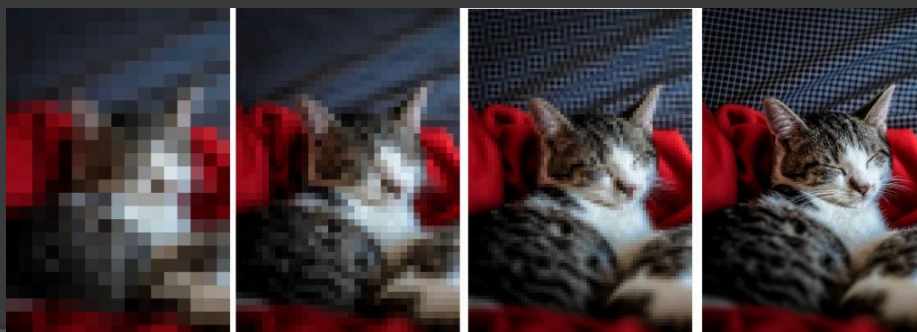
8	6	5	8	12	20	26	30
6	6	7	10	13	29	30	28
7	7	8	12	20	29	35	28
7	9	11	15	26	44	40	31
9	11	19	28	34	55	52	39
12	18	28	32	41	52	57	46
25	32	39	44	52	61	60	51
36	46	48	49	56	50	52	50

16	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

26

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

- ⦿ możliwość kodowania progresywnego
 - kodowanie skalowalne jakościowo
 - najpierw przesyłana składowa stała i współ. niskoczęstotliwościowe, następnie współ. odpowiedzialne za wyższe częstotliwości
 - efekt: stopniowo poprawia się jakość obrazu



źródło: <https://www.infoq.com/news/2019/09/lazy-loading-http-range-requests/>

28

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

- ◉ możliwość kodowania hierarchicznego
 - kodowanie skalowalne przestrzennie
 - w jednym obrazku zawarte różne wersje o zwiększających się rozdzielczościach, kodowane różnicowo
 - efekt: np. szybki podgląd miniaturki zdjęcia

29

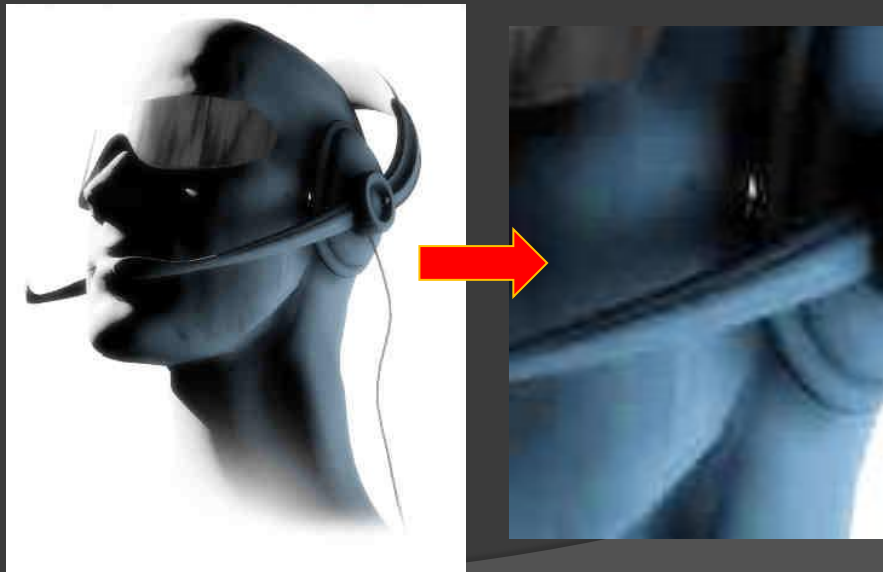
Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

- ◉ możliwość użycia trybu bezstratnego
- ◉ możliwość zapisu dodatkowych informacji
 - profil kolorów
 - EXIF

EXIF Tag	Value
Filename	IMG_2157.jpg
ImageWidth	4032
ImageLength	2688
XResolution	72
YResolution	72
ResolutionUnit	Inch
Orientation	Top left
DateTime	2022:02:19 15:16:27
Make	Apple
Model	iPhone12,1
Software	PaintShop Pro 24.0.0
InterColorProfile	669
ExifOffset	170
ExifImageWidth	4032
ExifImageHeight	2688
DateTimeOriginal	2022:02:19 15:16:27
DateTimeDigitized	2022:02:19 15:16:27
SubsecTimeOriginal	568
ExposureTime	1/121 seconds
FNumber	1.60
ExposureProgram	Normal program
ISO Speed Ratings	40
ShutterSpeedValue	1/121 seconds
ApertureValue	F 1.60
BrightnessValue	4.89
ExposureBiasValue	0
MeteringMode	Multi-segment
Flash	Flash not fired, compulsory flash mode
FocalLength	4.20 mm
FocalLength35mmFilm	26 mm
Lens Make	Apple
Lens Model	iPhone12 mini back dual wide camera 4.2mm f/1.6
GPS information:	
GPSLatitudeRef	N
GPSLatitude	54 21 31.940001 (54.358672)
GPSLongitudeRef	E
GPSLongitude	18 30 49.860001 (18.513850)
GPSAltitudeRef	Sea level
GPSAltitude	109.17 m
Thumbnail	
Compression	6 (JPG)
XResolution	72

30

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)



31

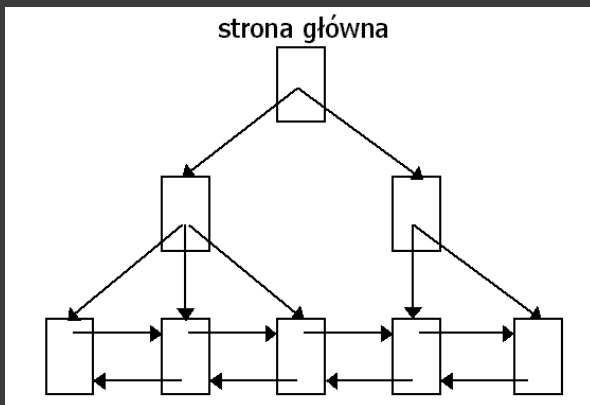
Formaty obrazu – PNG (*.png)

- Portable Network Graphics
 - opracowany w połowie lat 90-tych
- format w pełni bezstratny
 - kompresja DEFLATE (słownikowa, analogiczna do ZIPa)
- obsługa obrazów w 256 odcieniach szarości, 24 bitowych (RGB), w paletach RGB
- obsługa przezroczystości
 - kanał alpha w przypadku obrazów 24-bitowych
- zastosowanie: zastąpienie formatu GIF (wyższa jakość, większe współczynniki kompresji)

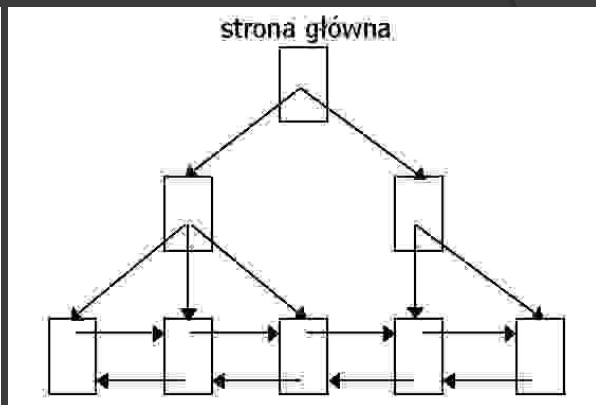
32

Zastosowania formatów

- rysunki, tła, przyciski, grafika -> GIF lub PNG



GIF – 5135B

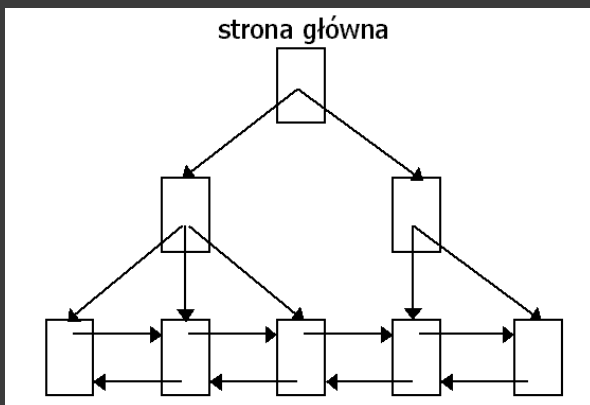


JPG – 6992B

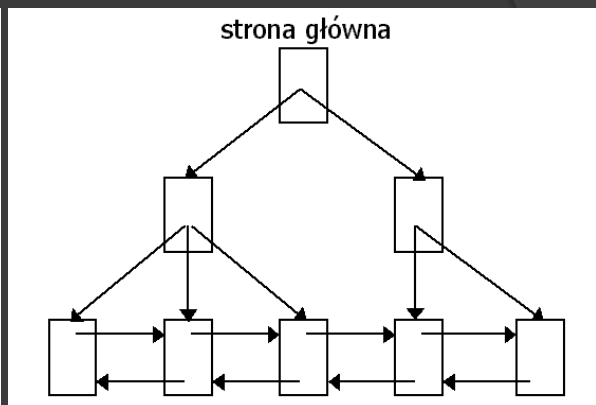
33

Zastosowania formatów

- rysunki, tła, przyciski, grafika -> GIF lub PNG



GIF – 5135B



PNG – 3892B

34

Zastosowania formatów

🕒 zdjęcia -> JPEG



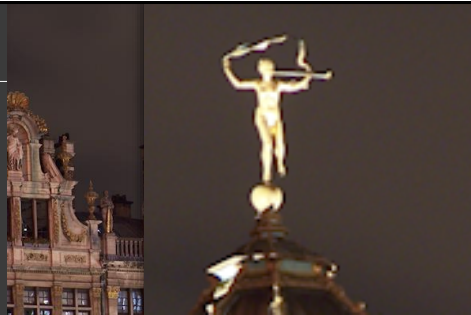
GIF - 84419B



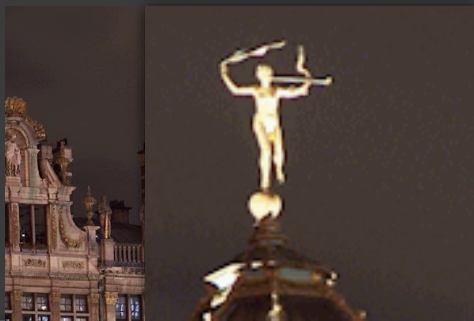
JPG - 48062B

35

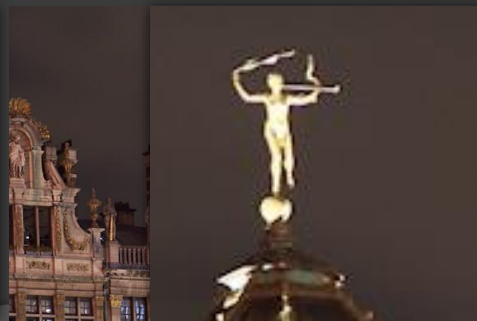
Zastosowanie formatów



PNG - 417488B



GIF - 115142B



JPG - 65218B

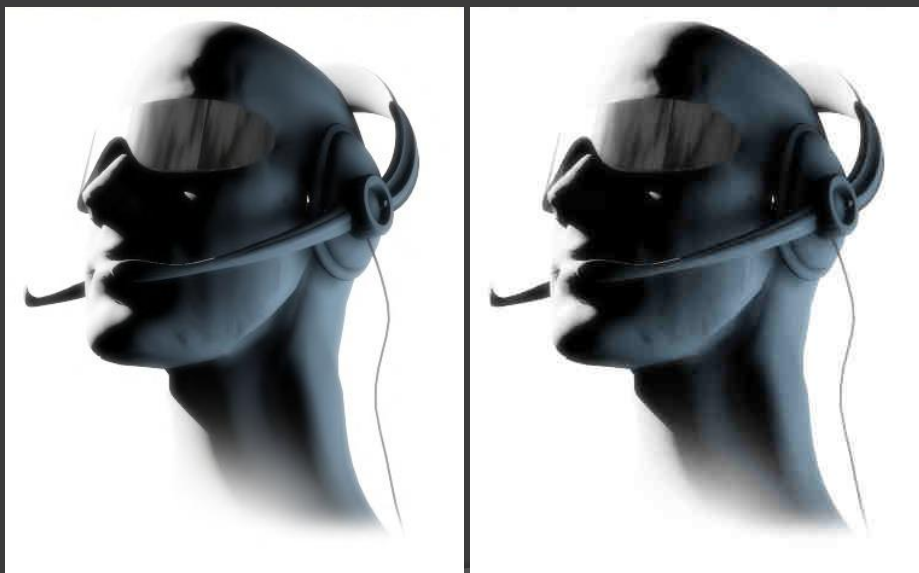
36

Formaty obrazu – JPEG2000 (*.jp2)

- opublikowany w 2000 roku
- wykorzystanie transformacji falkowej
 - mniej widoczne artefakty kompresji
- możliwość dopasowania jakości do potrzeb (odpowiednik kodowania hierarchicznego)
 - w tym definiowanie obszaru zainteresowania
- mała popularność
- 4-7 razy wolniejsza kompresja niż w tradycyjnym JPEG-u

37

Formaty obrazu – JPEG2000 (*.jp2)



JPEG 2000

rozmiar: ok. 9300 B

JPEG

38

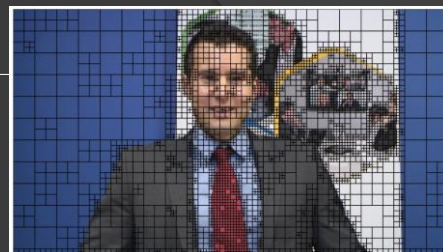
Formaty obrazu – HEIF

- HEIF - High Efficiency Image File Format
 - możliwość przechowywania pojedynczych zdjęć oraz serii zdjęć
 - zapis danych dodatkowych (EXIF itp.)
 - możliwość zapisu innych danych (dźwięk i tekst) razem ze zdjęciami
 - bardziej efektywna kompresja oparta o format HEVC (h.265) – chociaż możliwe stosowanie innych formatów - *.heic
- wprowadzony w 2015 przez MPEG
- od 2017 używany przez Apple w iPhone-ach

39

Formaty obrazu – HEIF (*.heic)

- HEVC – intra (frame) coding
 - bloki nie muszą mieć wymiarów 8x8 pikseli
 - predykcja wewnątrzramkowa – podobieństwo między sąsiadującymi blokami
- testy subiektywne: HEVC średnio o 16% bardziej wydajny niż JPEG 2000 4:4:4 i 43% bardziej wydajna niż JPEG przy zachowaniu tej samej odczuwalnej jakości [1]
- testy obiektywne (PSNR): HEVC był średnio o 58% wydajniejszy niż JPEG i o 31% wydajniejszy od JPEG 2000 [2]



<https://sonnati.wordpress.com/2014/06/20/h265-part-i-technical-overview/>

[1] P. Hanhart, M. Rerabek, P. Korshunov, and T. Ebrahimi, "Subjective evaluation of HEVC intra coding for still image compression," in Seventh International Workshop on Video Processing and Quality Metrics for Consumer Electronics - VPQM 2013, 2013.

[2] M. Hannuksela, J. Lainema, and V. Malamil Vadakital, "The high efficiency image file format standard [standards in a nutshell]," Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 32, no. 4, pp. 150–156, July 2015.

40

Formaty obrazu – HEIF (*.heic)

- ⦿ bardziej złożony obliczeniowo - czas otwarcia obrazka o rozdzielczości 4032x3024 pikseli
 - ok. 500ms vs 50 ms
 - wielkość 1,63 vs 2,37MB

41

Dla zainteresowanych

- ⦿ Marek Domański, „Obraz cyfrowy”, WKiŁ, Warszawa 2010.
- ⦿ John C. Russ, „The Image Processing Handbook”, CRC Press, 2007.
- ⦿ Nigel Chapman, Janny Chapman, „Digital Multimedia”, Wiley, 2009.

42