dr inż. Piotr Odya

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;

aaaaaaabbbaaaaaaaa
aaaaaabbaabbaaaaaa
aaaaabbbaaabbbaaaa

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;

aaaaaaabbbaaaaaaaa
aaaaaabbaabbaaaaaa
aaaaabbbaaabbbaaaa

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);

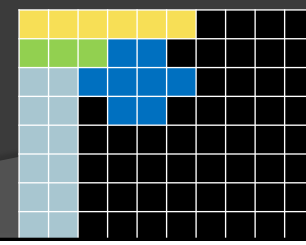
5

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
  - ujednolicenie 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 (skany).

10

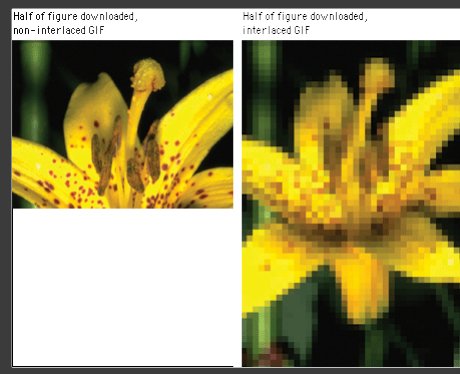
Formaty obrazu – GIF (*.gif)

- opracowany przez firmę CompuServe w 1987 roku
- wykorzystuje paletę 256 kolorów
  - obsługiwana przezroczystość
  - informacje o kolorach w palecie (a także o rozmiarze i wsp. proporcji) przesyłane są razem z obrazkiem
  - możliwość podziału obrazu na bloki
- typowo używa kompresji słownikowej LZW (bezstratnej)

11

Formaty obrazu – GIF (*.gif)

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

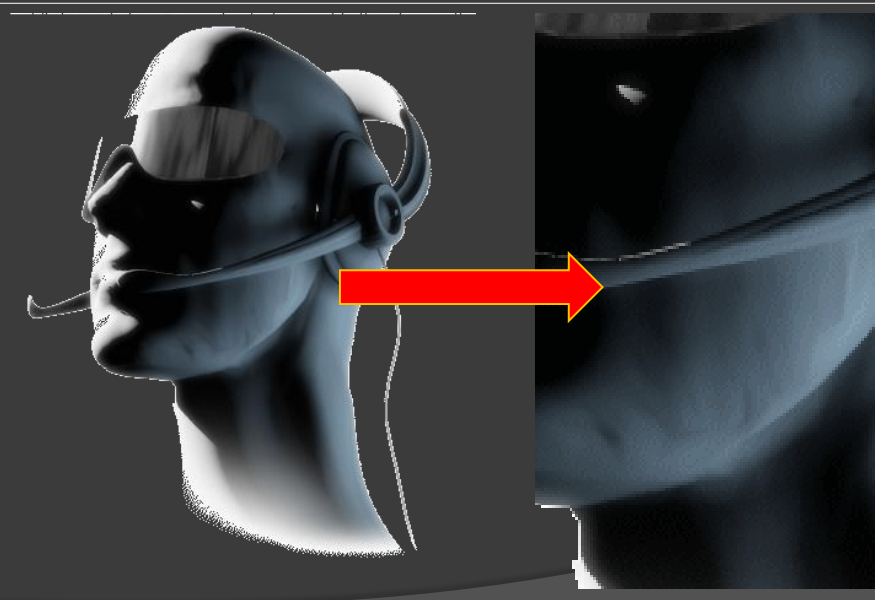


źródło:
https://webstyleguide.com/wsg2/graphics/gifs.html

- zastosowanie: elementy graficzne, przyciski

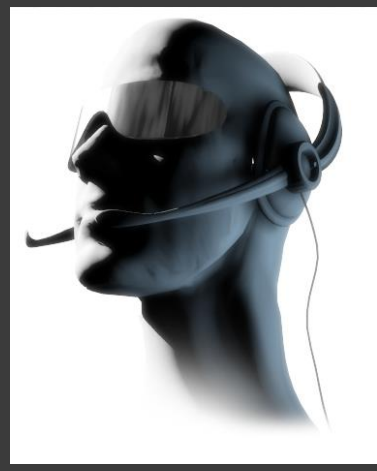
12

Formaty obrazu – GIF (*.gif)



13

Problemy z kolorami

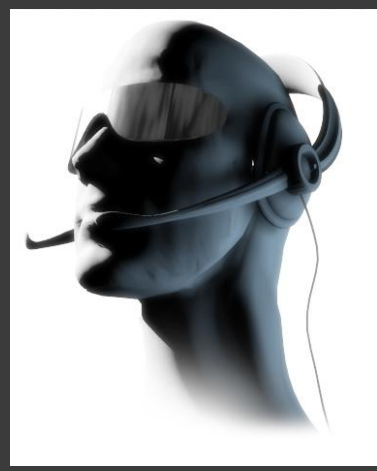


liczba kolorów: 5061

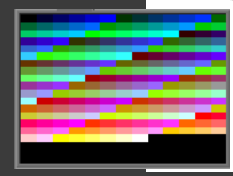
paleta 256 kolorów
(w praktyce 252 kolory)

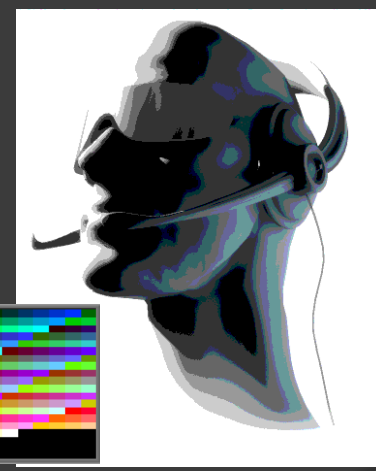
14

Problemy z kolorami



liczba kolorów: 5061

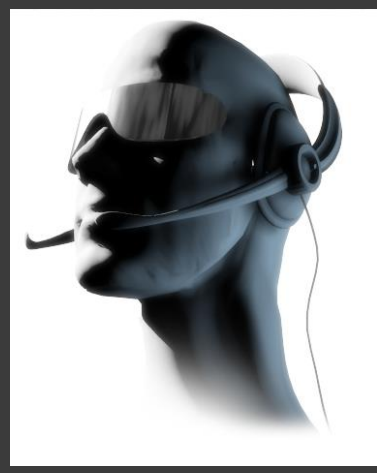




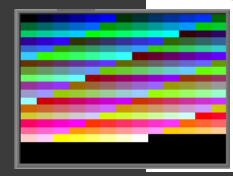
paleta 256 kolorów
(w praktyce 23 kolory)

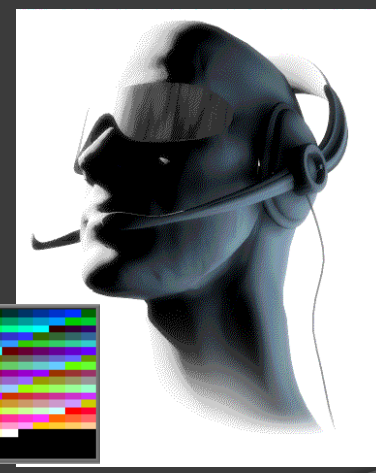
15

Problemy z kolorami



liczba kolorów: 5061

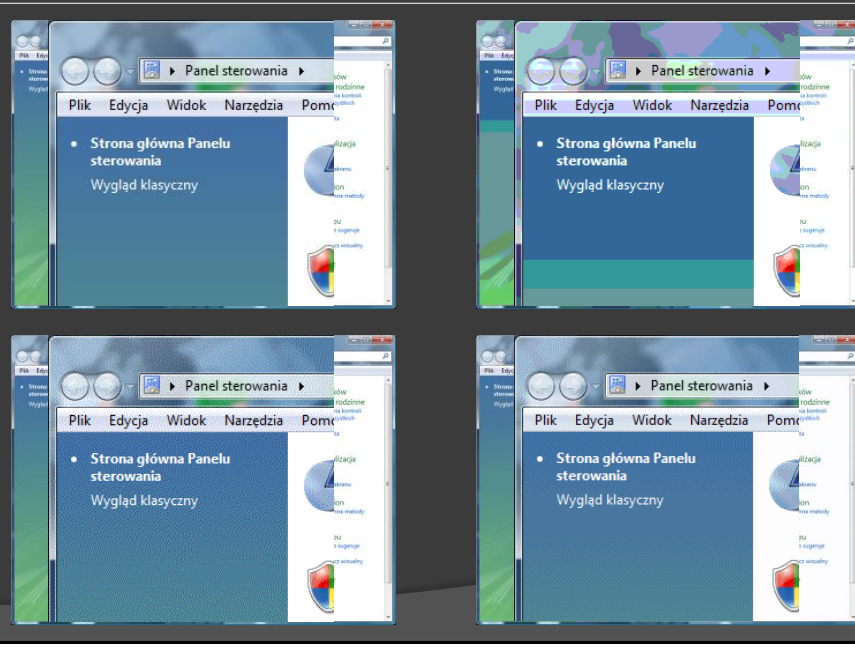




paleta 256 kolorów
(w praktyce 44 kolory)

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
- wykorzystuje DCT (Dyskretną Transformację Kosinusową)
- działa 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

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

$$u,v=1...16$$

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

- IDCT

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

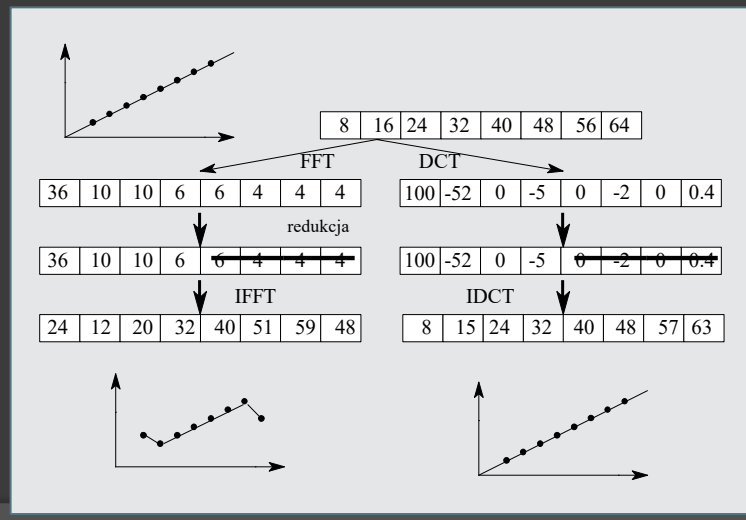
$$u,v=1...16$$

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

19

FFT a DCT

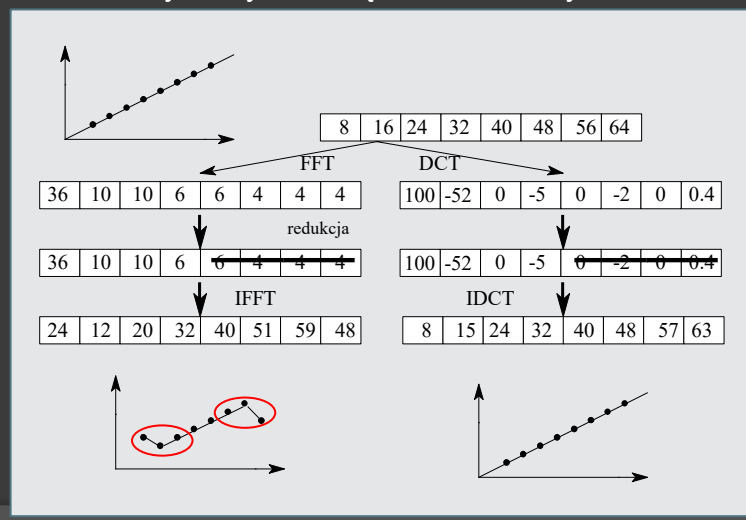
- transformata DCT jest znacznie mniej „wrażliwa” na zniekształcenie / usunięcie składowych wysokoczęstotliwościowych



20

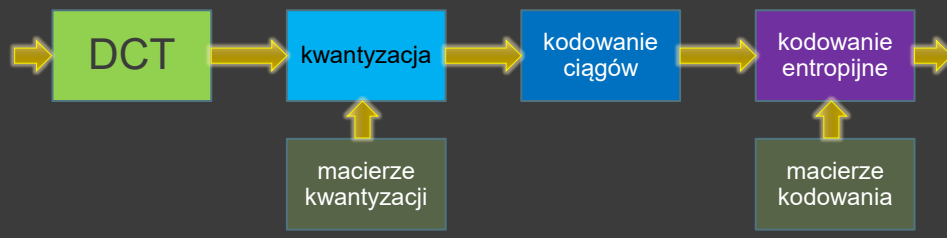
FFT a DCT

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



21

Kompresja JPEG - algorytm

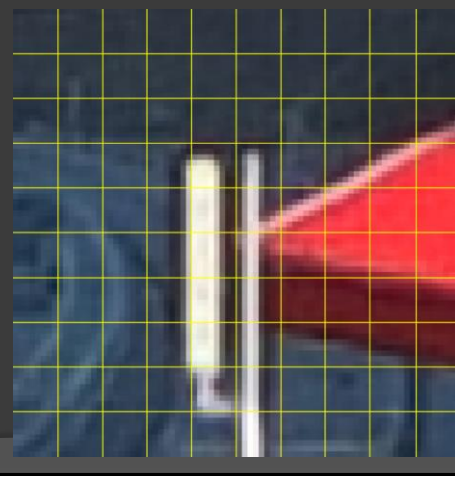


- **operacja DCT jest bezstratna**
- **kwantyzacja współczynników transformaty kosinusowej zmniejsza liczbę bitów, ale jednocześnie obniża jakość obrazu**
- skwantowane wsp. transformaty są kodowane analogicznie do RLE
- kodowanie entropijne - najczęściej Huffmana

22

Kompresja JPEG - algorytm

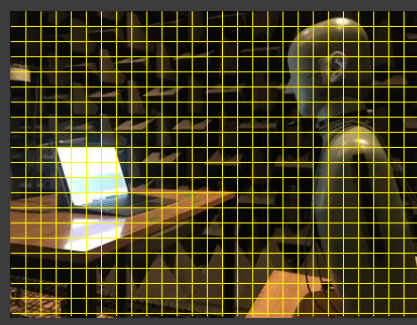
- obraz dzielony jest na bloki 8x8
  - upraszcza operacje
  - umożliwia zrównoleglenie obliczeń



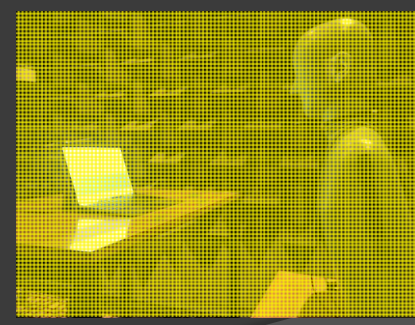
23

Kompresja JPEG - algorytm

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



640x480

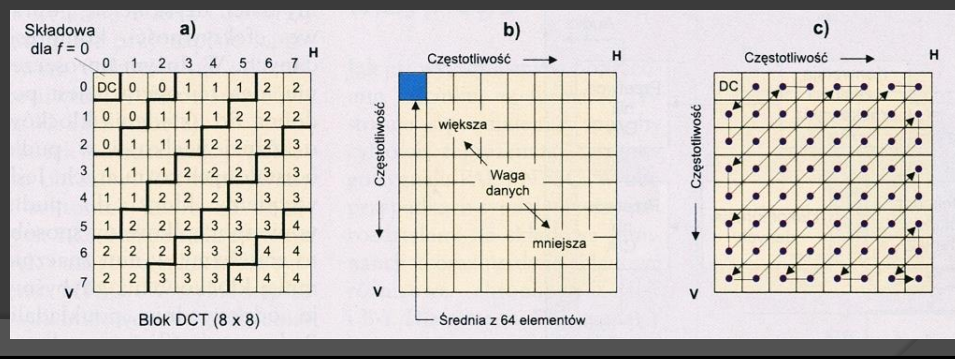


4000x3000

24

Kompresja JPEG

- 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.

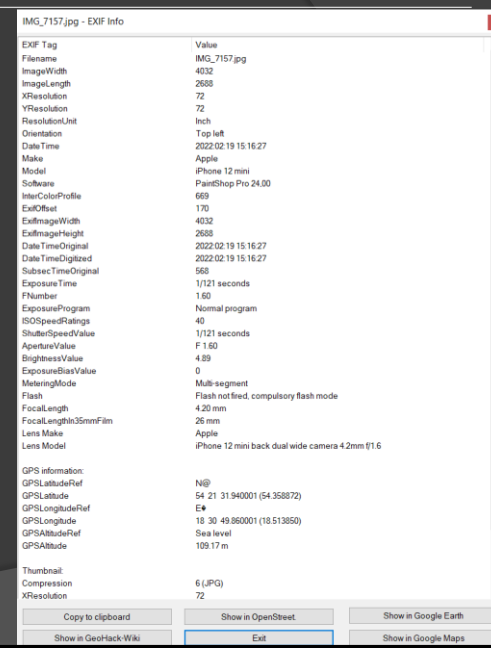
8	6	5	8	12	20	26	30
6	6	7	10	13	29	30	28
7	7	8	12	20	29	35	28
7	9	11	15	26	44	40	31
9	11	19	28	34	55	52	39
12	18	28	32	41	52	57	46
25	32	39	44	52	61	60	51
36	46	48	49	56	50	52	50

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

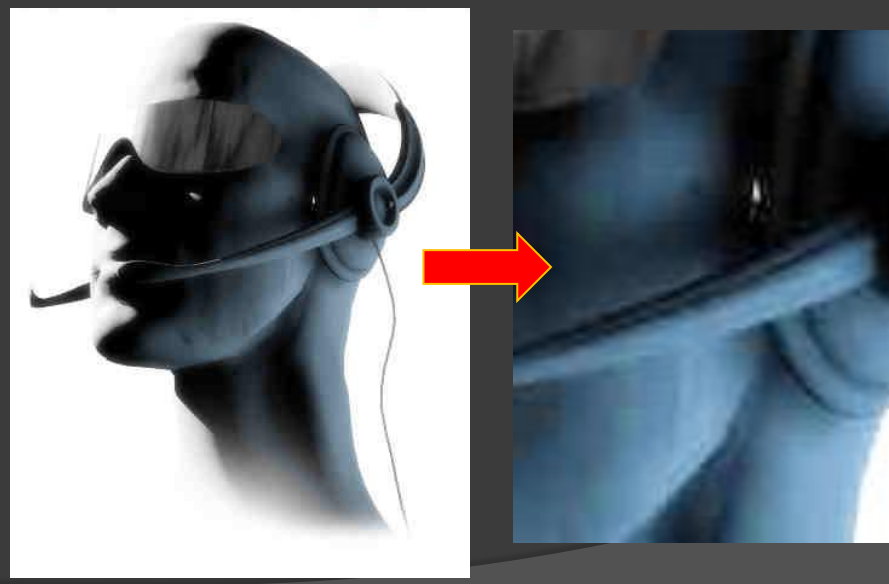
Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

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



30

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)



31

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

32

Formaty obrazu – JPEG (*.jpg)

33

Formaty obrazu – PNG (*.png)

- Portable Network Graphics
  - opracowany w połowie lat 90-tych
- format w pełni bezstratny
  - kompresja DEFLATE
    - słownikowa, analogiczna do ZIPa
    - oparta na LZ77 i kodowaniu Huffmana
- 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)

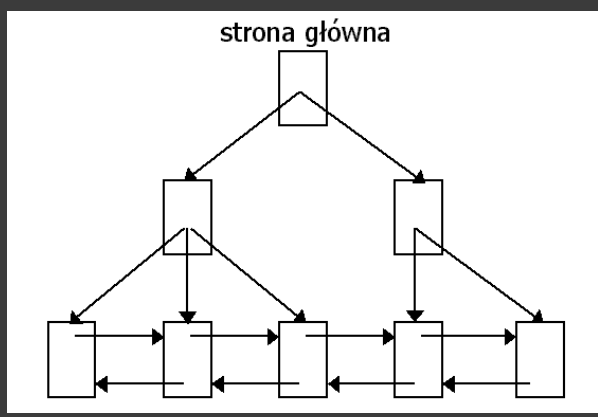
34

Formaty obrazu – PNG (*.png)

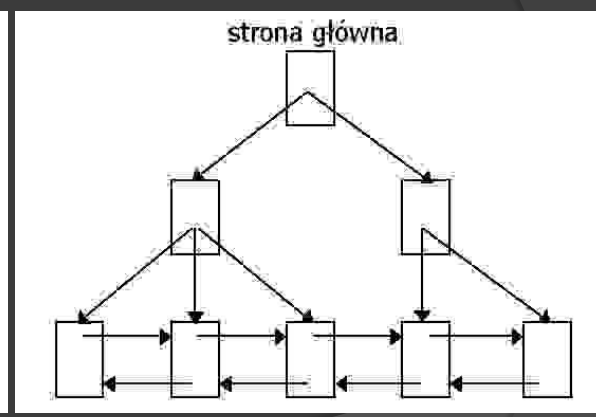
35

Zastosowania formatów

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



GIF – 5135B

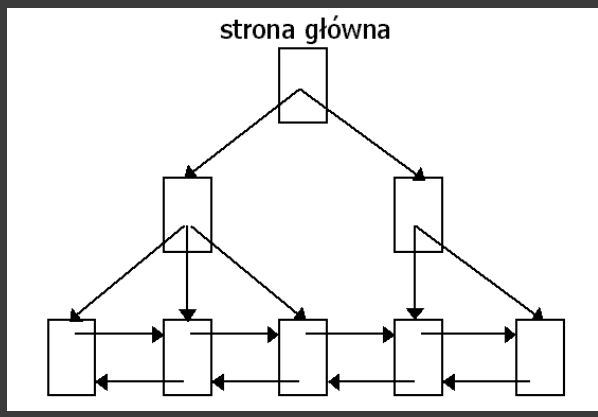


JPG – 6992B

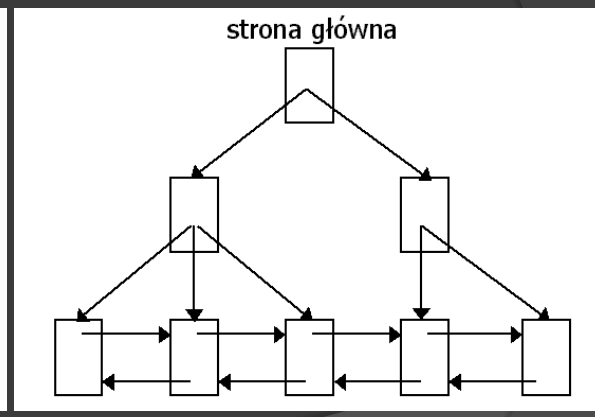
36

Zastosowania formatów

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



GIF – 5135B



PNG – 3892B

37

Zastosowania formatów

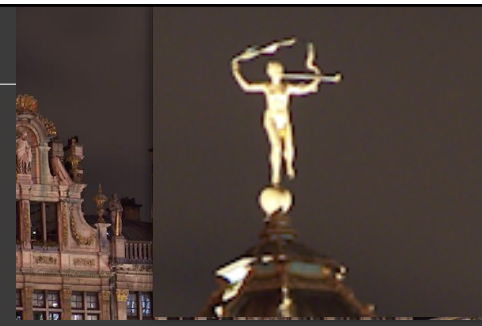
- zdjęcia -> JPEG

GIF –84419B

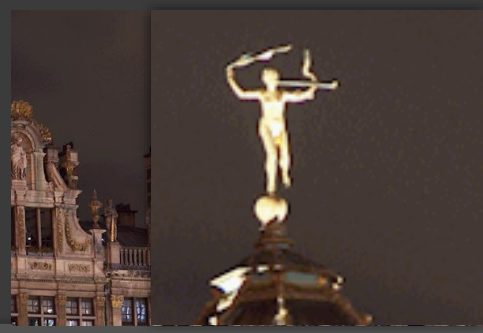
JPG –48062B

38

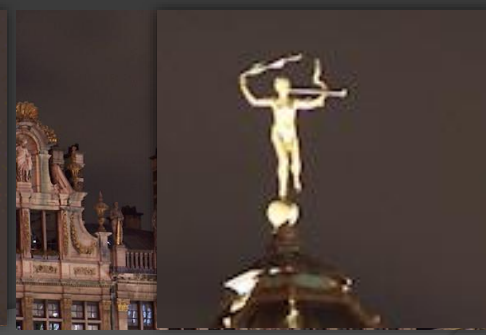
Zastosowanie formatów



PNG – 417488B



GIF – 115142B



JPG – 65218B

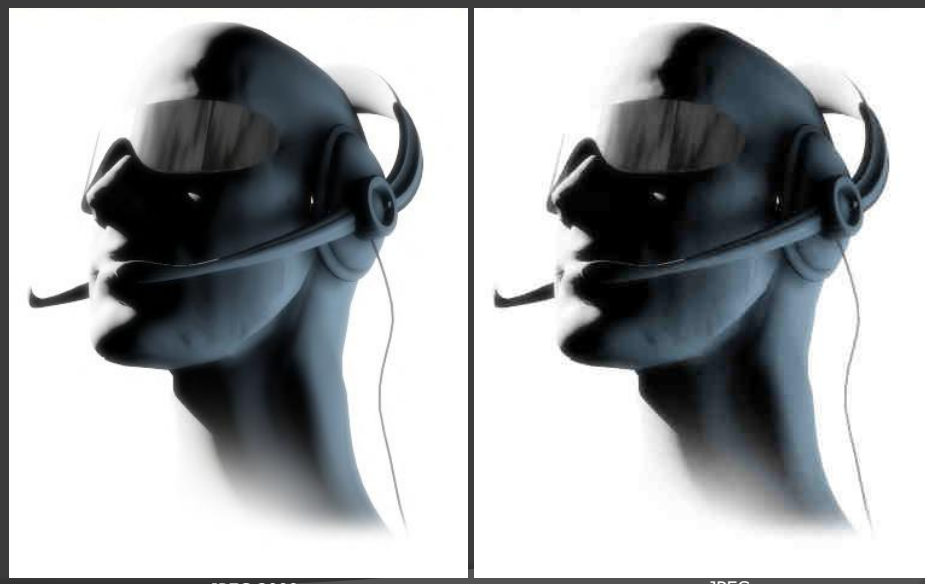
39

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

40

Formaty obrazu – JPEG2000 (*.jp2)



JPEG 2000 rozmiar: ok. 9300 B JPEG

41

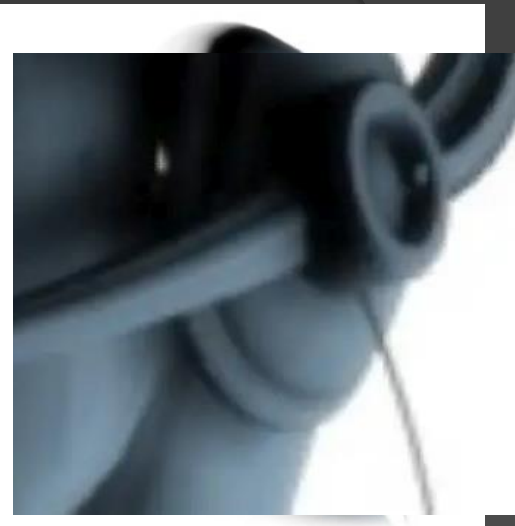
Formaty obrazu – WebP

- rozwijany i promowany przez Google od 2010 roku
  - ma zastąpić JPG, PNG i GIF na stronach internetowych
- tryb stratny
  - bazujący na kodowaniu wewnątrzramkowym stosowanym w kodeku VP8
  - transformacja blokowa (podobna do DCT)
  - predykcja przestrzenna
- tryb bezstratny
  - własny algorytm (niezależny od VP8) wykorzystujący predykcję kolorów pikseli w poszczególnych kanałach
  - kodowanie LZ77 + Huffmana

42

Formaty obrazu – WebP

- obsługa przezroczystości (kanał alfa)
- możliwość tworzenia animacji
- lepsza jakość niż w JPEG/PNG przy podobnej wielkości pliku
- w trybie stratnym
  - artefakty w postaci rozmycia obrazu
  - kodowanie wolniejsze niż w JPG



rozmiar: ok. 16 kB

43

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

44

Formaty obrazu – HEIF (*.heic)

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

- 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]

[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. Malamal 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.

45

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

46

Formaty obrazu – AVIF (*.avif)

- AVIF - AV1 Image File Format
  - kodowanie wewnątrzramkowe wykorzystywane w kodeku AV1
  - kontener HEIF
  - otwarty i darmowy
- wprowadzony w 2019 roku
- rozwijany zwłaszcza przez Netfliksa
  - według badań Netfliksa [3]
    - lepsze odwzorowanie szczegółów
    - mniej widocznych bloków
    - mniej rozmywania kolorów i krawędzi

Mavlankar, Aditya; De Cock, Jan; Concolato, Cyril; Swanson, Kyle; Moorthy, Anush; Aaron, Anne (13 February 2020). "AVIF for Next-Generation Image Coding". The Netflix Tech Blog. https://netflixtechblog.com/avif-for-next-generation-image-coding-b1d75675fe4

47

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.

48