

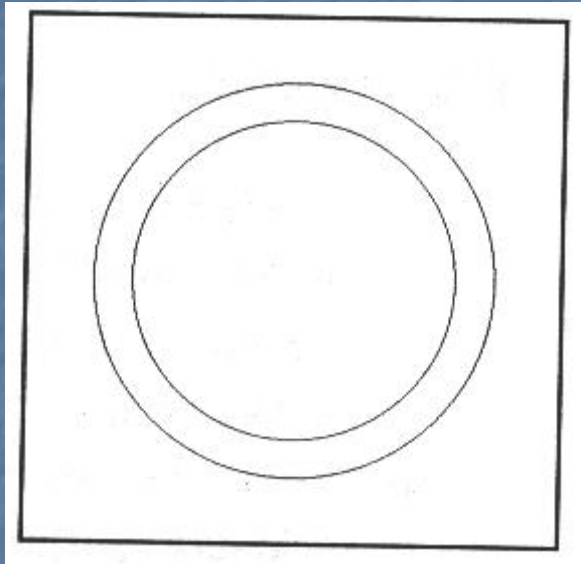
Cyfrowe przetwarzanie i kompresja danych

dr inż. Wojciech Zając

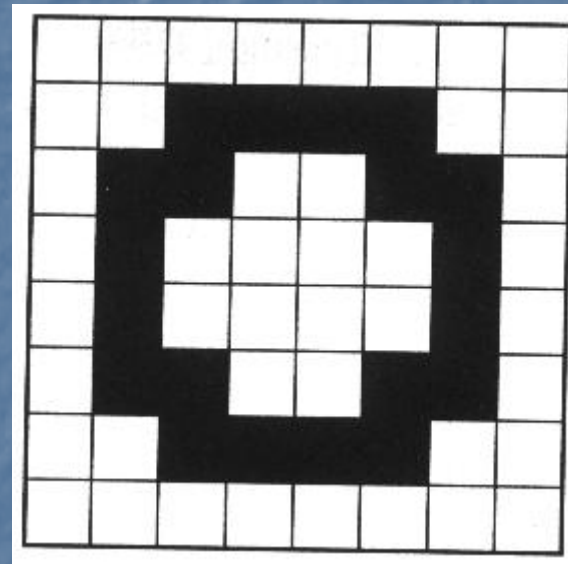
Wykład 7.

Standardy kompresji obrazów nieruchomych

Obraz cyfrowy – co to takiego?



OBRAZ ANALOGOWY



OBRAZ CYFROWY
PRÓBKOWANY 8x8

Kompresja danych

- Dlaczego kompresja jest potrzebna

Użytkownik 1

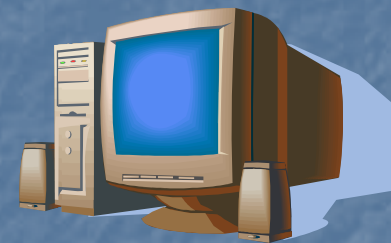


obraz 1 000 x 1 000 pikseli
rozmiar około 3MB

Linia telefoniczna 9600 bodów



Użytkownik 2



Czas transmisji obrazu 40 min

Kompresja danych (c.d.)

- Nadmiarowość danych:
 - Sąsiednie piksele mają zwykle podobny kolor
 - Obrazy są obiektami dwuwymiarowymi i całe obszary mogą różnić się tylko nieznacznie kolorem
 - W typowych obrazach wykorzystywana jest tylko niewielka ilość kolorów z wszystkich możliwych do zapisania

Kompresja danych (c.d.)

Kompresja



bezstratna

stratna

Kompresja bezstratna

- Stosowana w sytuacjach, w których musimy mieć pewność, że po dekompresji otrzymamy dokładnie te same dane, które były kompresowane (np. w medycynie)
- Nazywana także kompresją odwracalną

Kompresja stratna

- Stosowana wtedy, kiedy nie jest wymagana absolutna zgodność obrazu po dekompresji z obrazem przed kompresją
- Stosowane metody opierają się na transformacjach obrazu
- Matematyczne podstawy kompresji stratnej są bardziej skomplikowane niż dla metod bezstratnych

Wybrane metody kompresji bezstratnej

Kodowanie ciągów identycznych symboli (RLE)

- Obrazy zawierają często fragmenty składające się z pikseli o identycznym kolorze:

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

- Metoda RLE pozwala na efektywniejsze przechowywanie informacji o powtarzających się symbolach:

5	5	1	4	4	8	2	2	3	1	0	3	4	6	6	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

RLE - cechy

■ Zalety

- bardzo prosty algorytm
- bardzo duża prędkość kompresji i dekompresji

■ Wady

- skuteczny tylko dla obrazów, w których powtarzają się kolory sąsiednich pikseli

Metody słownikowe (LZ77)

- Idea algorytmu polega na kodowaniu ciągów symboli (pikseli) za pomocą odwołań do słownika
- Dopuszcza się jedynie dokładne odwzorowanie – ciągi ze słownika są identyczne z ciągami zastępowanymi

LZ77 - cechy

■ Zalety:

- dobra kompresja obrazów z paletą kolorów
- dobra szybkość kompresji i dekompresji

■ Wady:

- kiepska kompresja obrazów w odcieniach szarości oraz kolorowych bez palety kolorów

PNG

- Standard reprezentacji obrazów opracowany w odpowiedzi na rozpoczęcie egzekwowania należności z tytułu wykorzystywania patentu na metodę kompresji LZW (odmiana LZ77) w plikach GIF
- Pozwala na reprezentowanie obrazów z paletą kolorów w odcieniach szarości oraz kolorowych

PNG (c.d.)

- Każda składowa koloru może przyjmować maksymalnie jedną z 65536 wartości
- Jako metodę kompresji zastosowano algorytm Deflate (odmiana metody LZ77)

PNG - predykcja

- W celu poprawy współczynnika kompresji nie kompresuje się danych takich jakie one są
- Na podstawie pikseli, które wystąpiły do tej pory dokonywana jest predykcja koloru kolejnego piksela
- Kodowana jest następnie tylko różnica pomiędzy wartością przewidywaną a rzeczywistą

PNG - cechy

■ Zalety:

- wydajny algorytm bezstratnej kompresji
- dobra prędkość działania
- możliwość reprezentacji praktycznie dowolnych obrazów
- rosnąca popularność

■ Wady:

- istnieją bezstratne metody oferujące lepszą kompresję
- bardzo słaby współczynnik kompresji w porównaniu z metodami stratnymi

Algorytmy bezstratne – czego nie można skompresować

- strumienie liczb losowych
- strumienie liczb pseudolosowych
- dane skompresowane za pomocą tego samego lub innego algorytmu

Wybrane metody kompresji stratnej

Zmniejszenie liczby barw

- Metoda stosowana dla obrazów o bardzo dużej liczbie barw
- Polega na ograniczeniu liczby barw co skutkuje zmniejszeniem liczby bitów potrzebnych do zakodowania każdego piksela

Zmniejszenie liczby barw - cechy

■ Zalety

- prostota działania

■ Wady

- działa tylko dla obrazów o bardzo dużej liczbie kolorów
- od sposobu doboru barw zależy stopień pogorszenia się jakości obrazu

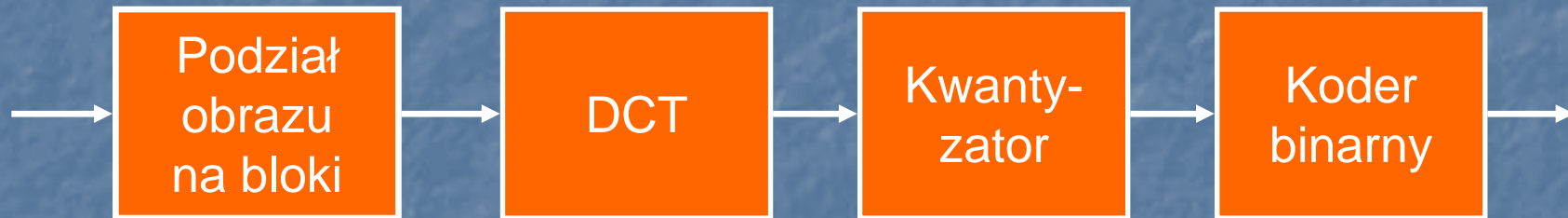
Kompresja stratna - JPEG

- Standard *Digital Compression and Coding Continuous-Tone Still Images* znany jako JPEG od nazwy organizacji, która go opracowała
- Metoda przeznaczona głównie do kompresji obrazów naturalnych (mało ostrych krawędzi i detali)

Narodziny formatu JPEG

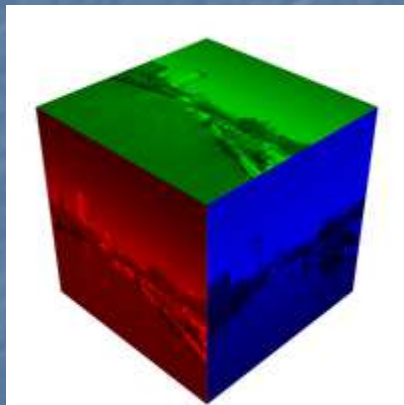
- Początek prac – 1986 rok
- Prace prowadzone przez zespół ekspertów nazywany *Joint Photographic Experts Group*
- Standard opublikowany w 1991 roku

JPEG – idea algorytmu

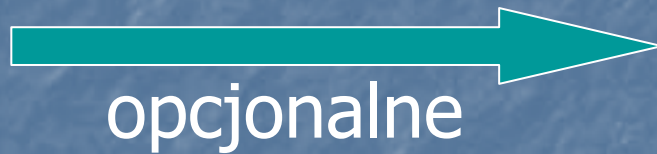


Algorytm JPEG krok po kroku

- Obraz jest konwertowany z RGB (czerwony-zielony-niebieski) na jasność (luminację) i dwa kanały barwy (chrominację)



RGB



YUV

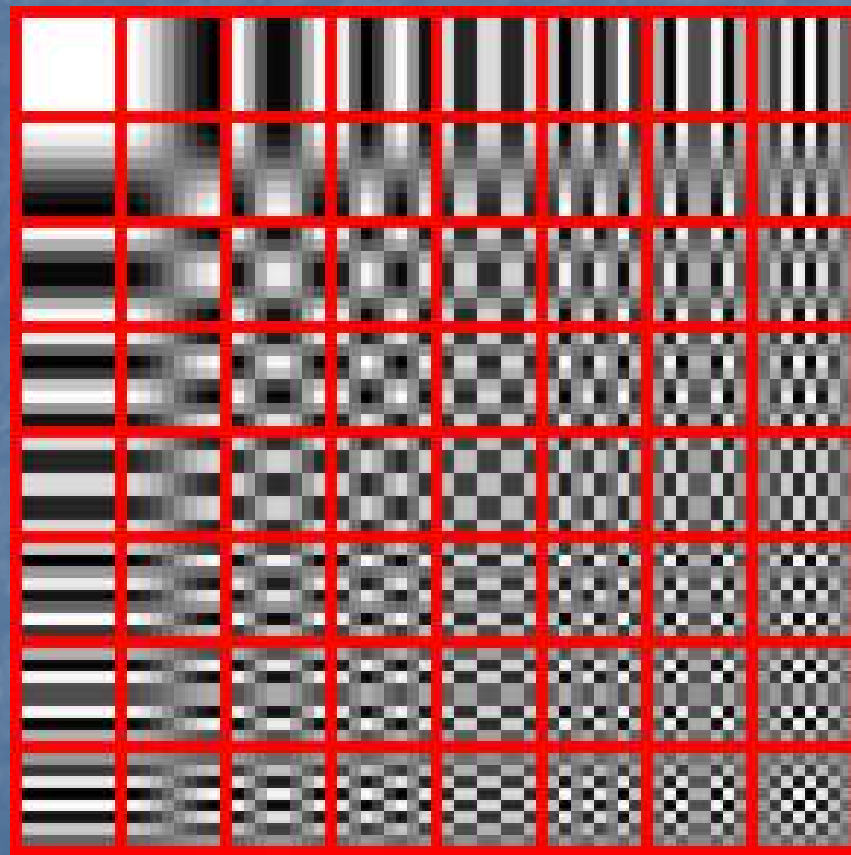
Algorytm JPEG krok po kroku

- Odrzucenie części pikseli kanałów barwy
- Ludzkie oko ma niższą rozdzielczość barwy niż rozdzielczość jasności
- Redukcja 2 do 1 lub 4 do 1

Algorytm JPEG krok po kroku

- Podział kanałów na bloki 8x8
- Na blokach wykonywana jest dyskretna transformata kosinusowa (DCT)
- Transformata DCT jest odwracalna

Algorytm JPEG krok po kroku

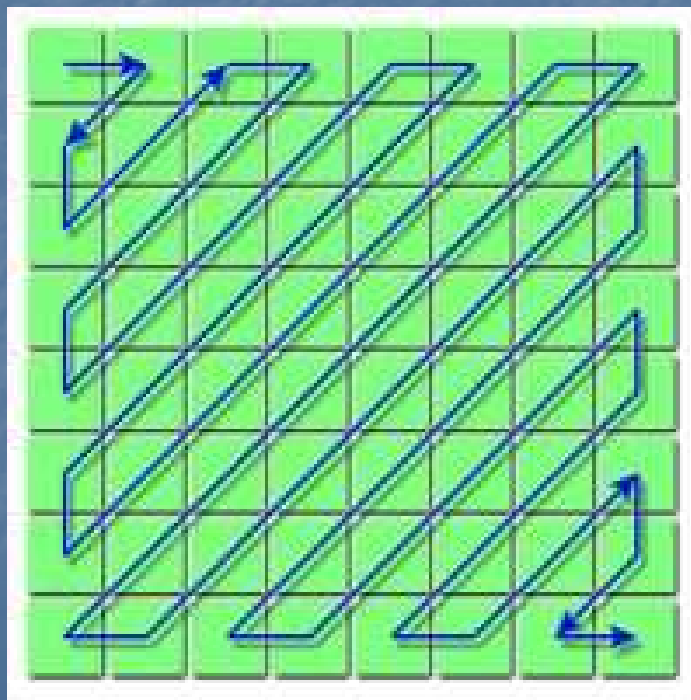


Algorytm JPEG krok po kroku

- W wyniku transformaty DCT otrzymuje się dla bloku 64 współczynniki
- Kwantyzacja współczynników
- Kodowanie współczynników w kolejności typu ZigZag

Algorytm JPEG krok po kroku

- Kolejność typu ZigZag wybierania współczynników:



Algorytm JPEG krok po kroku

- Współczynniki niezerowe są kodowane metodami kompresji bezstratnej – najczęściej kodami Huffmana
- Można dane optymalizować poprzez filtry wygładzające
- Typowy współczynnik kompresji dla obrazu 24 bity/piksel wynosi 30:1
- Większa rozdzielczość – lepsze efekty

JPEG - cechy

■ Zalety

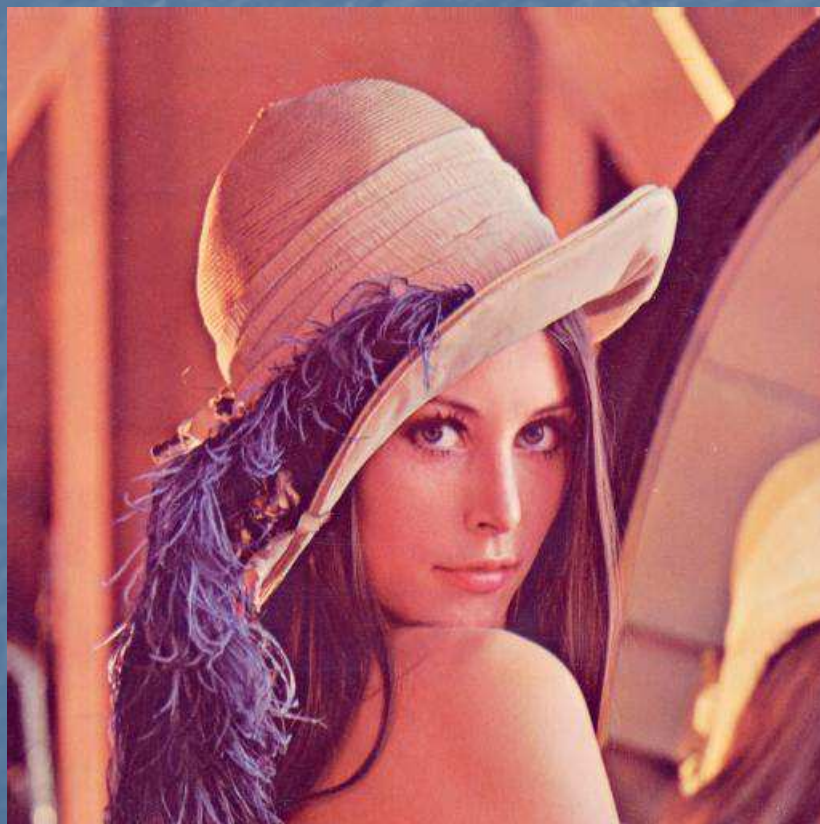
- bardzo dobre współczynniki kompresji
- możliwość dobierania współczynnika kompresji
- bardzo duża popularność metody

■ Wady

- lepszy współczynnik kompresji oznacza pogorszenie jakości obrazu
- istnieją lepsze algorytmy

JPEG – przykładowe wyniki

20:1



50:1

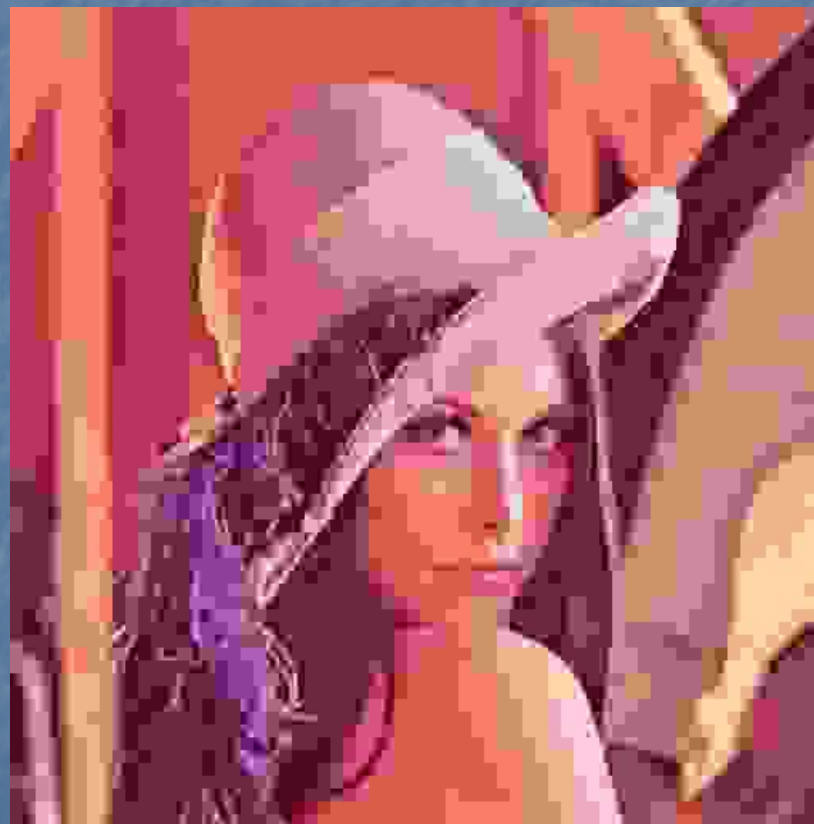


JPEG – przykładowe wyniki

100:1



200:1



JPEG - przykłady

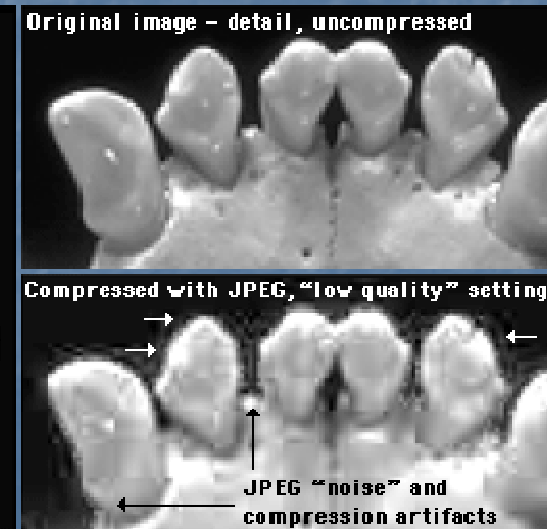
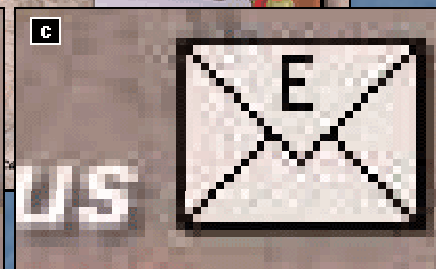
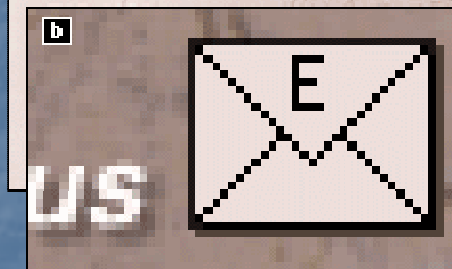
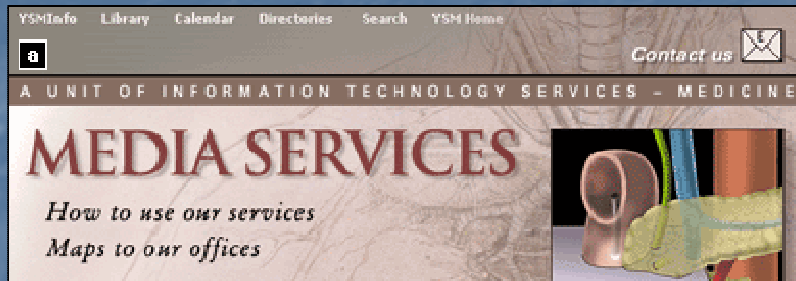


196662b



4070b

JPEG - przykłady



Standard kompresji JPEG2000 (JP2K)

Rys historyczny

- W marcu 2000 roku na spotkaniu w Tokio zespół projektowy poinformował o zakończeniu prac nad standardem JPEG2000.

Charakterystyka standardu

- JPEG2000 pozwala na:
 - określenie przez użytkownika stopnia dokładności wyświetlania obrazu,
 - wyświetlanie fragmentów obrazu z większą jakością niż pozostałe jego części (ROI - Region of Interest),
 - skalowanie, obracanie i filtrowanie
- Format dopuszcza bezstratny zapis obrazu.
- Podobnie jak w formacie GIF, w pliku mogą być zapisywane informacje o poszczególnych klatkach animacji - Metadane.

JPEG a JP2K

- Algorytm kompresji JPEG-a dzieli obraz na bloki o rozmiarach 8 x 8 pikseli, a następnie każdy z nich poddawany jest transformacji kosinusowej. W JPEG2000 operacja transformacji przeprowadzana jest na całości, a nie na fragmentach obrazu.
- W JPEG2000 przy dużym stopniu kompresji pojawiają się też zniekształcenia, lecz mają nieregularne kształty, przez co obraz ma o wiele lepszy wygląd niż w standardowej metodzie kompresji.

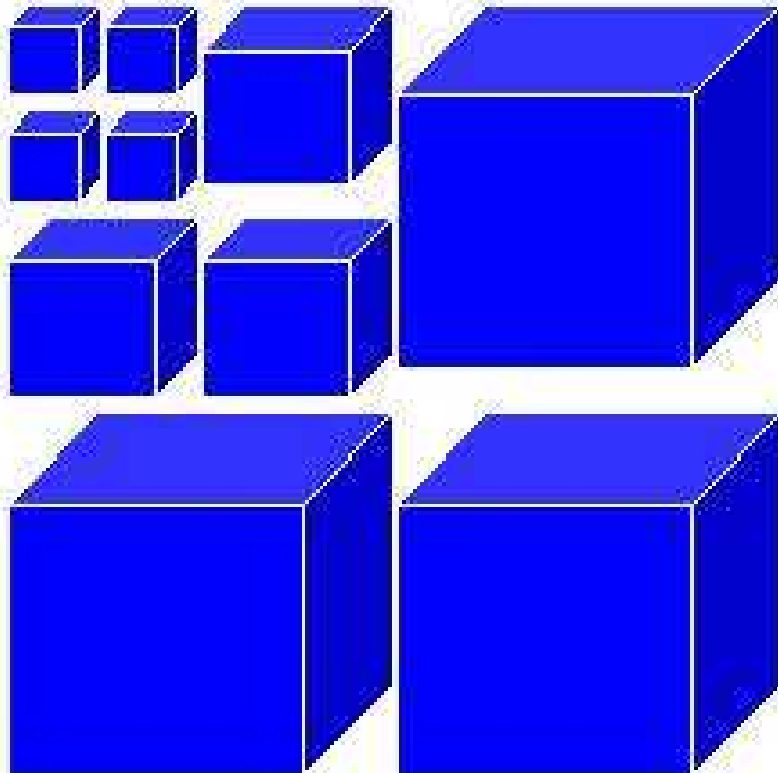
Działanie algorytmu

- Pierwszym etapem jest transformacja obrazu z wykorzystaniem falek w macierz.
- Otrzymana po tym etapie obróbki obrazu macierz jest „czyszczona” celem wyeliminowania części informacji o obrazie. Usuwane są głównie szumy
- Po zakończeniu tego etapu obraz poddawany jest kwantyzacji.

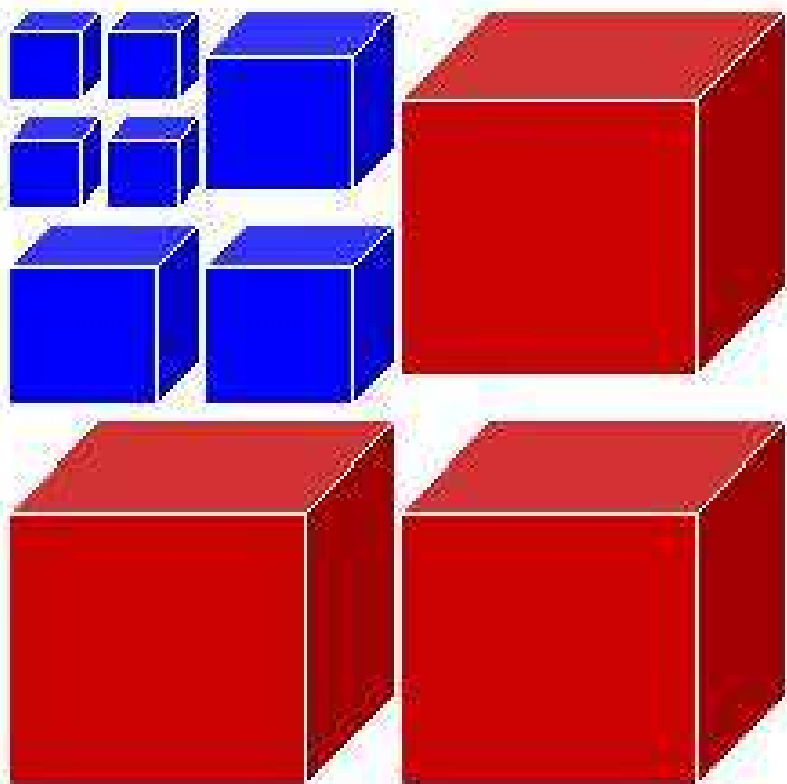
Co to są falki?

- W przypadku transformaty falkowej, najbardziej charakterystyczne jest to, że w odróżnieniu od funkcji sinus i cosinus, indywidualne funkcje falkowe są, dobrze zlokalizowane w czasie i jednocześnie, podobnie jak sinus i cosinus, indywidualne falki są dobrze zlokalizowane w częstotliwości
- Falki są funkcjami stosowanymi do aproksymacji przebiegu funkcji
- Dowolną funkcję można aproksymować jako złożenie wielu funkcji otrzymanych z przekształcenia falki macierzystej

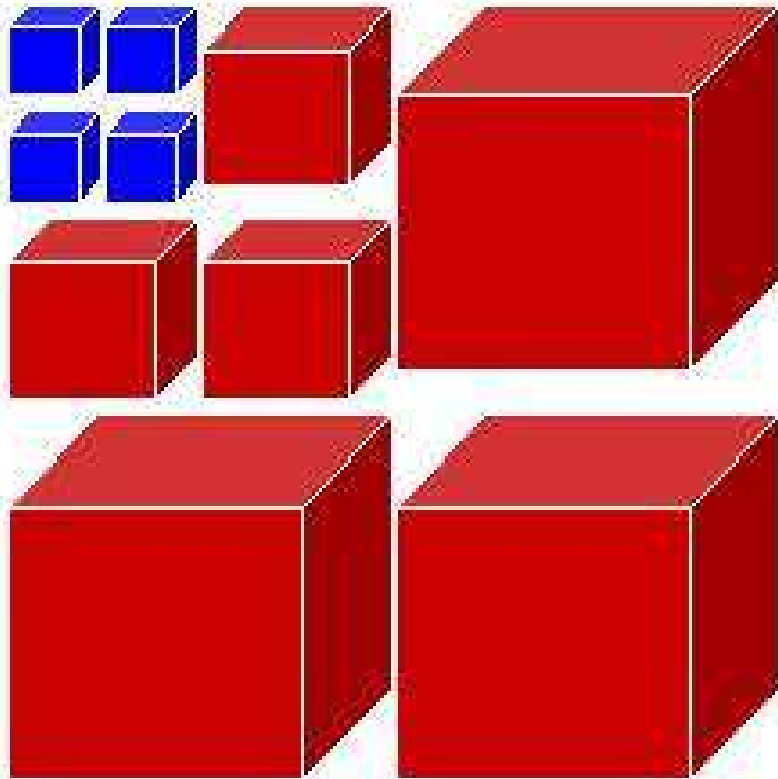
Kompresja falkowa wielkości (1)



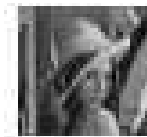
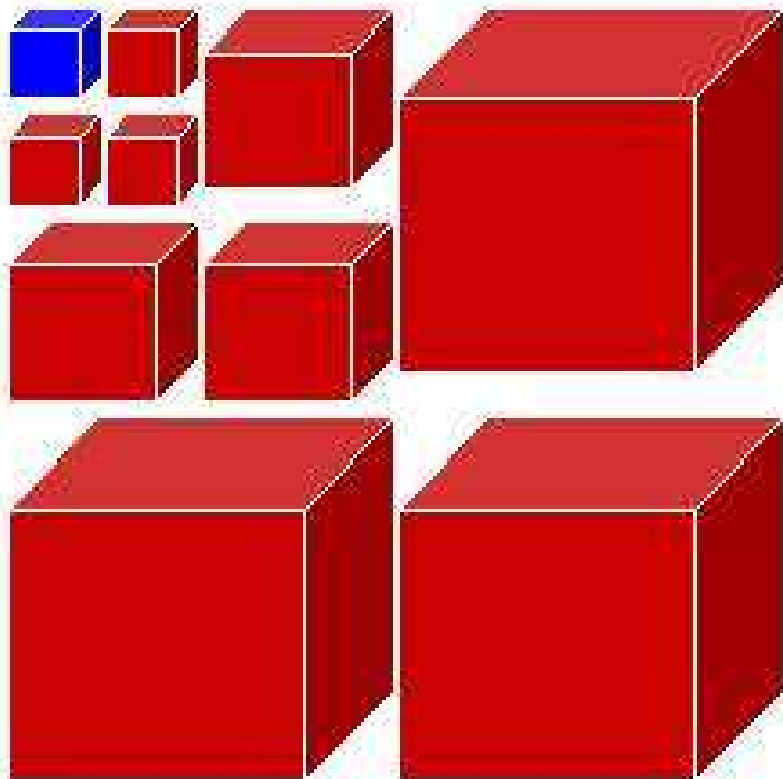
Kompresja falkowa wielkości (2)



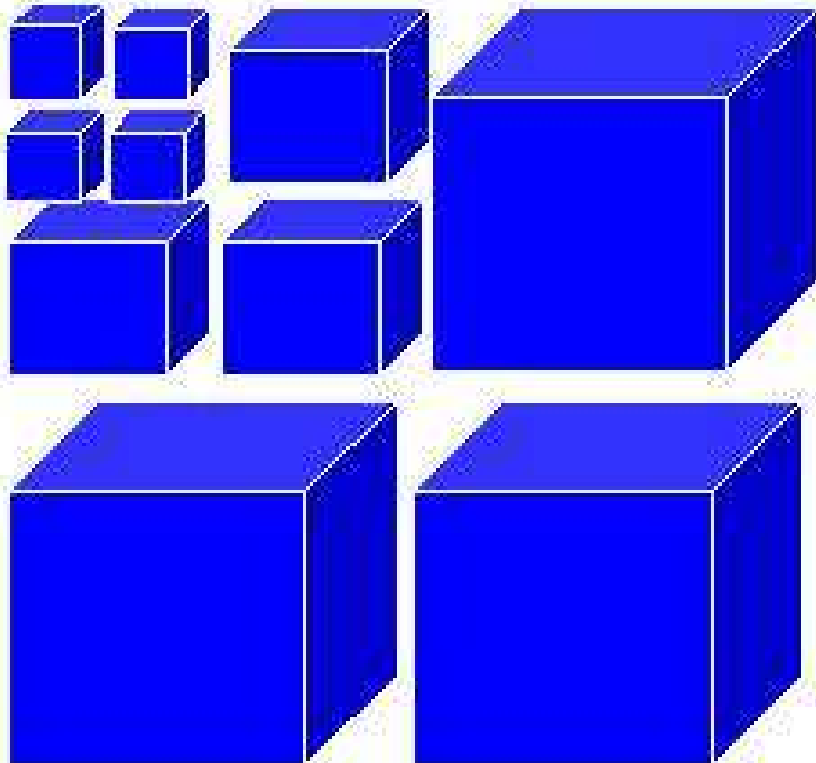
Kompresja falkowa wielkości (3)



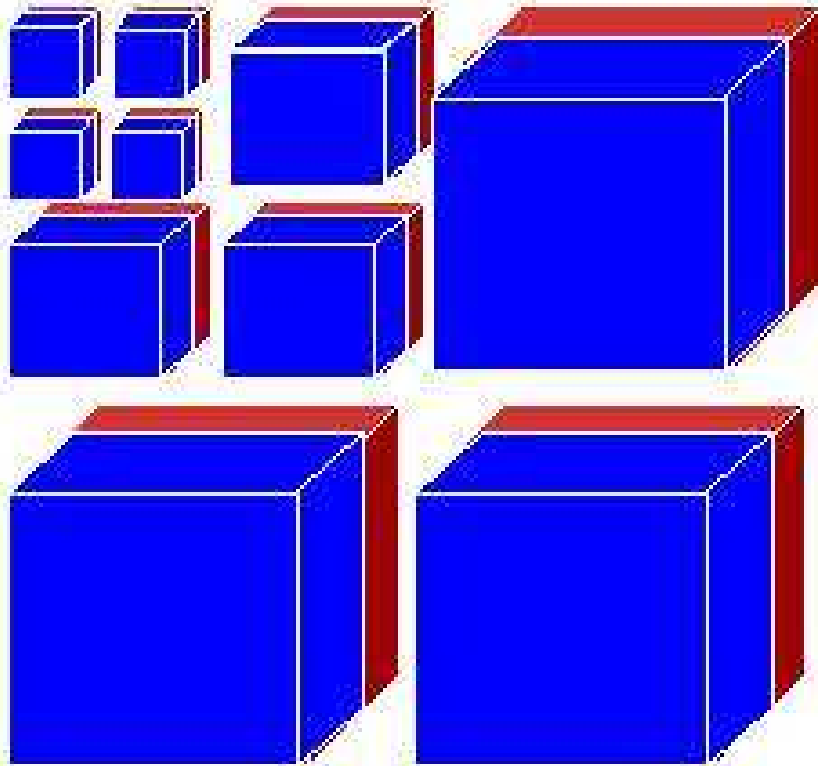
Kompresja falkowa wielkości (4)



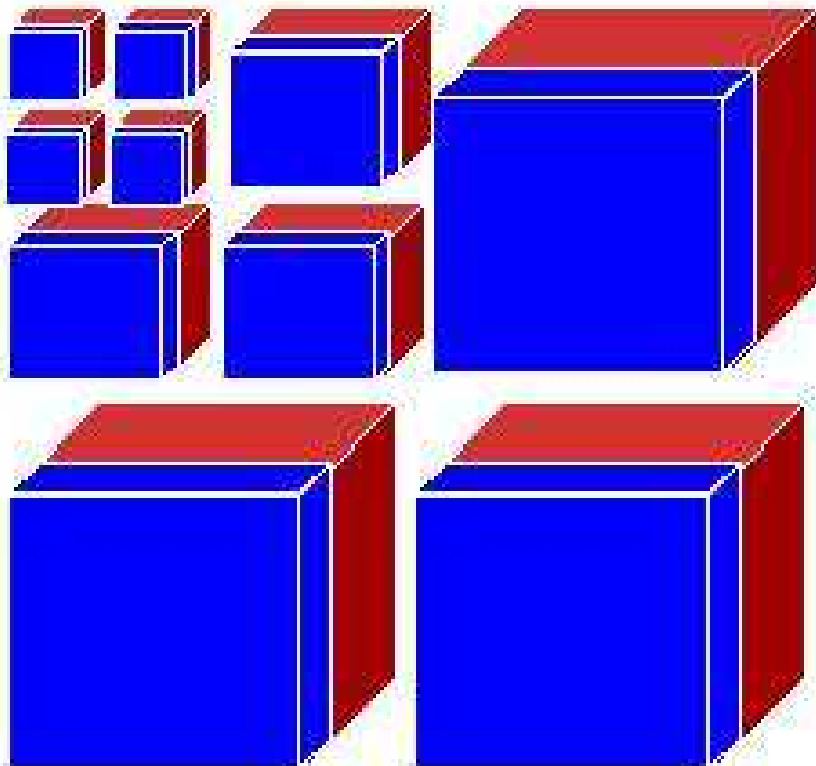
Kompresja falkowa jakości (1)



Kompresja falkowa jakości (2)



Kompresja falkowa jakości (3)



Przebieg kompresji falkowej na przykładzie



ROI – Region of Interest



Obraz ze zdefiniowanym ROI



Zdekodowany obraz
z uwzględnieniem ROI

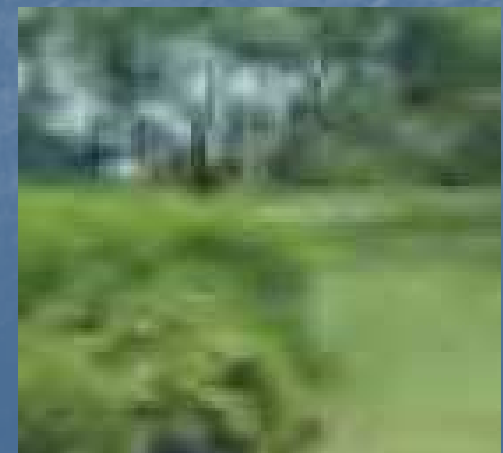
ROI – Region of Interest (2)



obraz 800x600,
oryginał



obraz 800x600,
odtworzony



Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (1)

JPEG 2000 (1.83 KB)



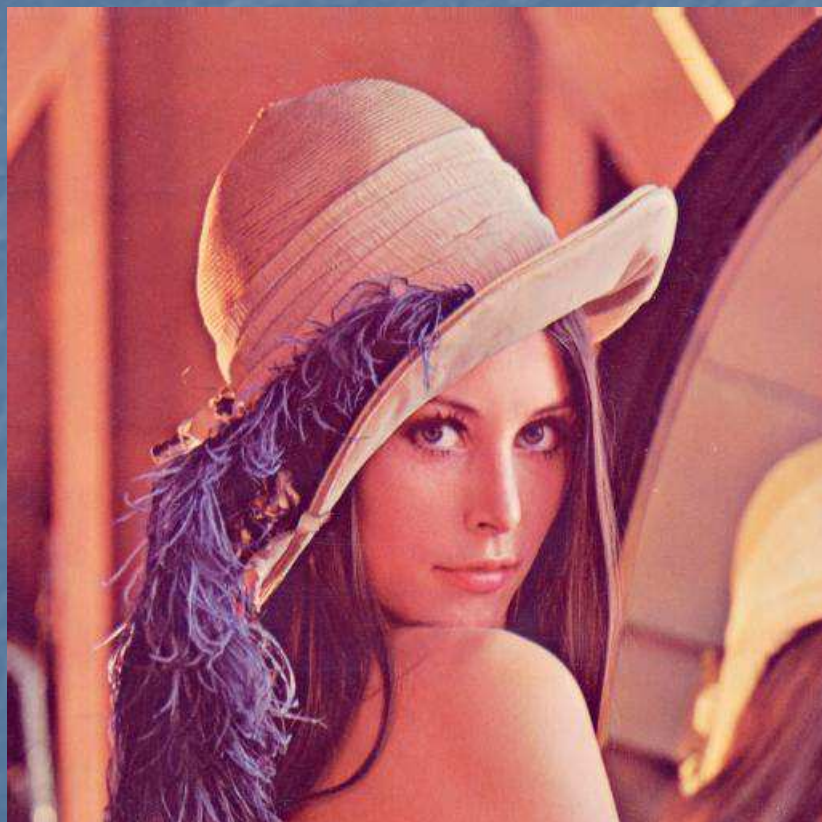
Original (979 KB)

JPEG (6.21 KB)



Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (2)

20:1



JEPG

20:1



JEPG2000

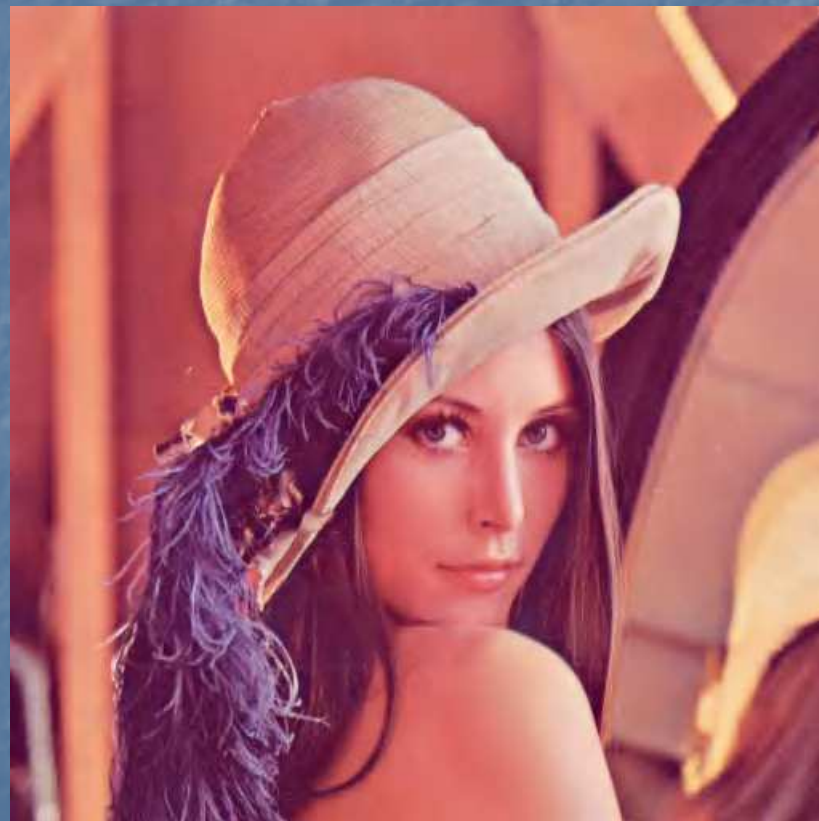
Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (3)

50:1



JPEG

50:1



JPG2000

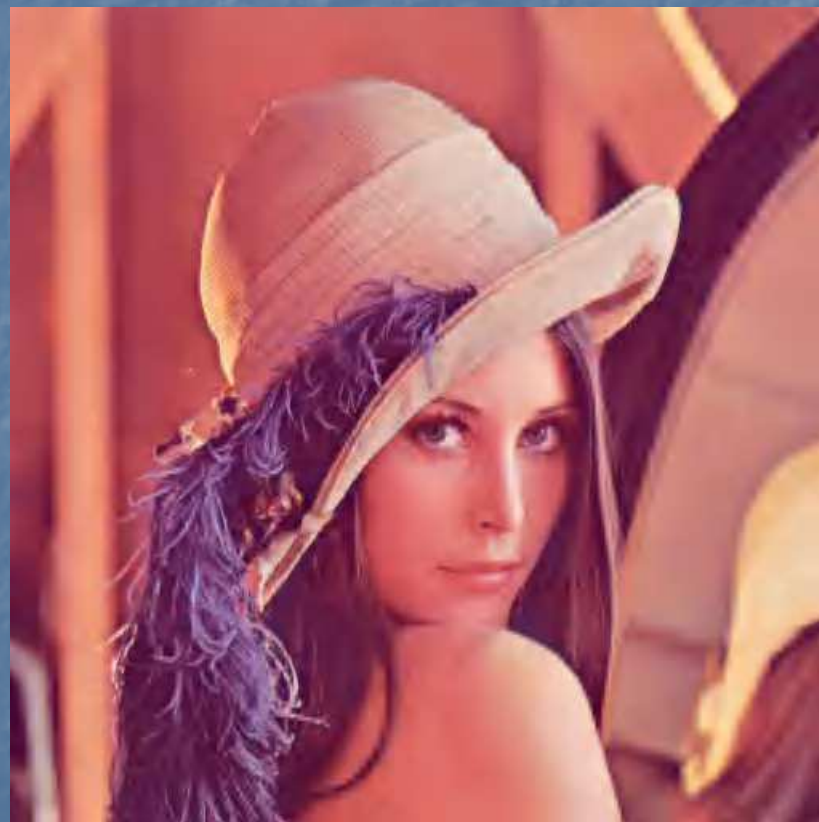
Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (4)

100:1



JPEG

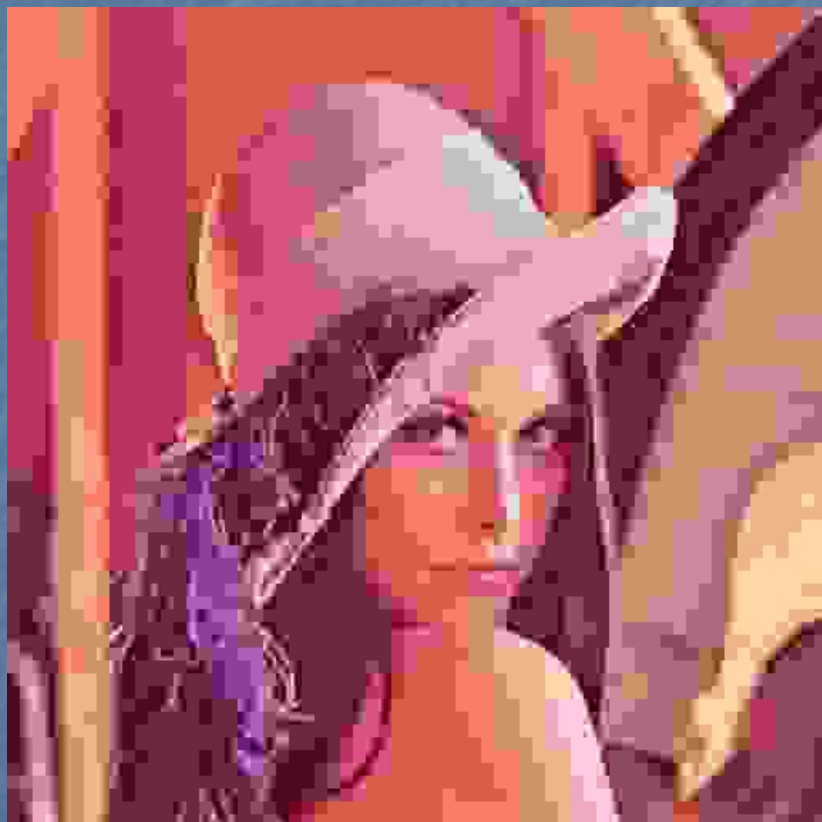
100:1



JPG2000

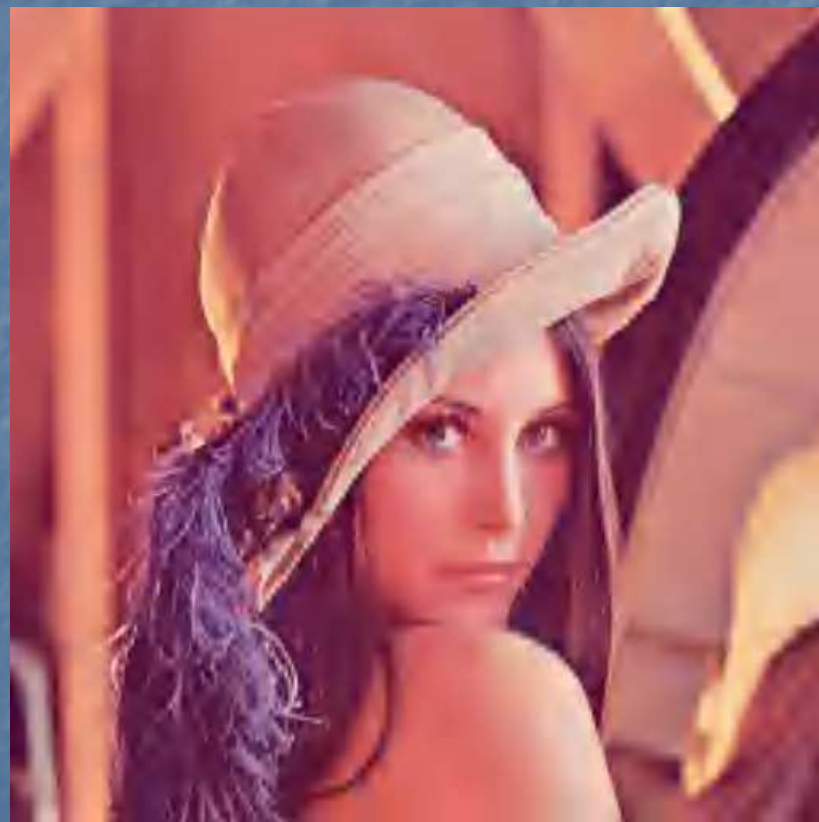
Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (5)

200:1



JPEG

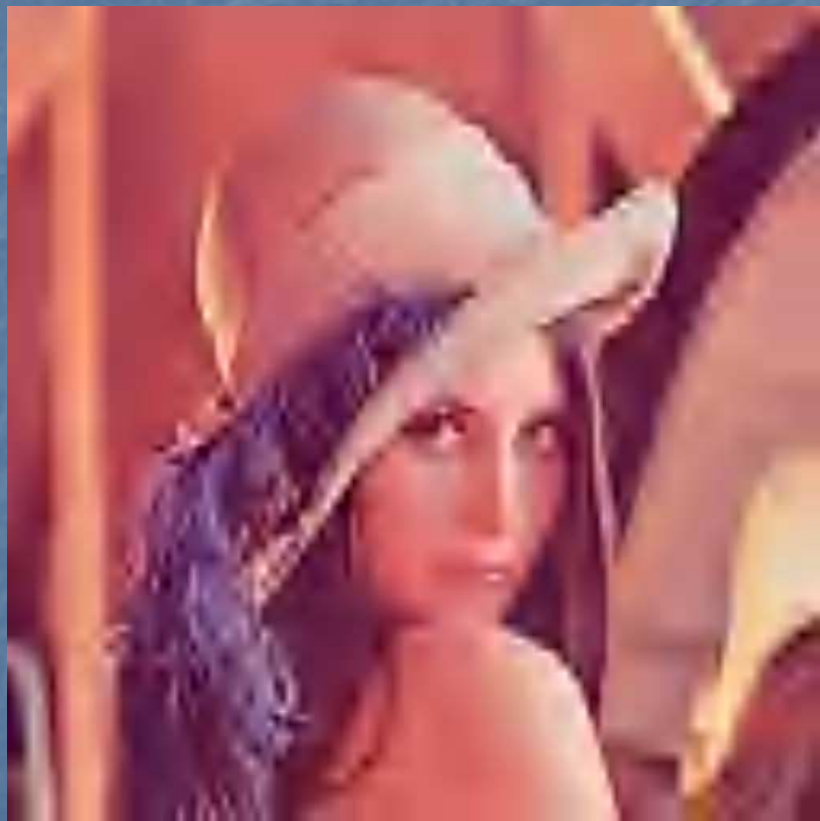
200:1



JPG2000

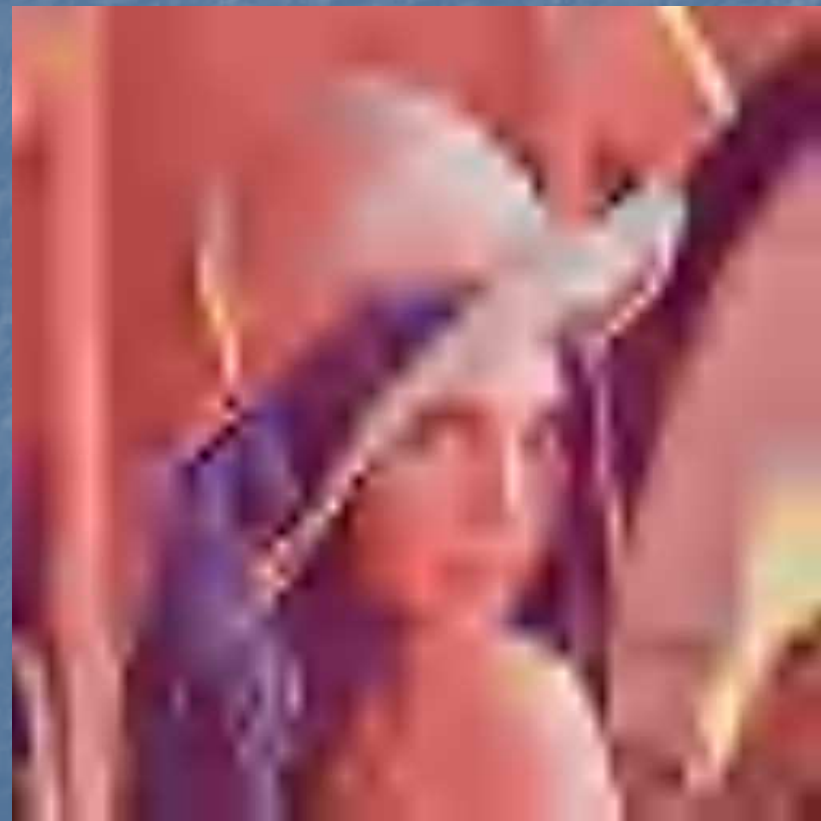
Porównanie wizualne JPEG z JPEG2000 (5)

500:1



JPEG2000

1000:1



JPEG2000

Przebieg rekonstrukcji obrazu (1)



JPEG2000

4%

JPEG



JPEG
progresywny



Przebieg rekonstrukcji obrazu (2)



JPEG2000

JPEG



JPEG
progresywny



8%

Przebieg rekonstrukcji obrazu (3)



JPEG2000

JPEG



JPEG
progresywny



13%

Przebieg rekonstrukcji obrazu (4)



JPEG2000

JPEG



JPEG
progresywny



50%

Zalety i wady

Zalety:

- Wysoki stopień kompresji przy małej wielkości pliku wynikowego
- Lepsza wizualna jakość kompresji w porównaniu z JPEG
- Możliwość zapisu klatek animacji
- Tzw. Metadane

Wady:

- Stosunkowo wolne działanie
- Niewielka, choć szybko rosnąca popularność
- Nie w pełni darmowy