KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*

Paweł Strumiłło

Wstęp do komputerowej analizy obrazów (7)

Zadanie nr 13 – Studia podyplomowe: „**Przetwarzanie i analiza obrazów biomedycznych**”

Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

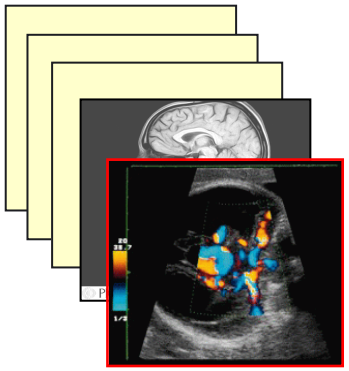
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Diagnostyka obrazowa

Rejestracja

Jedno badanie diagnostyczne wymaga archiwizacji obrazów o objętości danych rzędu setek MB



Archiwizacja
(bazy danych)

Prezentacja

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Potrzeba kodowania obrazów i wideo

Zapis **1 klatki barwnego obrazu** telewizyjnego o typowej rozdzielczości **640x576** punktów wymaga ok. **1.1 MB** pamięci cyfrowej.

Z prostych obliczeń wynika, że **25 takich obrazów** wyświetlanych w ciągu sekundy zajmie już ok. **28MB** pamięci. Zatem na płycie **CD-ROM** o standardowej pojemności **650MB** zmieści się film o długości **25s**, a na płycie **DVD** o pojemności **17GB** film o długości nie większej niż **10min**.

Wiemy z praktyki, że zarówno na dysku **CD-ROM** jaki na płycie **DVD** mieszczą się **kilkugodzinne filmy**.

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Techniki kompresji obrazu

<u>Cel:</u> usunięcie z obrazu nadmiarowej informacji,

np. Ala ma kota

- **bezstratne** wykorzystujące statystyczne własności obrazu (histogram obrazu) → CR~ kilka
- **bezstratne** wykorzystujące „podobieństwo" przestrzenne punktów obrazu → CR~ kilka
- **bezstratne** i **stratne** wykorzystujące techniki transformacji obrazu → CR~ kilka-kilkadziesiąt

CR (ang. **Compression Ratio**) – współczynnik kompresji

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kodowanie RLE (Run Length Encoding)

- Bezstratne: wykorzystujące „podobieństwo” przestrzenne punktów obrazu

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

np. obraz z faxu

8*8=64 bajty

Kodujemy obraz za pomocą par:

(długość ciągu, jasność)

Dla obrazu obok:

Pierwszy wiersz: (8,0)=2bajty
Drugi wiersz: (1,0), (6,1), (1,0) = 6bajtów
Trzeci wiersz:(1,0), (1,1), (4,0), (1,0), (0,0)= 10bajtów

.....

Cały obraz: **56 bajtów**

kompresja

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kodowanie predykcyjne

Rozważmy ciąg symboli $\{s_i\}$:

1	2	5	7	2	-2	0	-5	-3	-1	1	-2	-7	-4	-2	1	3	4

Spróbujmy **„przewidzieć”** następny symbol dodając 2 do poprzedniego.

Obliczmy różnicę pomiędzy wartościami kolejnych symboli a „przewidywanymi” wartościami:

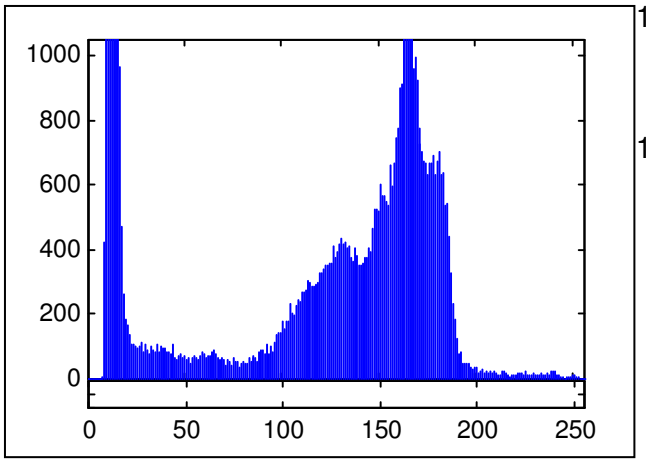
$$e_i = s_i - (s_{i-1} + 2)$$

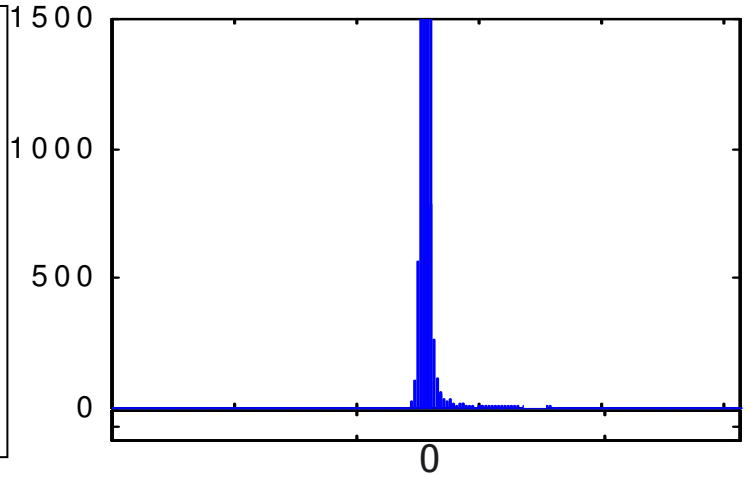
1	-1	1	0	-7	-4	0	-7	0	0	0	-5	-7	1	0	1	0	-1

Zauważamy, że w wynikowym ciągu występuje dużo symboli -1,0,1, a symbole o dużych wartościach występują rzadziej

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kodowanie predykcyjne





$$\{s_i\}$$

$$\{e_i\} = \{s_i - (s_{i-1} + 2)\}$$

Duża entropia, tj. średnio duża liczba bitów potrzebna do kodowania symbolu

Mała entropia, tj. średnio mała liczba bitów potrzebna do kodowania symbolu

Kodowanie predykcyjne jest wykorzystywane w telekomunikacji i MP3.

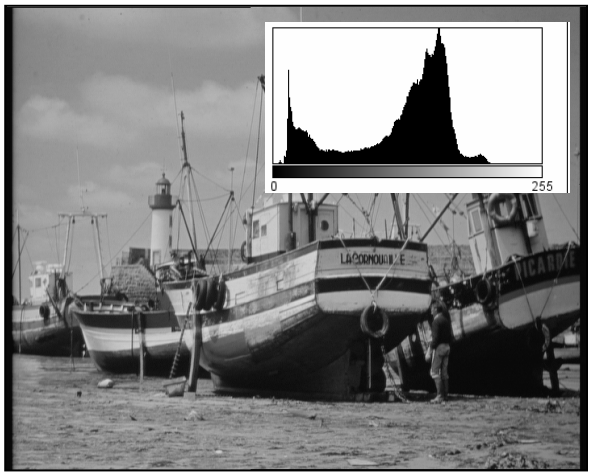
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przypomnienie:

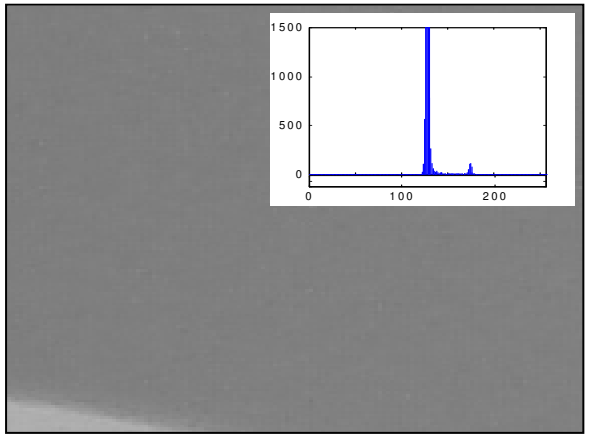
entropia obrazu

Obraz o mniejszej liczbie szczegółów ma mniejszą entropię (ważny parametr przy kodowaniu obrazów)

$$E = -\sum_{q=0}^{G-1} histn(q) \cdot \log_2(histn(q))$$



$E = 7.088$ bitów



$E = 2.9$ bitów

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Jak zbliżyć się do entropii obrazu? – kod Huffmana

l_k	$p(l_k)$	kod 1	$m^1(l_k)$	kod 2	$m^2(l_k)$
0	0.19	000	3	11	2
1	0.25	001	3	01	2
2	0.21	010	3	10	2
3	0.16	011	3	001	3
4	0.08	100	3	0001	4
5	0.06	101	3	00001	5
6	0.03	110	3	000001	6
7	0.02	111	3	000000	6

Średnia liczba bitów kodu 1 =3
Średnia liczba bitów kodu 2 =2.7

Zysk ~10%

Entropia obrazu =2.651 bitów

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Standard JPEG – Joint Picture Experts Group

JPEG jest skrótem angielskojęzycznej nazwy grupy ekspertów ***Joint Photographic Expert Group***, która opracowała specyfikację techniczną standardu kompresji obrazów o tej nazwie.

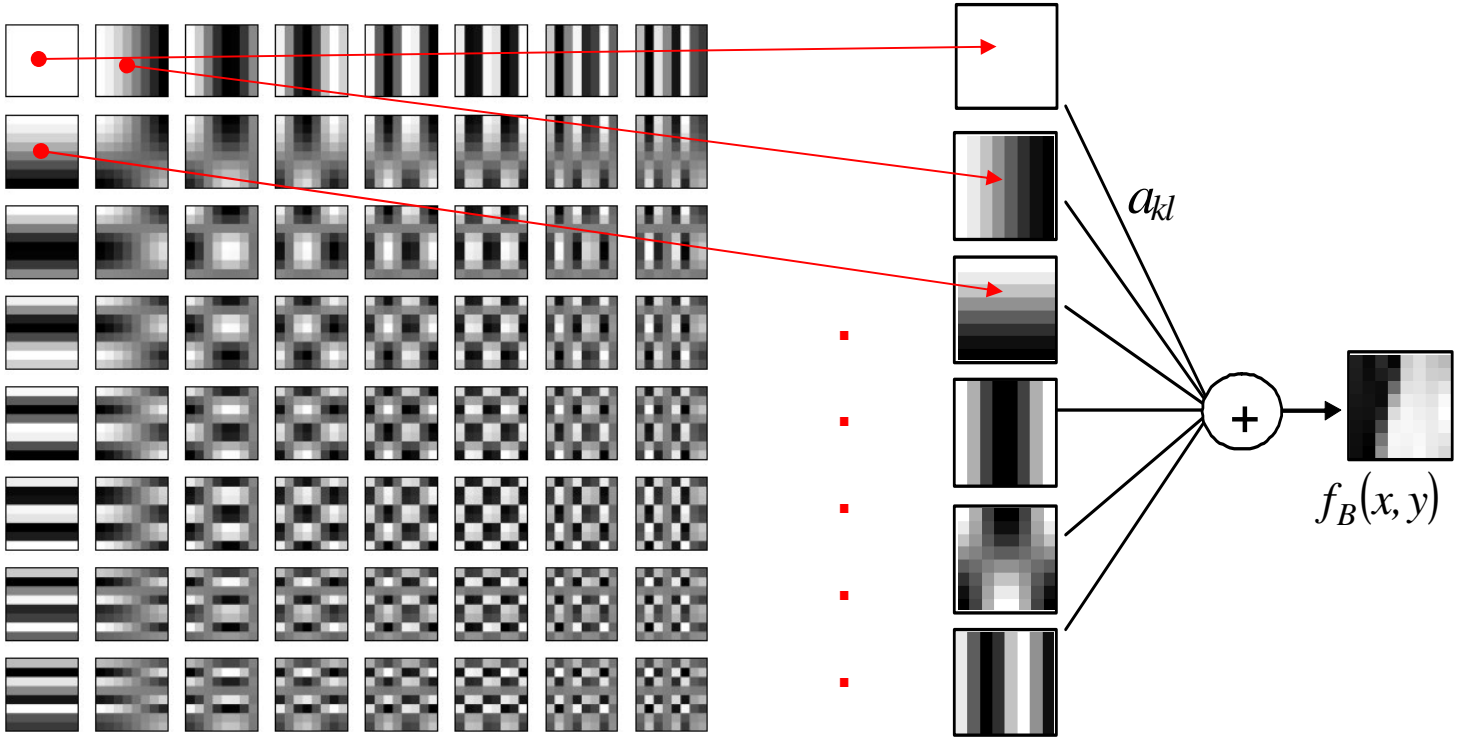
Standard ten jest przeznaczony do kompresji obrazów rastrowych barwnych oraz monochromatycznych.

Standard JPEG polega na wielostopniowym przetwarzaniu obrazu, w którym wykorzystuje się kilka technik kompresji danych w fazie kodowania obrazu (**koder JPEG**) oraz jego dekodowania (**dekoder JPEG**).

Znamienną częścią standardu jest zastosowanie dyskretnego przekształcenia kosinusowego (ang. ***Discrete Cosine Transform - DCT***) do kompresji obrazu podzielonego n bloki rozmiarze 8x8.

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Budowanie bloków obrazu z funkcji bazowych (przypomnijmy FFT)



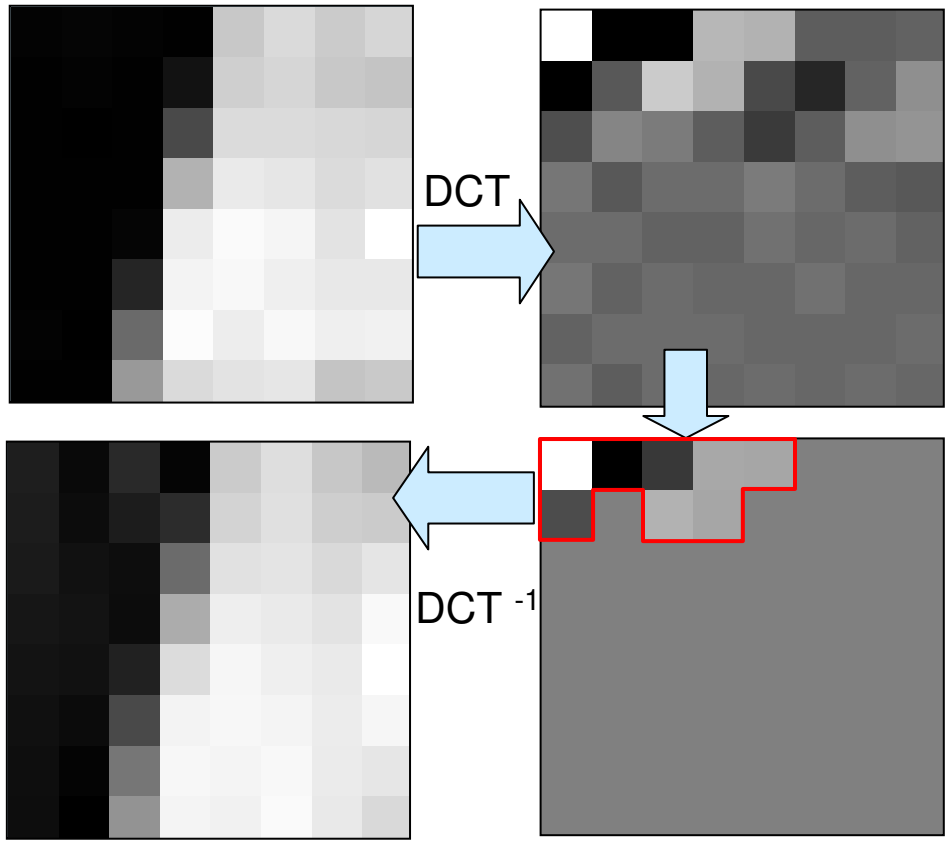
$$f_B(x,y) = \sum_{k=0}^{7}\sum_{l=0}^{7} a_{kl}\cos(k\omega_0 x)\cos(l\omega_0 y),\ \ dla\ \ x,y = 1,2,\ldots,7$$

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Standard JPEG – Joint Picture Experts Group

1. **Podziel obraz na bloki 8x8 punktów**
2. **Dla każdego bloku 8x8 wyznacz DCT**, tj. wyznacz dla każdego bloku jego współczynniki
3. **Dokonaj zaokrąglenia współczynników** (ew. wyzeruj współczynniki o małych wartościach, możesz inaczej kwantować składowe chrominancji i składowe luminancji obrazu).
4. **Zastosuj kod Huffmana**, który przydziela krótsze słowa binarne współczynnikom występującym często, a dłuższe współczynnikom występującym rzadko (tzw. kompresja źródła)
5. **Zakodowane dane zapisz** w pliku graficznym o rozszerzeniu **.jpg** wg specyfikacji podanej w rekomendacji JFIF (ang. *JPEG File Interchange Format*)

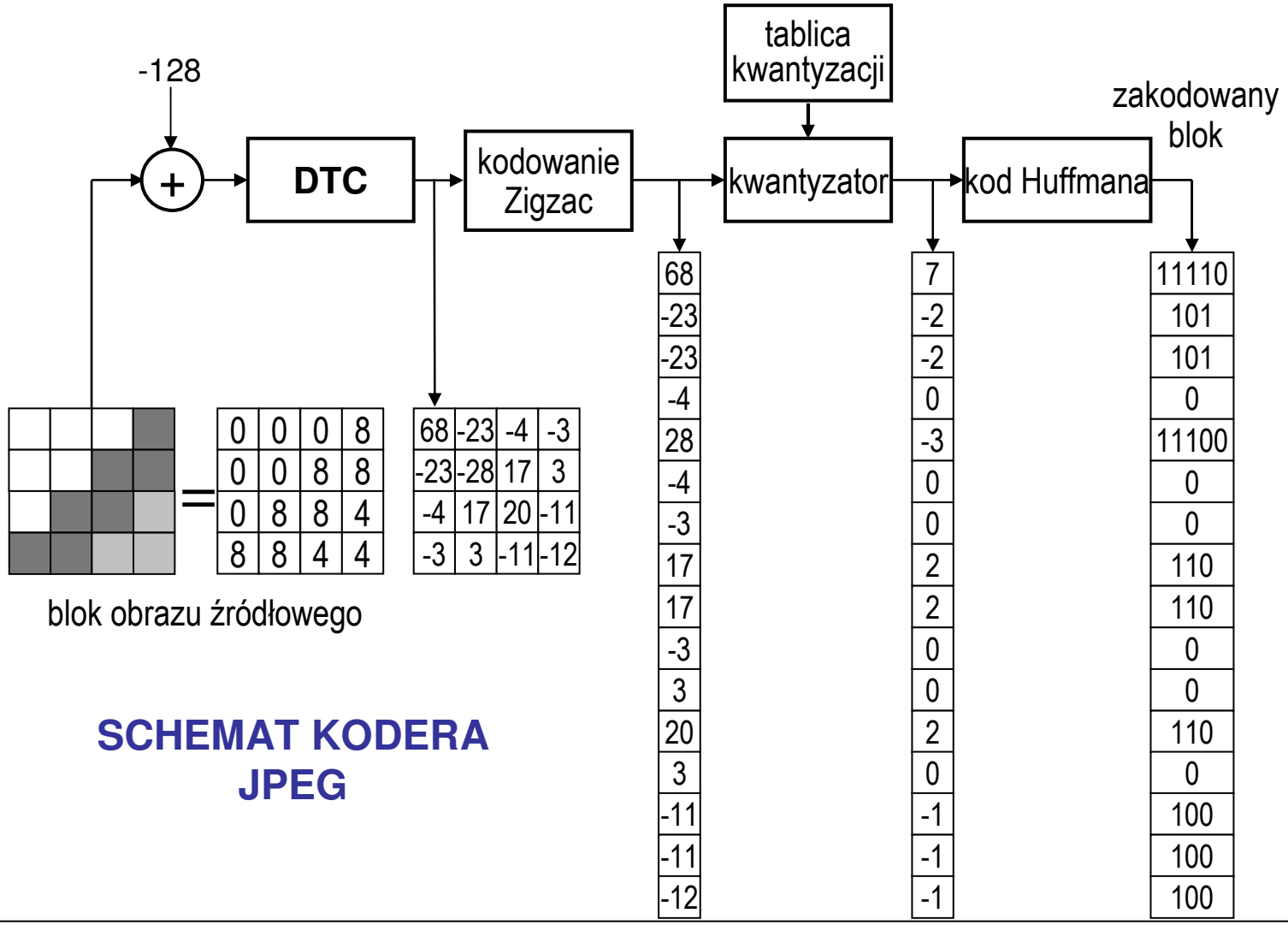
Przykład kodowania bloku obrazu



Kwantyzacja (zerowanie) współczynników

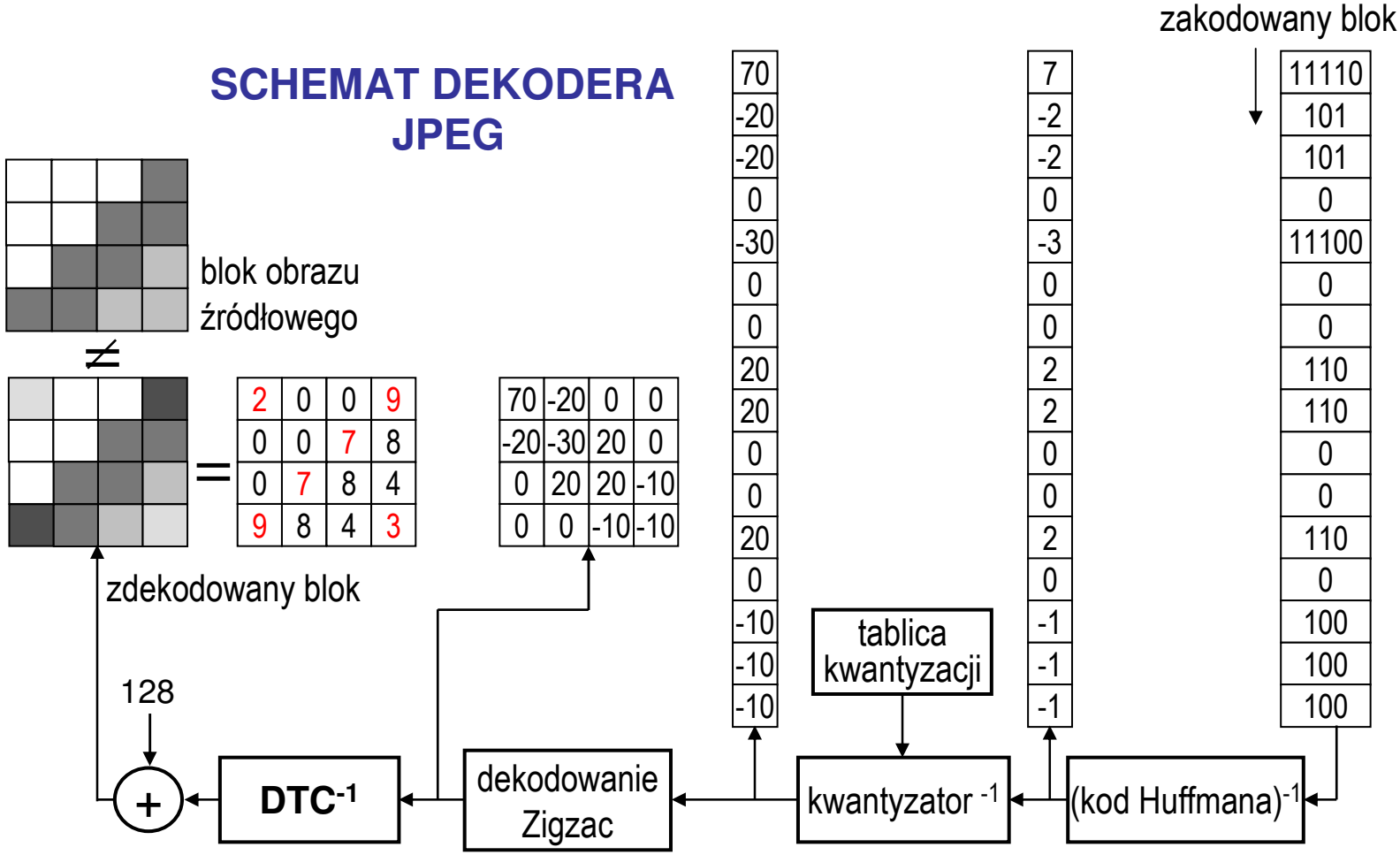
CR=8:1

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



SCHEMAT KODERA JPEG

SCHEMAT DEKODERA JPEG



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Właściwości JPEG

Zalety:

- powszechność (Internet, fotografia cyfrowa, diagnostyka obrazowa, wideo, telewizja), rozpoznawany przez wszystkie przeglądarki internetowe,
- duża skuteczność kompresji obrazów scen naturalnych, obrazów biomedycznych, tekstur (stopnie kompresji: od kilku do kilkudziesięciu),
- możliwa kontrola stopnia kompresji.

Wady:

- mała skuteczności kompresji grafiki wektorowej, szkiców, schematów,
- duże zniekształcenia obrazów (tzw. efekty blokowe) przy bardzo dużych stopniach kompresji,
- wymagany duży nakład obliczeń (wada mniej uciążliwa z uwagi na istnienie szybkiej DCT).

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Miary obiektywne do oceny jakości kodowanego obrazu

Błąd średniokwadratowy pomiędzy obrazem źródłowym, a obrazem kodowanym (ang. ***mean square error***):

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \left[f(x,y) - \hat{f}(x,y) \right]^2$$

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Miary obiektywne do oceny jakości kodowanego obrazu

Stosunek średniej energii obrazu do błędu średniokwadratowego, tzw. stosunek sygnału do szumu (ang. ***signal to noise ratio***):

$$SNR = 10 log_{10} \left(\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y)]^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2} \right)$$

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Miary obiektywne do oceny jakości kodowanego obrazu

Stosunek szczytowej jasności obrazu do błędu średniokwadratowego, tzw. szczytowy stosunek sygnału do szumu (ang. ***peak signal to noise ratio***):

$$PSNR = 10 log_{10} \left(\frac{MN\{max[f(x,y)]\}^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2} \right)$$

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Miary subiektywne do oceny jakości kodowanego obrazu

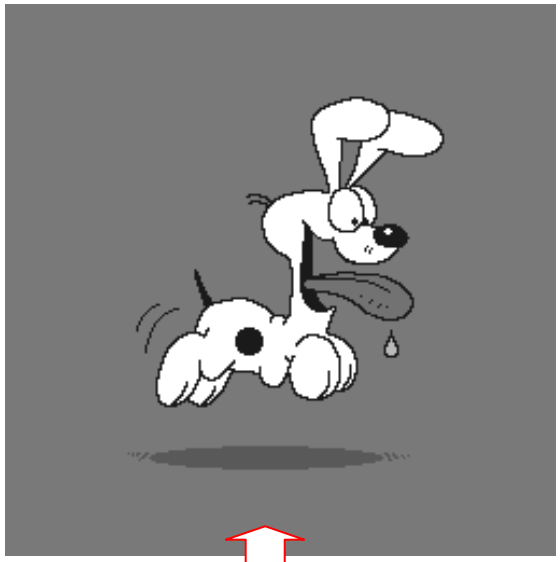
Obiektywne miary jakości są miarami uśrednionymi wyznaczanymi dla **całych obrazów**.

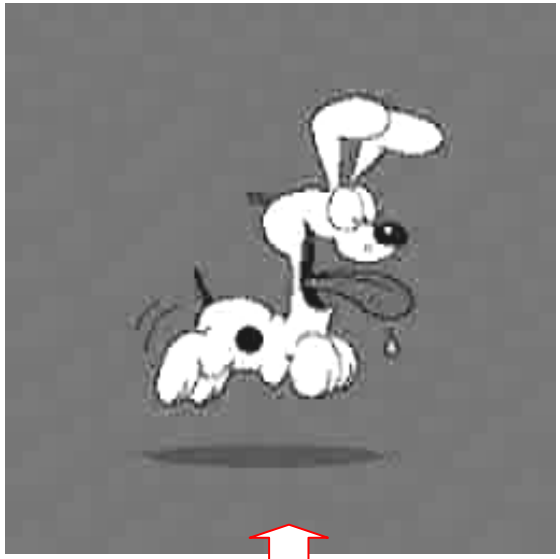
Subiektywna ocena tych obrazów nie musi być zbieżna z tymi miarami.

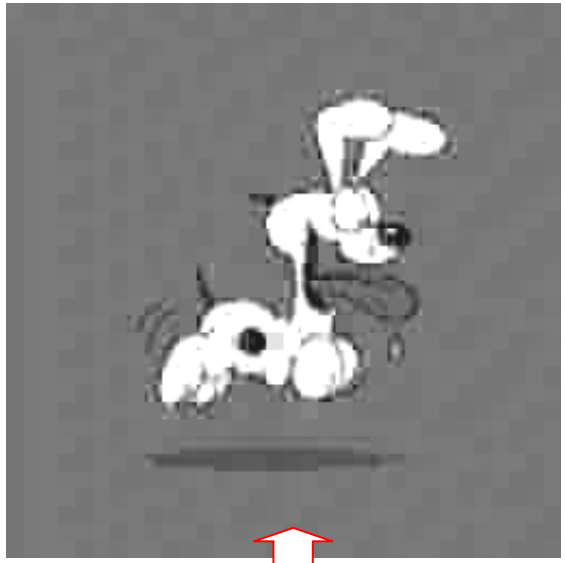
Wyróżnia się miary subiektywne:

- **bezwzględne** (arbitralna skala jakości, np. 0-5)
- **porównawcze** (porównanie obrazu kodowanego z oryginałem lub z obrazem kodowanym inną techniką).

Kompresja JPEG



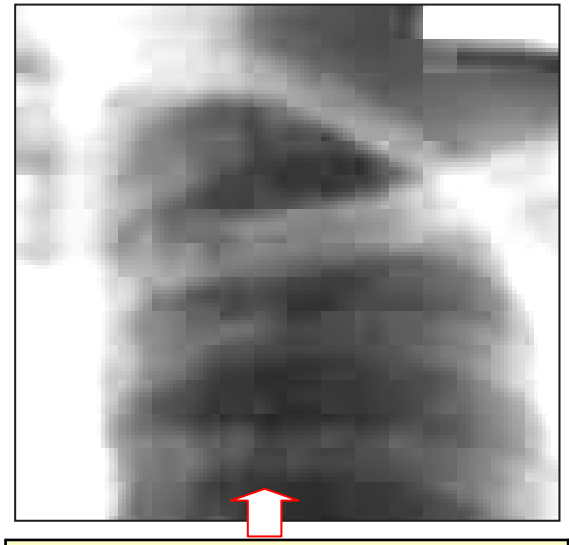


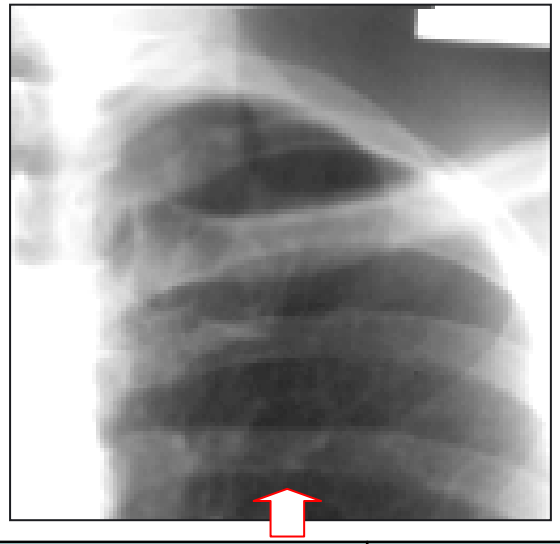


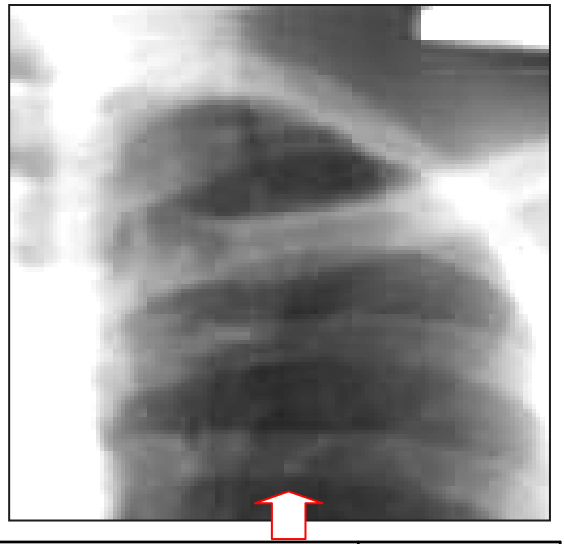
Bitmapa (8bpp)	Parametr kompresji	Wartość	Parametr kompresji	Wartość
	CR	**20:1**	**CR**	**40:1**
	bpp	0.4	bpp	0.2
	MSE	257	MSE	367
	SNR	8.2 dB	SNR	6.6 dB
	PSNR	24 dB	PSNR	22.5 dB

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kompresja JPEG

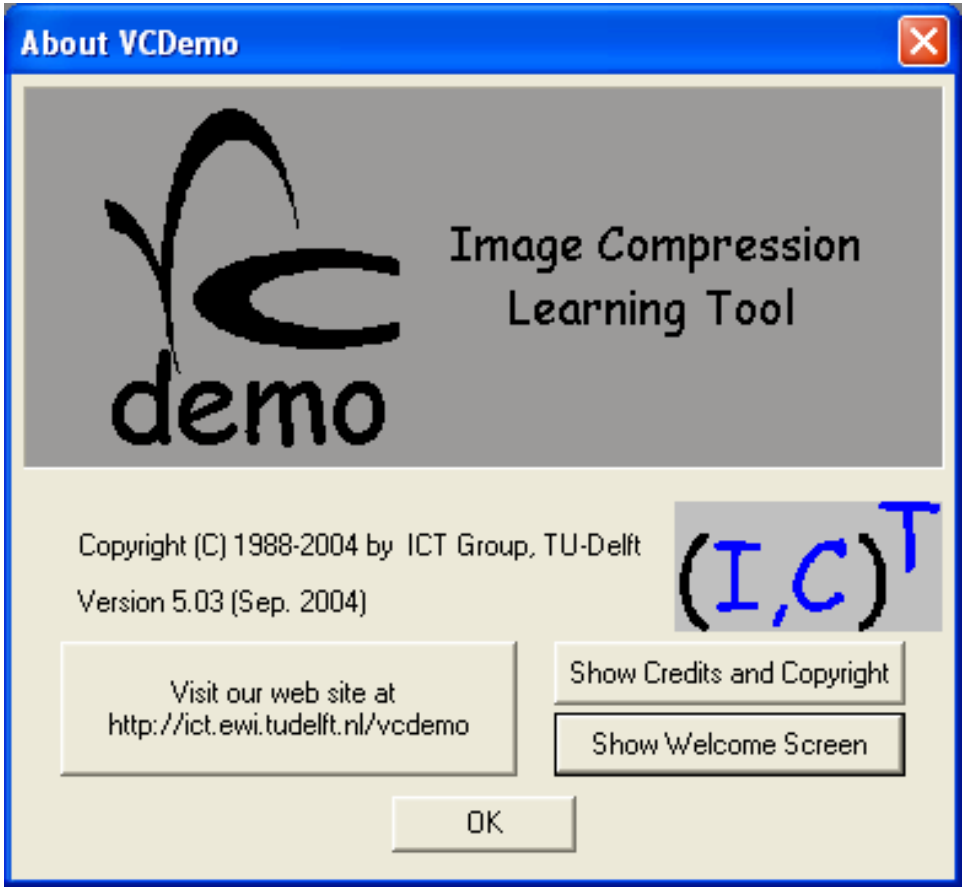


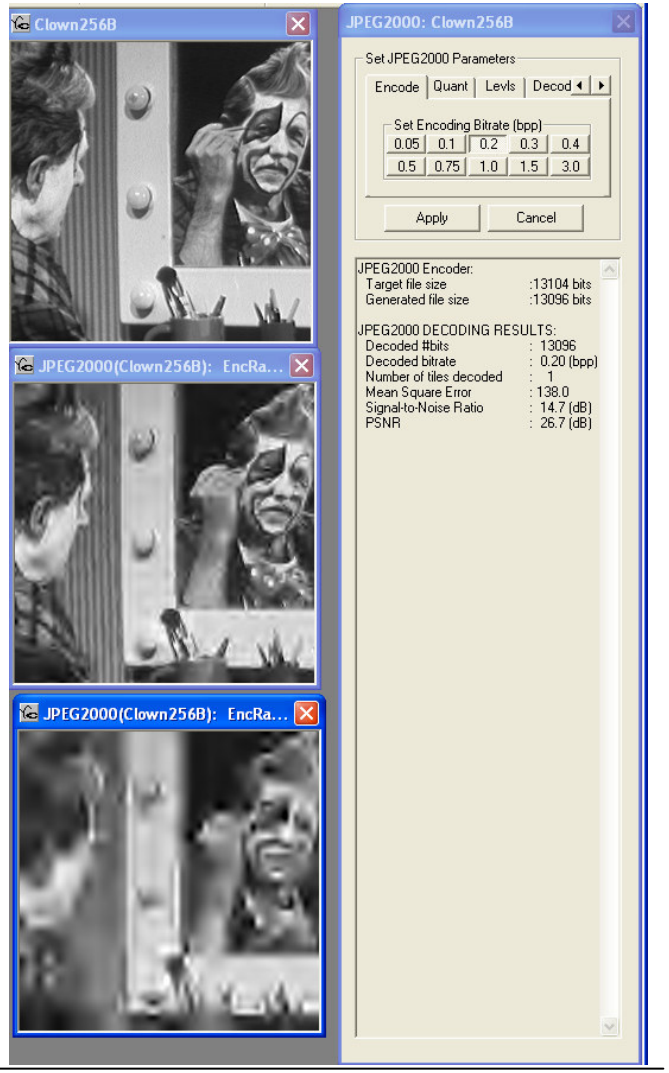




Bitmapa (8bpp)	Parametr kompresji	Wartość	Parametr kompresji	Wartość
	CR	**15:1**	**CR**	**30:1**
	bpp	0.53	bpp	0.27
	MSE	4.6	MSE	12.2
	SNR	30 dB	SNR	25.7 dB
	PSNR	41.5 dB	PSNR	37.3 dB

Program VCDemo

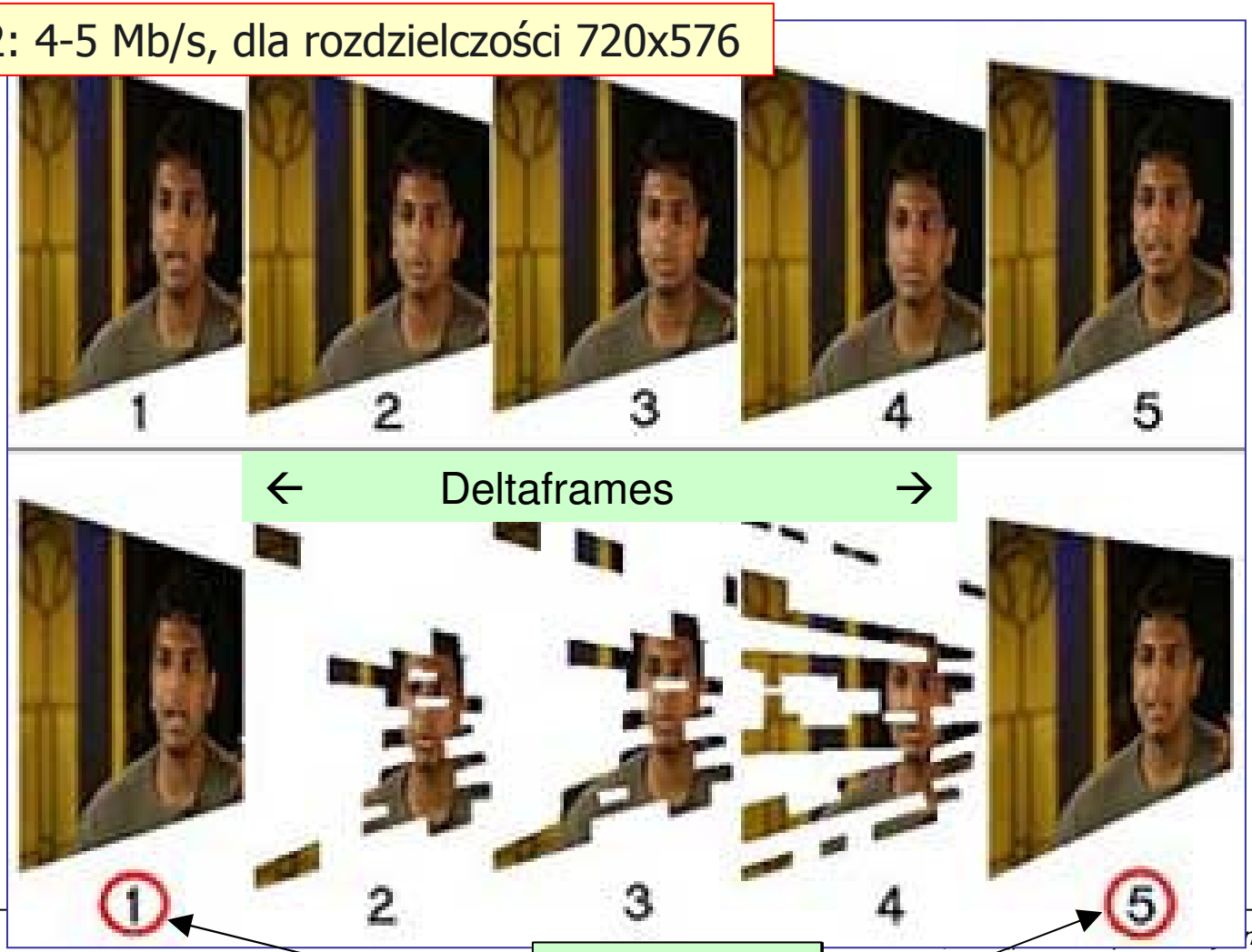




Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kompresja wideo – MPEG2, MPEG4 (DivX)

MPEG2: 4-5 Mb/s, dla rozdzielczości 720x576



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rodzaje nośników danych

Rodzaj nośnika	**Pojemność**	**Stan** technologii**
Dyskietka magnetyczna 3.5"	720 kB	↓
Dyskietka magnetyczna ZIP	100 ÷ 750 MB*	↓
Dysk magnetyczny (tzw. dysk twardy HD)	setki MB ÷ kilka TB	→↑
Dysk optyczny CD Audio (tzw. CD-ROM)	do 870 MB	→
Dysk optyczny DVD	4,7 GB ÷ 18 GB	→
Dysk magnetooptyczny (3.5" i 5.25")	128 MB ÷ 9 GB	↓
Dysk optyczny Blu-ray	25 GB ÷ 400 GB	↑
Pamięć półprzewodnikowa typu Flash (karty pamięci MMC, SD, Memory Stick, USB)	8 MB ÷ 128 GB	↑

*) MB – megabajt 10^6 bitów, GB – gigabajt 10^9 bitów, TB – terabajt 10^{12} bitów
**)Stan technologii: ↑ – rozwój, → – stabilizacja, nadal w użyciu, ↓ – w zaniku

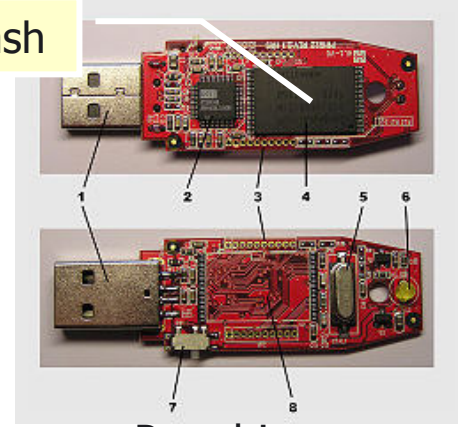
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wybrane rodzaje nośników danych

Dysk magnetooptyczny

Dysk „twardy”

Pamięć flash



Pen-drive

Dysk „miękki 5.25” i różne generacje odtwarzaczy

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rozmiar pliku a rozmiar pliku na dysku

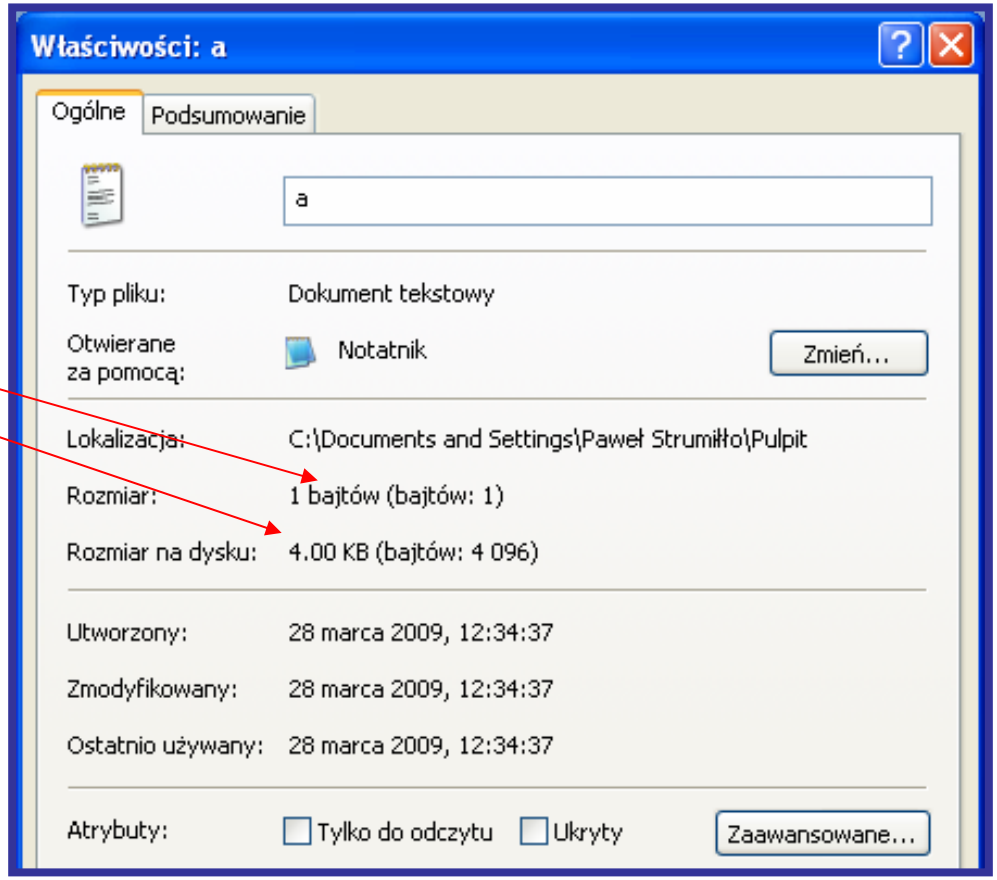
Plik tekstowy zawierający literę ‘a’:

Rozmiar pliku : 1 bajt

Rozmiar pliku na dysku: 4096 = 4kB

Pliki na dysku są pamiętane w sektorach a te w klastrach.

Pliki zajmują całkowitą wielokrotność klastrów.



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dlaczego stosujemy formaty plików graficznych?

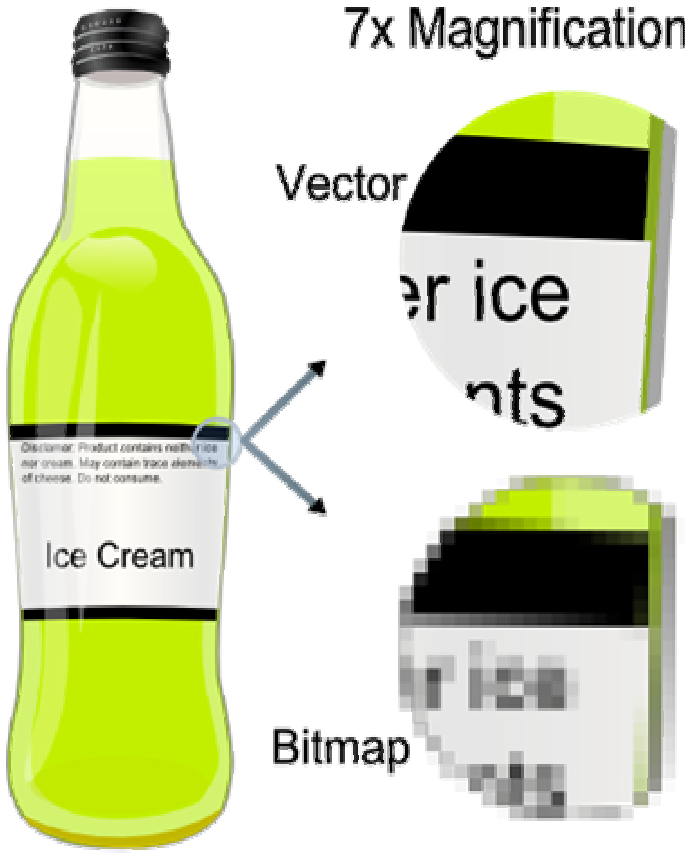
Dane obrazowe zapisujemy na różnych nośnikach (w różnej formie fizycznej) ale chcemy korzystać z nich w różnych aplikacjach (np. analizy komputerowej obrazu) i systemach operacyjnych komputerów

Pliki graficzne

Powody stosowania standardowych formatów plików graficznych:

- wymienność obrazów pomiędzy aplikacjami
- kompresja danych

Grafika rastrowa a grafika wektorowa



© Wikipedia

Obrazy wektorowe:
Obrazy są budowane z elementarnych figur geometrycznych: linii, krzywych, wielokątów zapisanych w komputerze w postaci równań

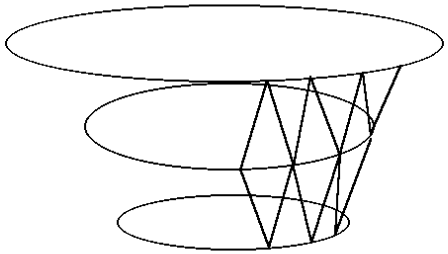
Obrazy rastrowe:
Obrazy są budowane z siatki punktów (pikseli)

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

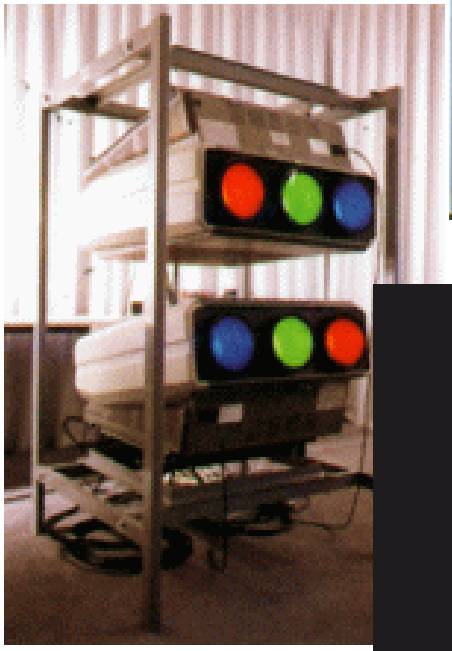
Przykład grafiki wektorowej (program POV-Ray)

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

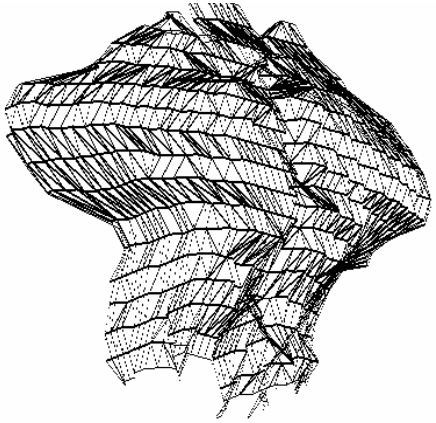
Techniki obrazowania 3D, obrazy rastrowe -> obrazy wektorowe



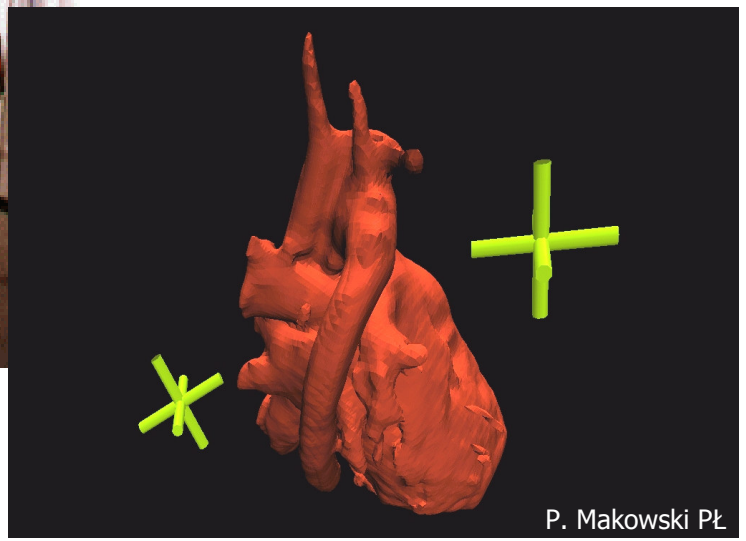
Rekonstrukcja



Wizualizacja 3D

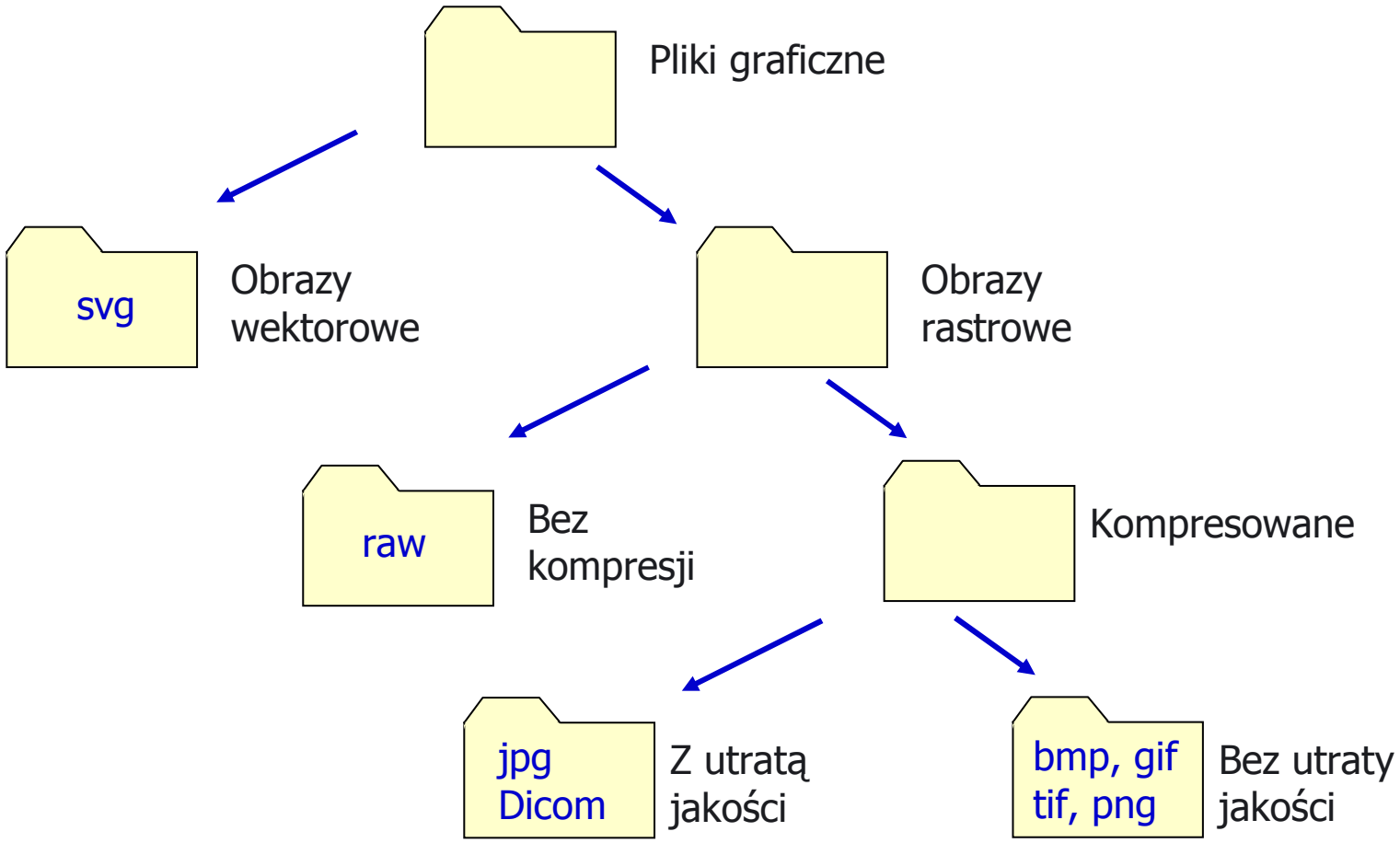


Modelowanie powierzchni



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rodzaje plików graficznych



Podstawowe pliki graficzne

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Format	Plik	Podstawowe cechy	Zastosowanie
JPEG	.jpg	Kompresja z definiowaną utratą jakości, (DCT)	Bardzo dobry do kompresji zdjęć
JPEG 2000	.jp2	Kompresja z definiowaną utratą jakości, (DWT)	Wyśmienity do kompresji zdjęć, ma zastąpić JPEG
GIF	.gif	Format indeksowany, maks. 256 kolorów, kodowanie bezstratne	Internet, animowane GIFy
PNG	.png	Popierany przez konsorcjum www ma zastąpić GIF, kodowanie bezstratne	Internet, obraz statyczny (ruchome: MNG), kanał alfa, lepszy niż JPEG do obrazów zawierających tekst
TIFF	.tif	Złożony format o rozbudowanej strukturze, kodowanie bezstratne	Głównie do skanowanych dokumentów tekstowych
BMP	.bmp	Prosty format, kodowanie bezstratne	System Windows

Więcej w skrypcie

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

DICOM

Standard opracowany w 1985 roku dla ujednolicenia formatów wymiany danych w systemach diagnostyki obrazowej CT, MRI, PET, angio- i koronarografia, USG i inne.

Od roku 1992 obowiązującą wersją standardu jest DICOM-3.

Plik DICOM zawiera nagłówek umożliwiający umieszczanie adnotacji (tzw. metadanych) oraz część, w której jest zapisany obraz.

Zalety: obecnie bardzo rozpowszechniony, regularnie uaktualniany, rozpoznawany przez niektóre pakiety do obróbki obrazów rastrowych, teletransmisja obrazów.

Wady: bardzo złożony standard (kłopoty z kompatybilnością pomiędzy urządzeniami), z reguły wymaga specjalistycznego oprogramowania i sprzętu, drogi w implementacji.

DICOM℠

Digital Imaging and Communications in Medicine

What is DICOM?

DICOM is a global Information-Technology standard that is used in virtually all hospitals worldwide. Its current structure, which was developed in 1993, is designed to ensure the interoperability of systems used to:

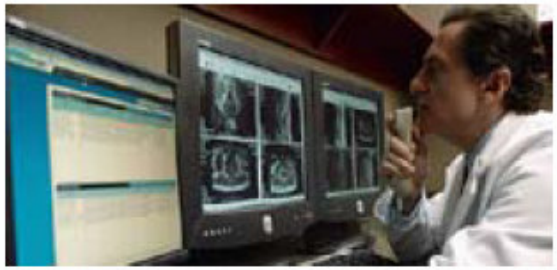
Produce, Store,
Display, Process,
Send, Retrieve,
Query or Print

medical images and derived structured documents as well as to manage related workflow.

Who needs DICOM?

Hospitals, clinics, imaging centers and specialists. By purchasing only equipment and information systems that conform to the DICOM Standard, you can ensure that these tools will work together to produce, manage and distribute your images regardless of your previous, current or future vendors.

Manufacturers of imaging equipment and imaging information systems. DICOM conformance ensures that every medical imaging facility is a potential customer, because your equipment can work with any workflow or electronic health record systems.



Manufacturers of peripheral equipment (e.g., film scanners, printers, computer monitors and workstations, image archives). DICOM conformance ensures that your products can work with all current or future imaging modalities and related peripheral equipment – regardless of vendor.

DICOM's purpose is to meet each of these diverse requirements.

Who Benefits from DICOM?

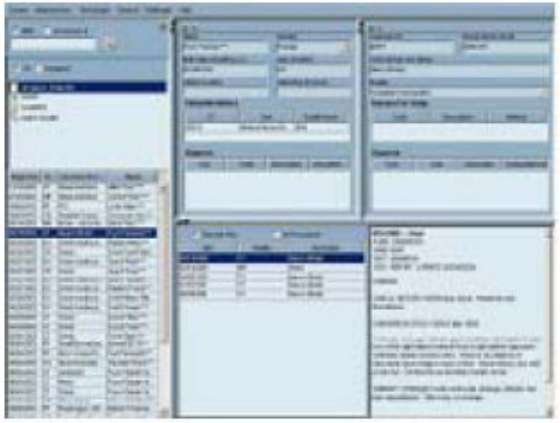
Physicians have better access to images and reports when DICOM standards are in place. This allows them to make a faster diagnosis, potentially from anywhere in the world.

Patients can potentially obtain faster and more effective care when the DICOM Standard is used to send their information through the healthcare enterprise.

Payers benefit from this faster and more effective process through potentially lowered cost of care.

Is DICOM relevant to Electronic Health Record (EHR) Systems?

DICOM will be required by all EHR systems that include imaging information as an integral part of the patient record.



Which medical specialties rely on DICOM?

DICOM is used in:

- radiology
- cardiology
- oncology
- dentistry
- surgery
- neurology
- breast imaging
- radiotherapy
- ophthalmology
- pathology
- veterinary
- pneumology

How does DICOM keep up with advances in technology?

Over 750 technical and medical experts participate in more than 20 active DICOM working groups. As a consequence of their efforts, the DICOM Standard is updated four to five times each year and republished approximately once every year or two.

Does DICOM work with other standards-development organizations?

Absolutely! A joint DICOM/**HL7** working group has existed for many years to:

- Contribute to the development of the HL7 Reference Information Model,
- Propose extensions to the DICOM and HL7 standards where appropriate and
- Develop information linkages between the DICOM and HL7 standards.

DICOM is also an integral part of **Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)**, which is an initiative to help both users and vendors develop approaches for integrating various medical imaging and information systems.

The DICOM Standards Committee has an active liaison to **ISO**'s TC 215. In fact, a joint DICOM/ISO working group produced a new standard enabling Web Access to DICOM Objects. The DICOM Standard is expected to become an ISO reference standard by the end of 2005. It has been a European Standard (**EN**) for years.

Wherever possible, DICOM utilizes relevant parts of other mature standards such as **LOINC**, **SNOMED**, **JPEG, MPEG, BI-RADS, TCP/IP** and other Internet Standards.

MORE ABOUT DICOM

The **DICOM Standard** is a product of the DICOM Standards Committee and its many international working groups. Day-to-day operations are managed by the National Electrical Manufacturers Association (NEMA), which holds the copyright to the Standard.

The **DICOM Standards Committee** consists of approximately:

- 25 – 30 Producers (companies)
- 10 – 12 User organizations (e.g., professional societies) with thousands of members and
- 6 – 8 General Interest members (e.g., government agencies or trade associations).

For more information, please visit:

http://DICOM.nema.org

The official Dicom website gives you:

- A **free** download of the DICOM Standard
- Directions for ordering a **paper copy** of the Standard
- A list of **DICOM members**
- Details regarding **DICOM's strategic plan**
- Just about anything you need to know about DICOM.

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Podsumowanie

Potrzeba kompresji obrazów i wideo

Sposoby kompresji informacji obrazowej
(metody **stratne** i **bezstratne**)

Standard kompresji **JPEG**

Potrzeba zapisu obrazów w standardowych plikach graficznych
(grafika rastrowa i grafika wektorowa)

Standard DICOM