

Paweł Strumiłło

Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)

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



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”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

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



Plan przedmiotu „Wstęp do komputerowej analizy obrazów”

I. Wykład (30 godz.)

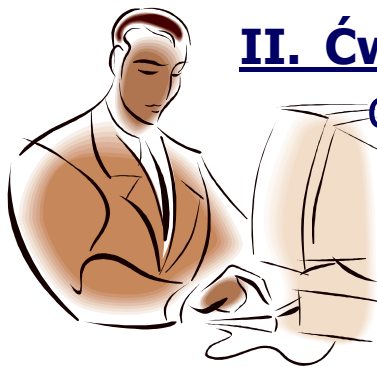


prof. Andrzej Materka

prof. Paweł Strumiło

- obrazy cyfrowe
- techniki obrazowania
- komputerowa analiza obrazów
- reprezentacje obrazów
- przetwarzanie obrazów
- archiwizacja i kompresja

II. Ćwiczenia (10 godz.)



dr Hubert Nowak

- praktyczne ćwiczenia z zakresu materiału wykładowego (**ImageJ**)





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Komputerowe przetwarzanie danych, a przetwarzanie obrazów

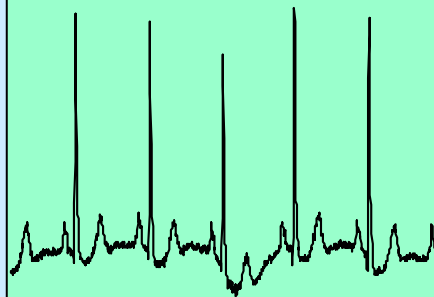
Przetwarzanie danych

$\{0,1,1,1,0,1,0,\dots,0,1,0,0,1,0\}$

Saldo naszego konta
w serwerze bankowym

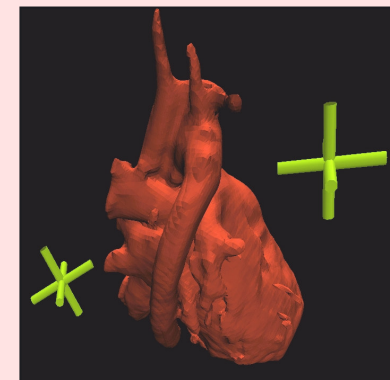
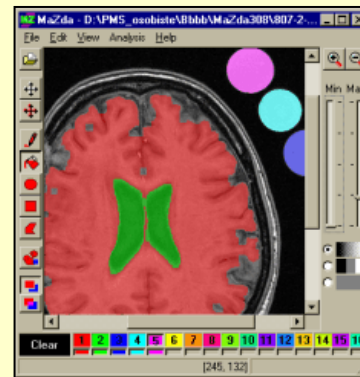


**Przetwarzanie
i analiza sygnałów**



Grafika komputerowa

**Przetwarzanie
i analiza
obrazów**



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)



Komputerowe przetwarzanie i analiza obrazów - terminologia

Komputerowe przetwarzanie i analiza obrazów

Akwizycja obrazów

Przetwarzanie obrazów

Transformacje obrazów

Restauracja obrazów

Kompresja obrazów

Segmentacja obrazów

Rozpoznawanie obrazów

Synteza obrazów
(integracja obrazów)

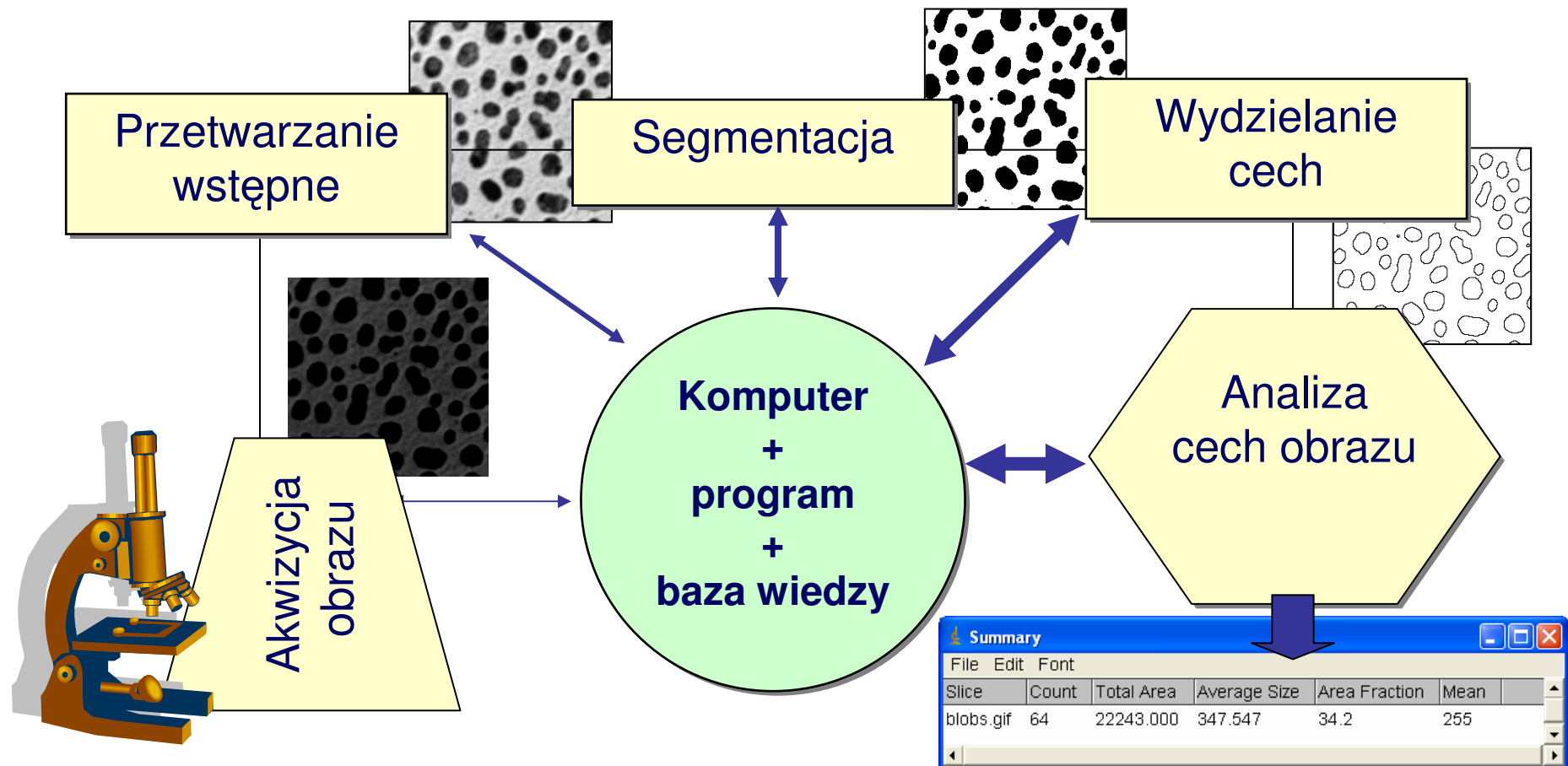
Analiza obrazów

.....



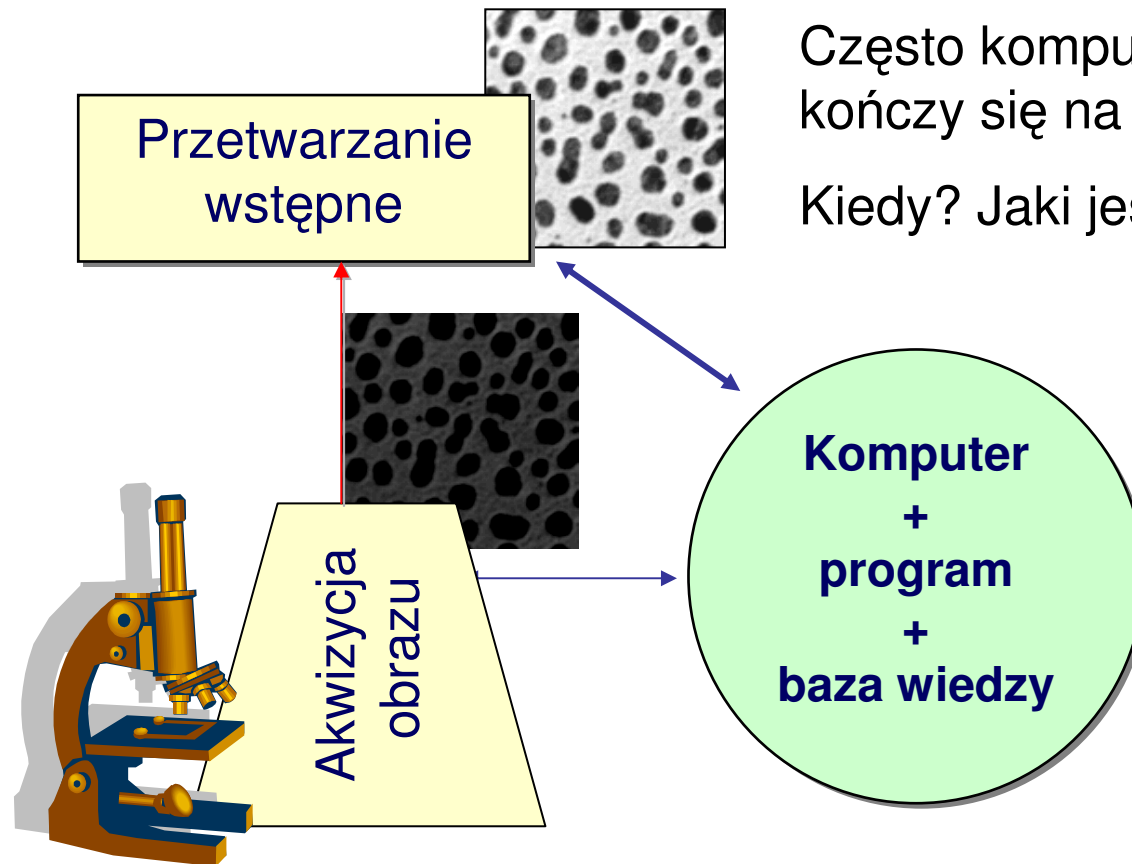


Przykład komputerowego systemu analizy obrazów





Przykład komputerowego systemu przetwarzania obrazów



Często komputerowa obróbka obrazów kończy się na tym etapie.

Kiedy? Jaki jest wtedy cel przetwarzania?



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

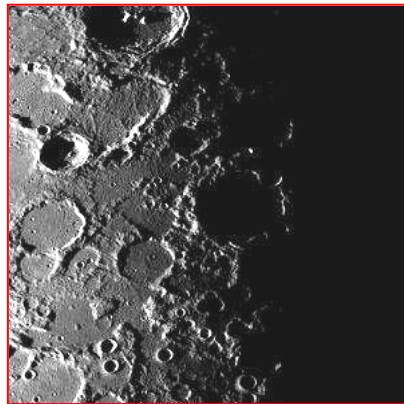
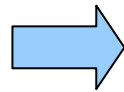
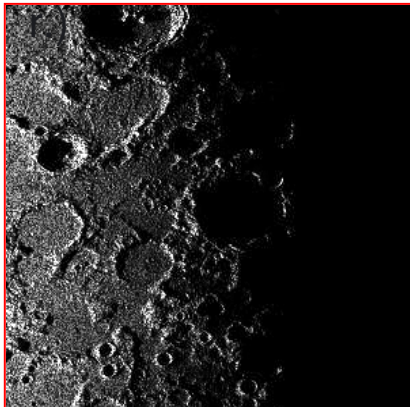


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Cele przetwarzania obrazów: 1. Poprawa jakości obrazu



Zdjęcia Księżyca
(Jet Propulsion Laboratory 1964)



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Inny przykład poprawy jakości obrazu



transformacja skali jasności

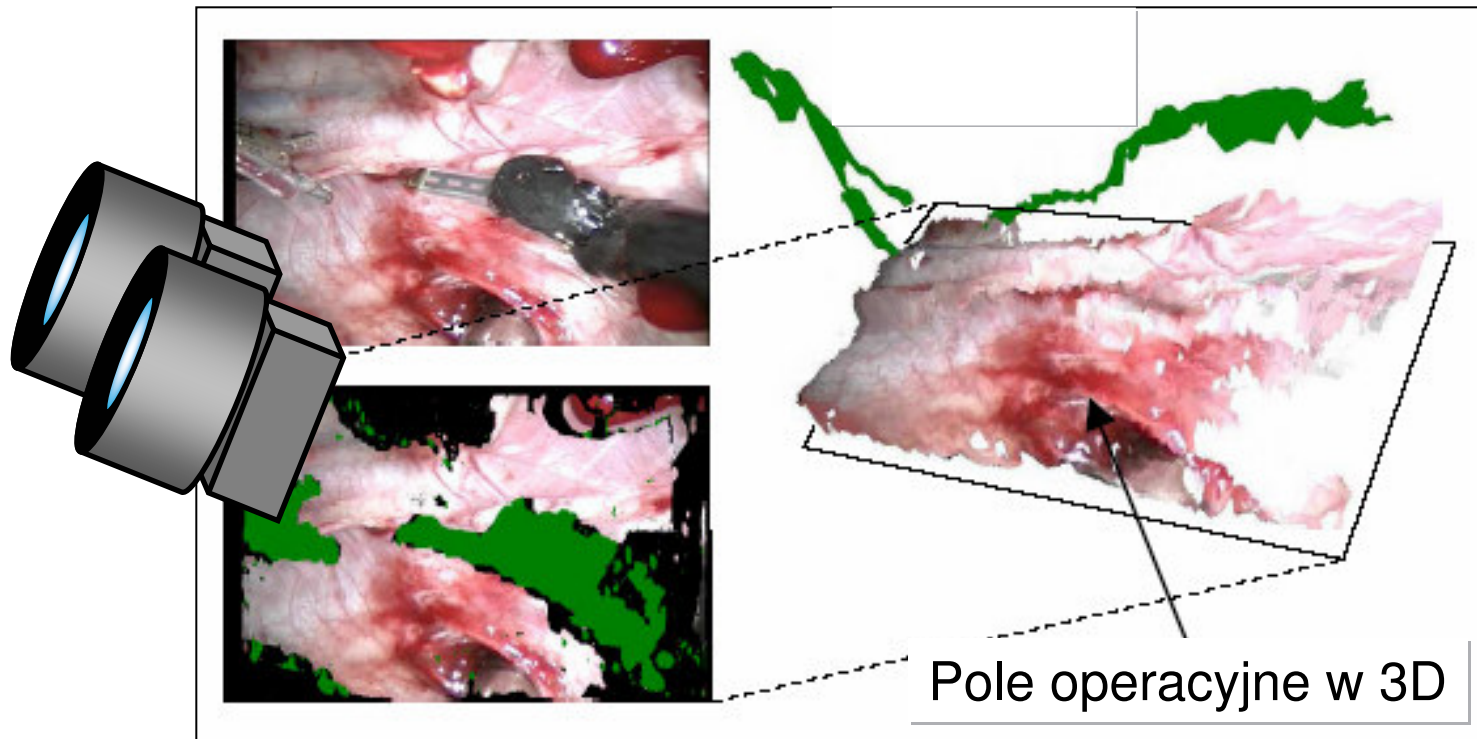


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)



Cele przetwarzania obrazów: 1. Poprawa jakości obrazu – trójwymiarowe zobrazowanie sceny

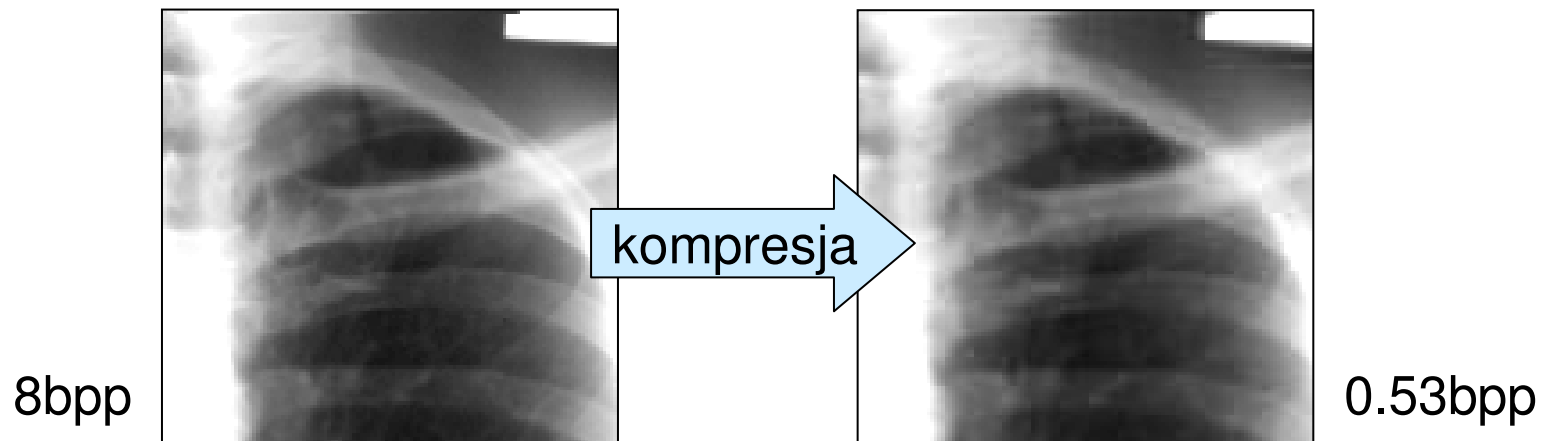


Trójwymiarowa chirurgia endoskopowa

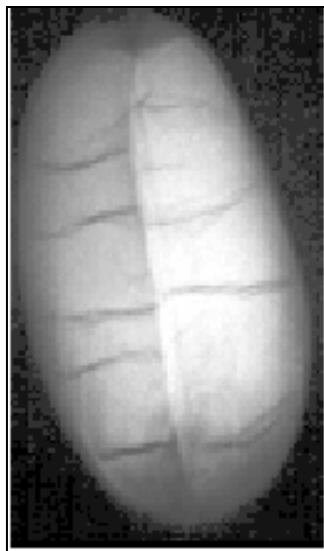


Cele przetwarzania obrazów: 2. Przetworzenie obrazu do postaci umożliwiającej pomiar wybranych jego cech, automatycznej analizy lub kompresji (transmisji).

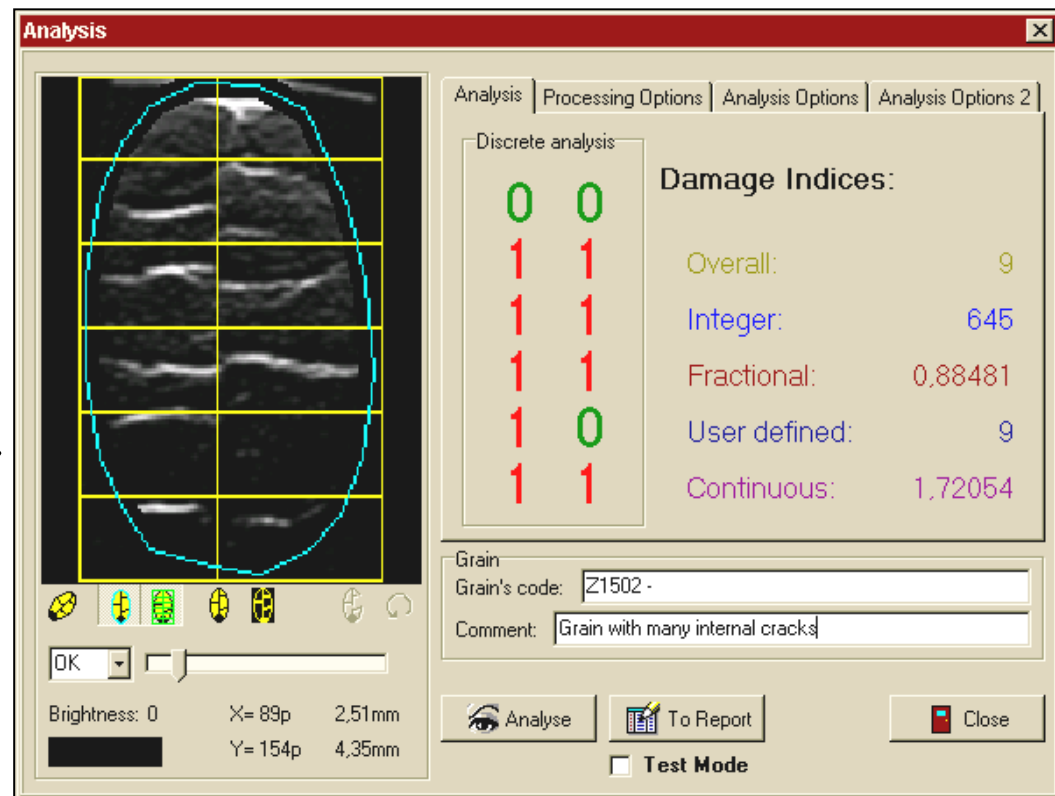
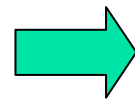
Czas transmisji obrazu kablem położonym na dnie oceanu w 1920, obliczono na ok. 1 tyg., po zastosowaniu technik kompresji danych czas transmisji skrócił się do 3 godz.



Cele przetwarzania obrazów: 2. Przetworzenie obrazu do postaci umożliwiającej pomiar wybranych jego cech, automatycznej analizy lub kompresji (transmisji).

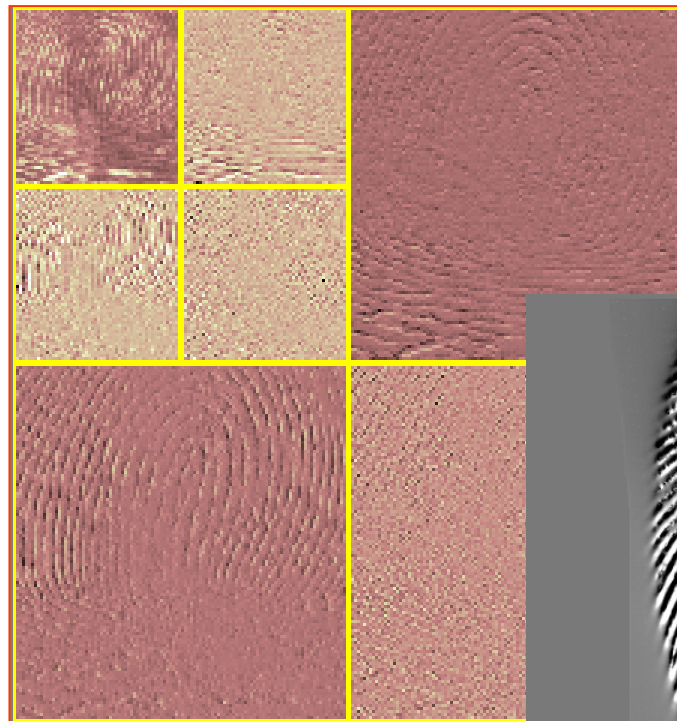


Obraz RTG
ziarna pszenicy



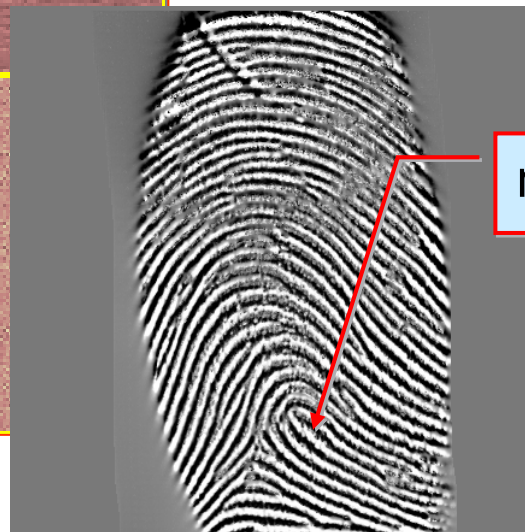


Cele przetwarzania obrazów: 2. Przetworzenie obrazu do postaci umożliwiającej pomiar wybranych jego cech, automatycznej analizy lub transmisji.

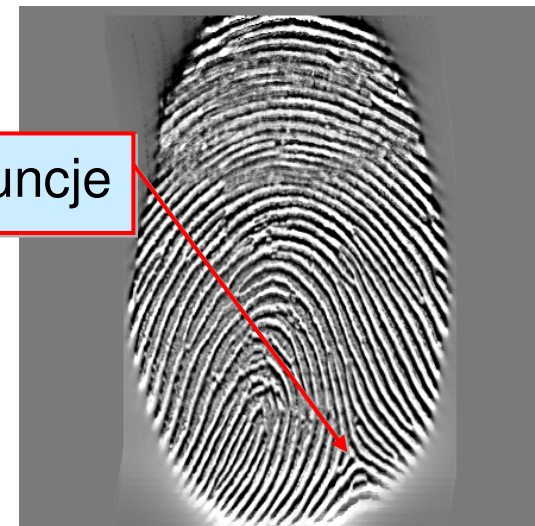


Baza obrazów z odciskami
palców FBI 1992

Biometria

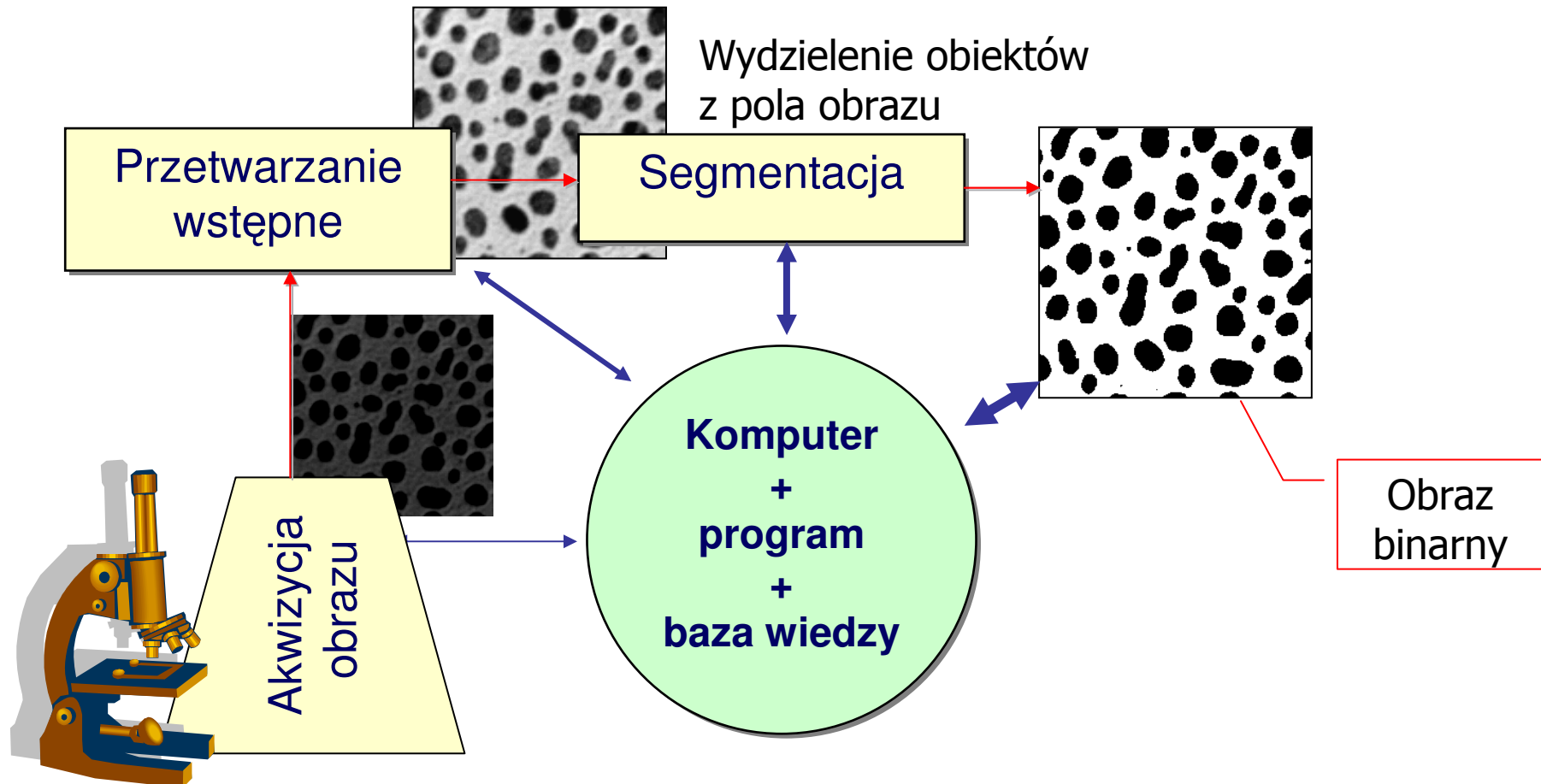


minuncje





Przykład komputerowego systemu analizy obrazów





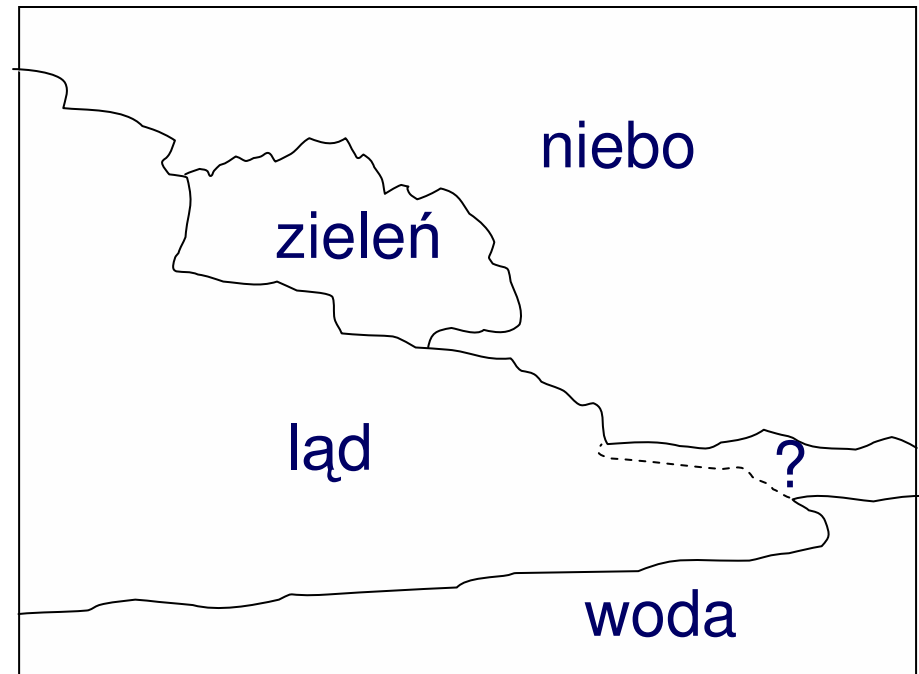
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Inny przykład segmentacji wraz z „rozumieniem sceny” (ang. *image understanding*)

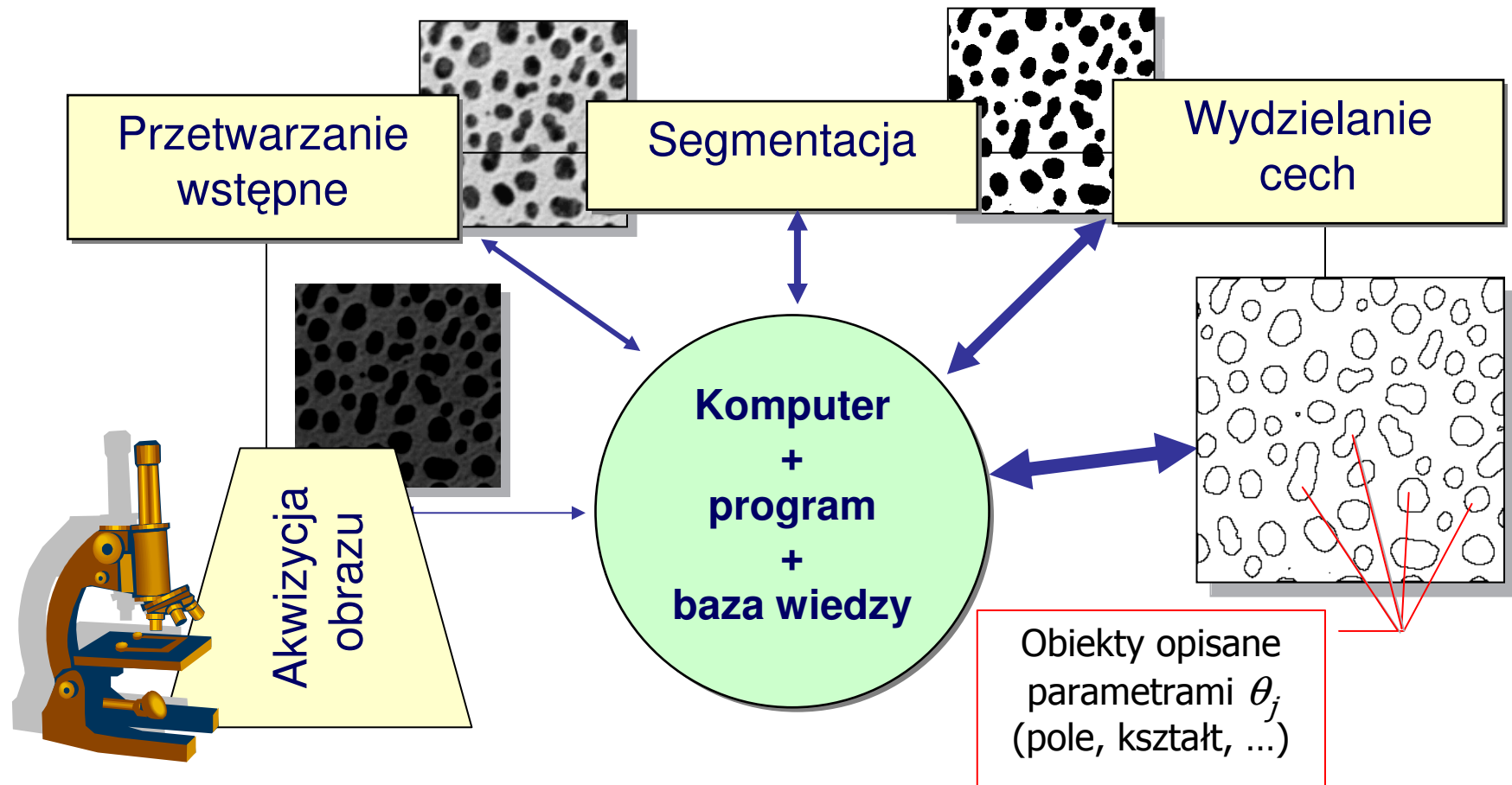


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)

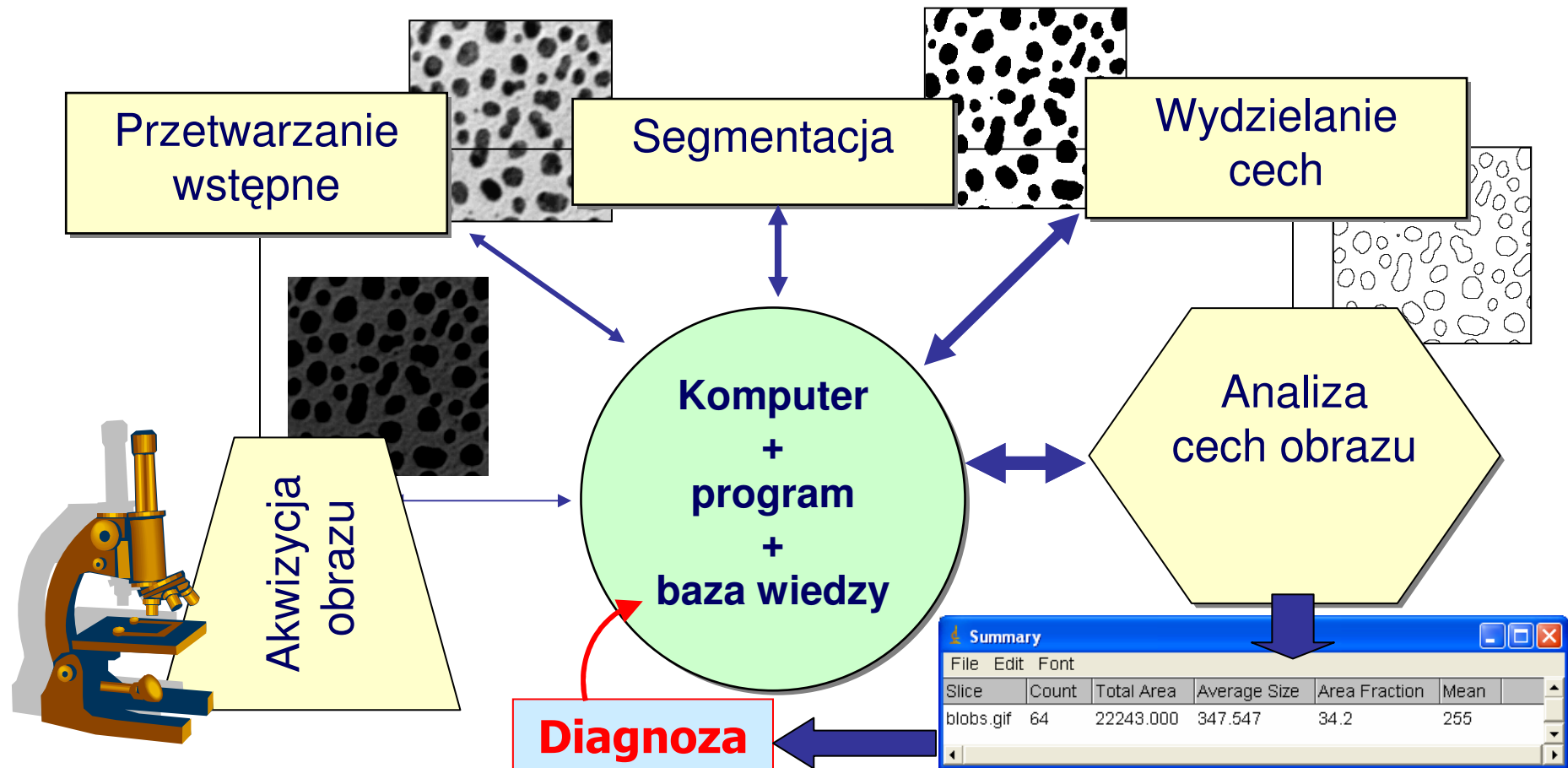


Przykład komputerowego systemu analizy obrazów

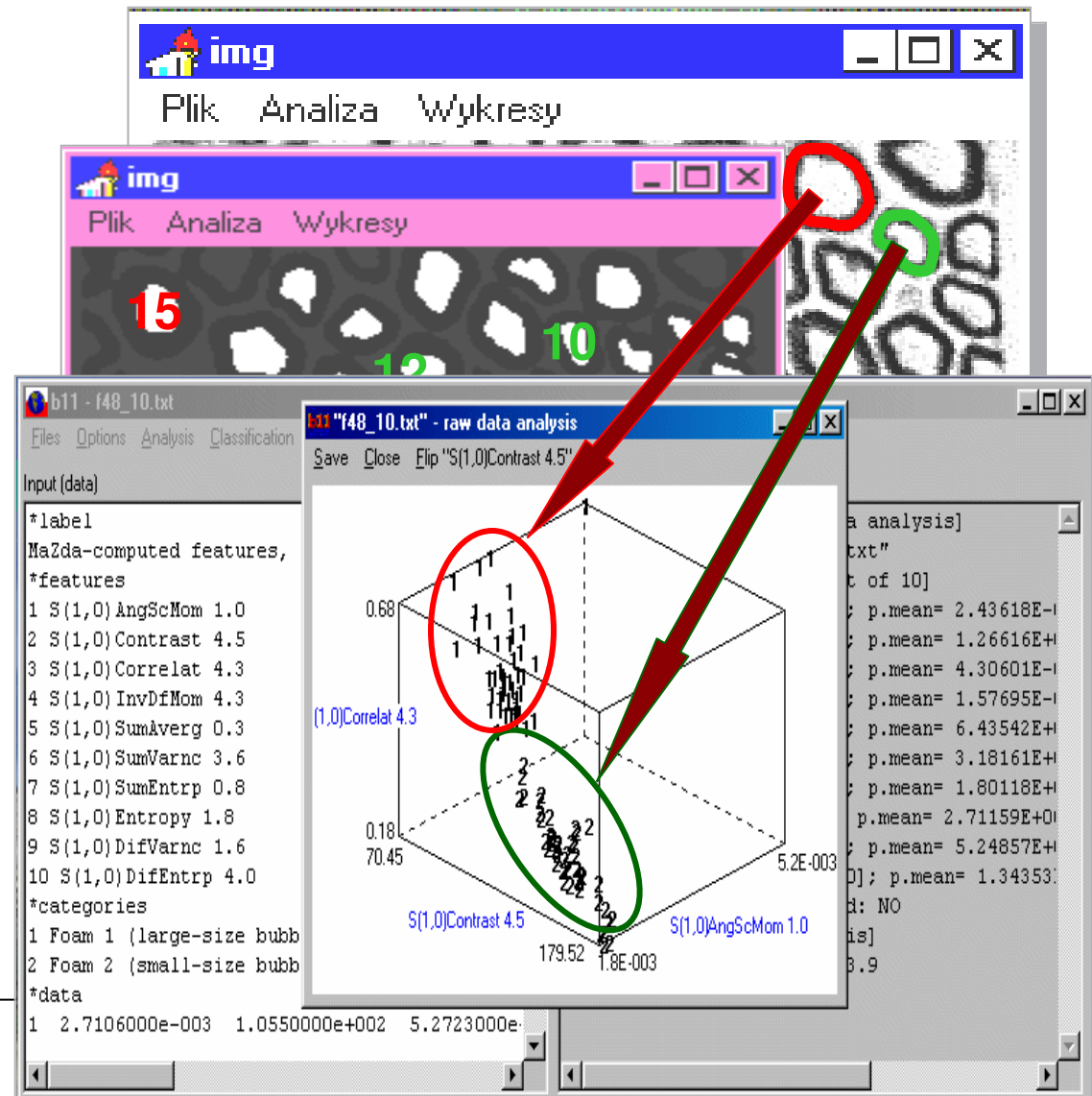
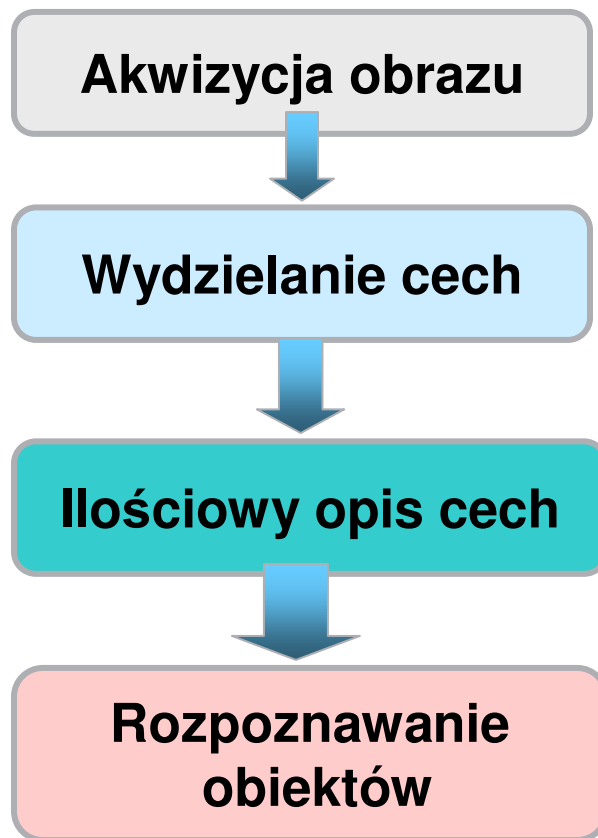




Przykład komputerowego systemu analizy obrazów

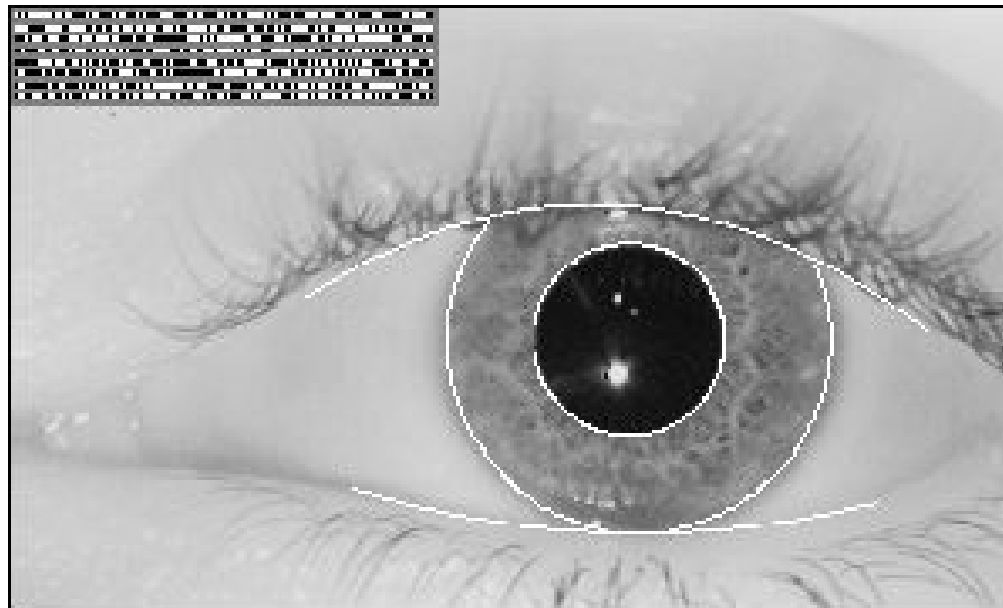


Przykład analizy obrazu





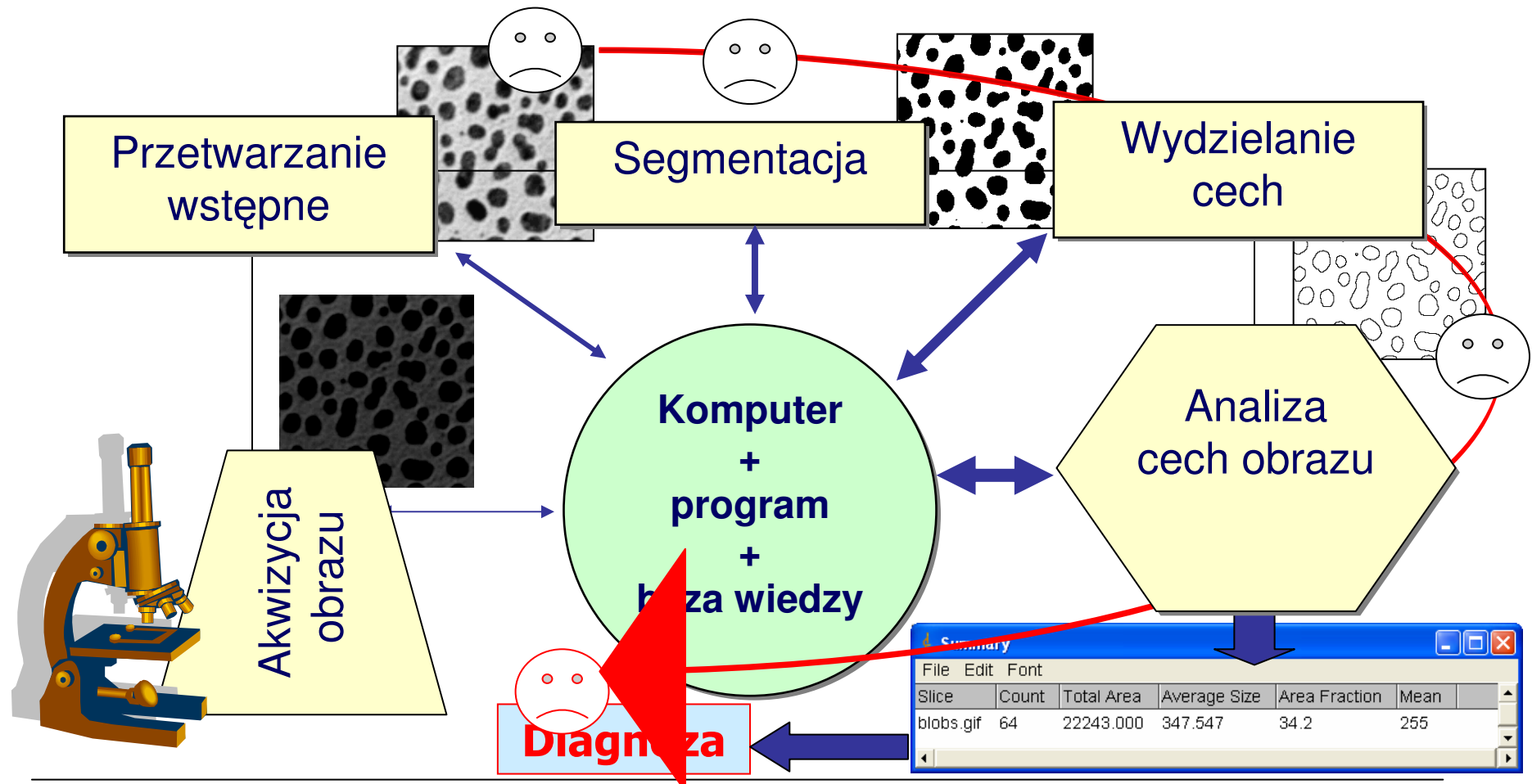
Przykład rozpoznawania obrazu (tęczówka oka)



© J. Daugman



Przykład komputerowego systemu analizy obrazów





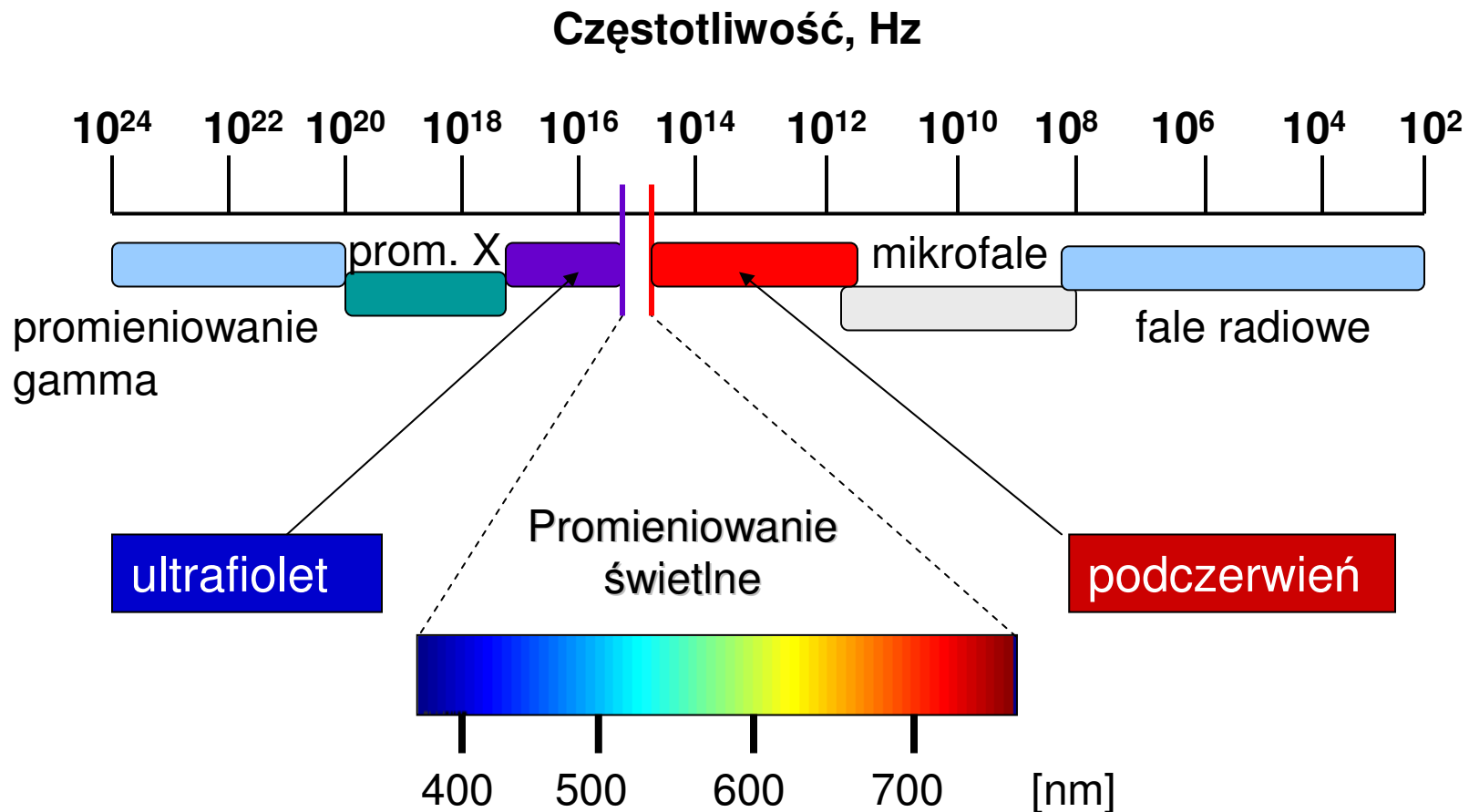
Ramowy program wykładu

1. Obrazy cyfrowe monochromatyczne, barwne i multimodalne
2. Podstawowe metody przetwarzania obrazów
 - *histogram obrazu i korekcja kontrastu*
 - *filtracja obrazu („wyostrzanie, redukcja zakłóceń“)*
 - *przekształcenie Fouriera obrazów*
 - *przekształcenia geometryczne (m.in. powiększanie obrazu)*
3. Segmentacja obrazu
4. Morfologiczne przetwarzanie obrazu
5. Archiwizacja (formaty plików graficznych)
6. Kompresja obrazów (JPEG, inne schematy kodowania)





Widmo fal elektromagnetycznych





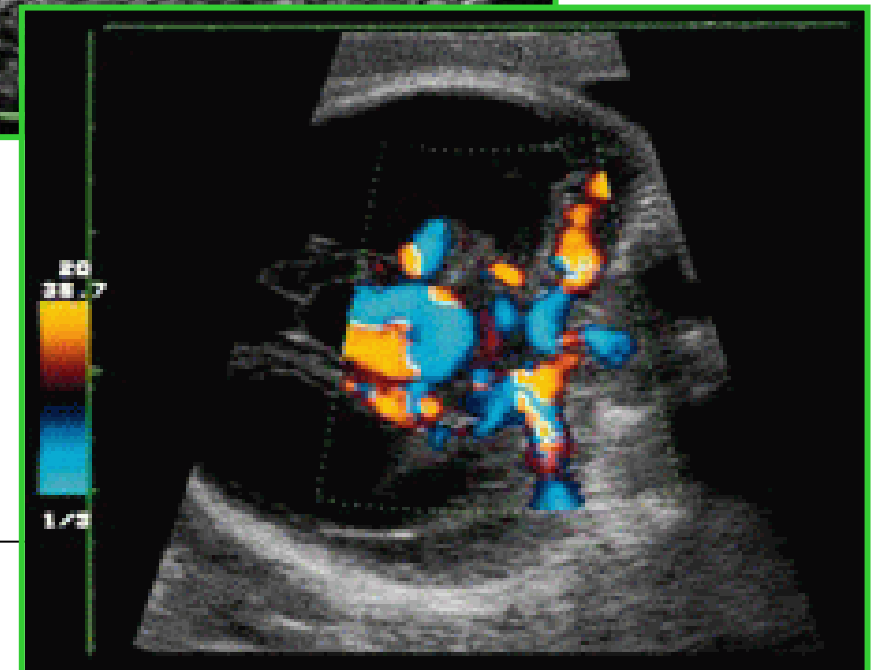
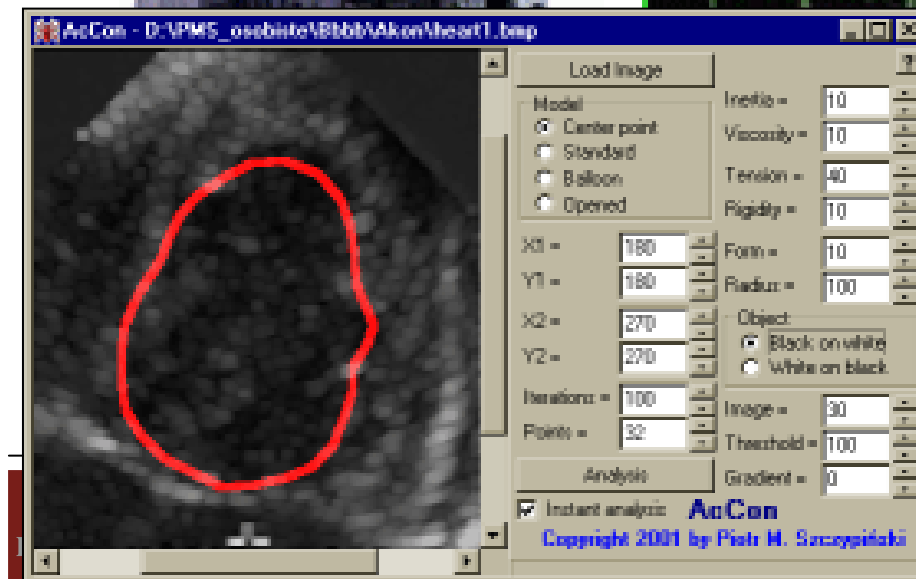
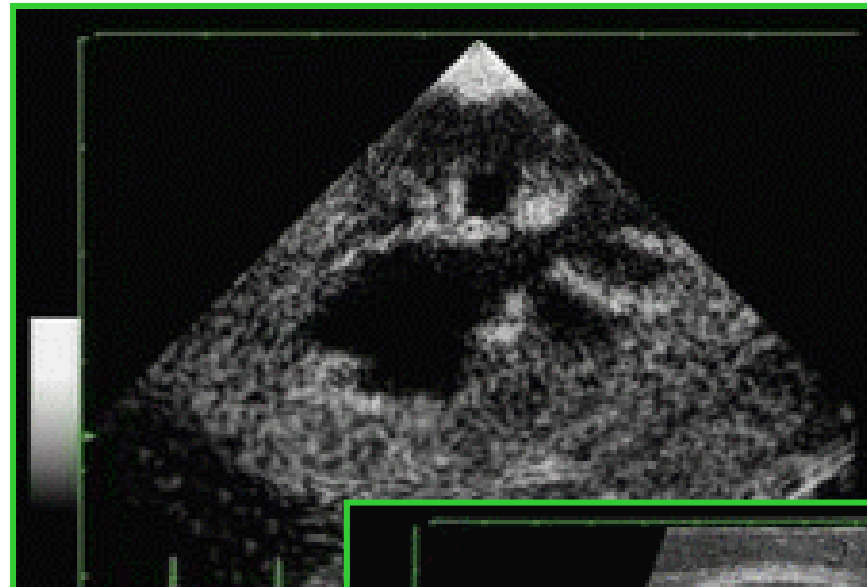
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ultrasonografia





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

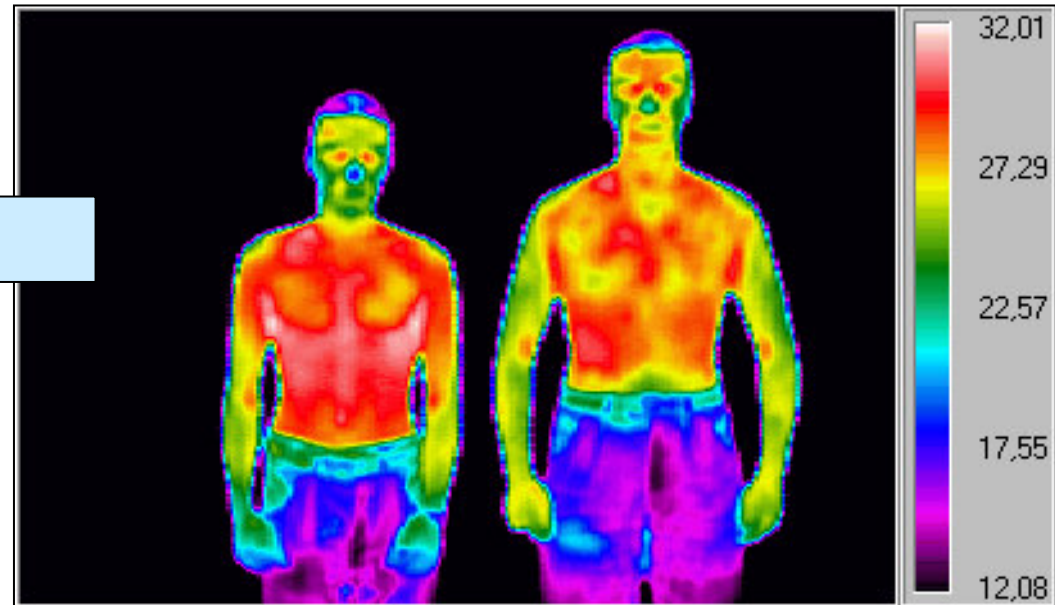
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



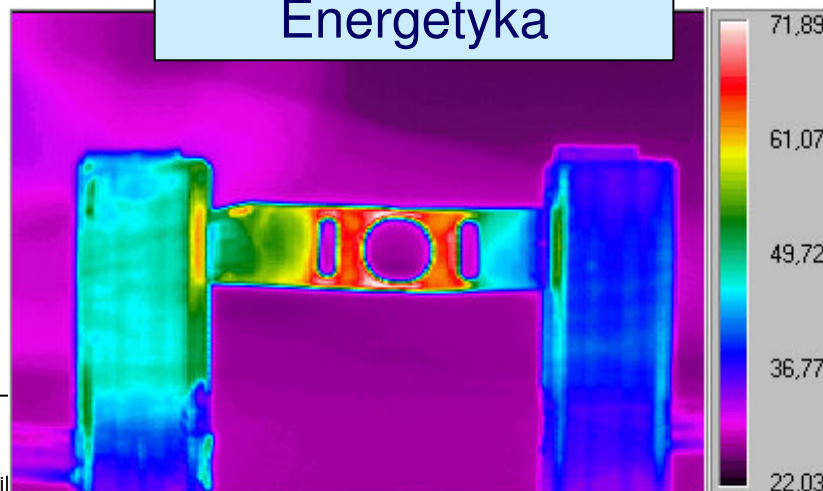
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Widzenie w podczerwieni

Medycyna



Energetyka

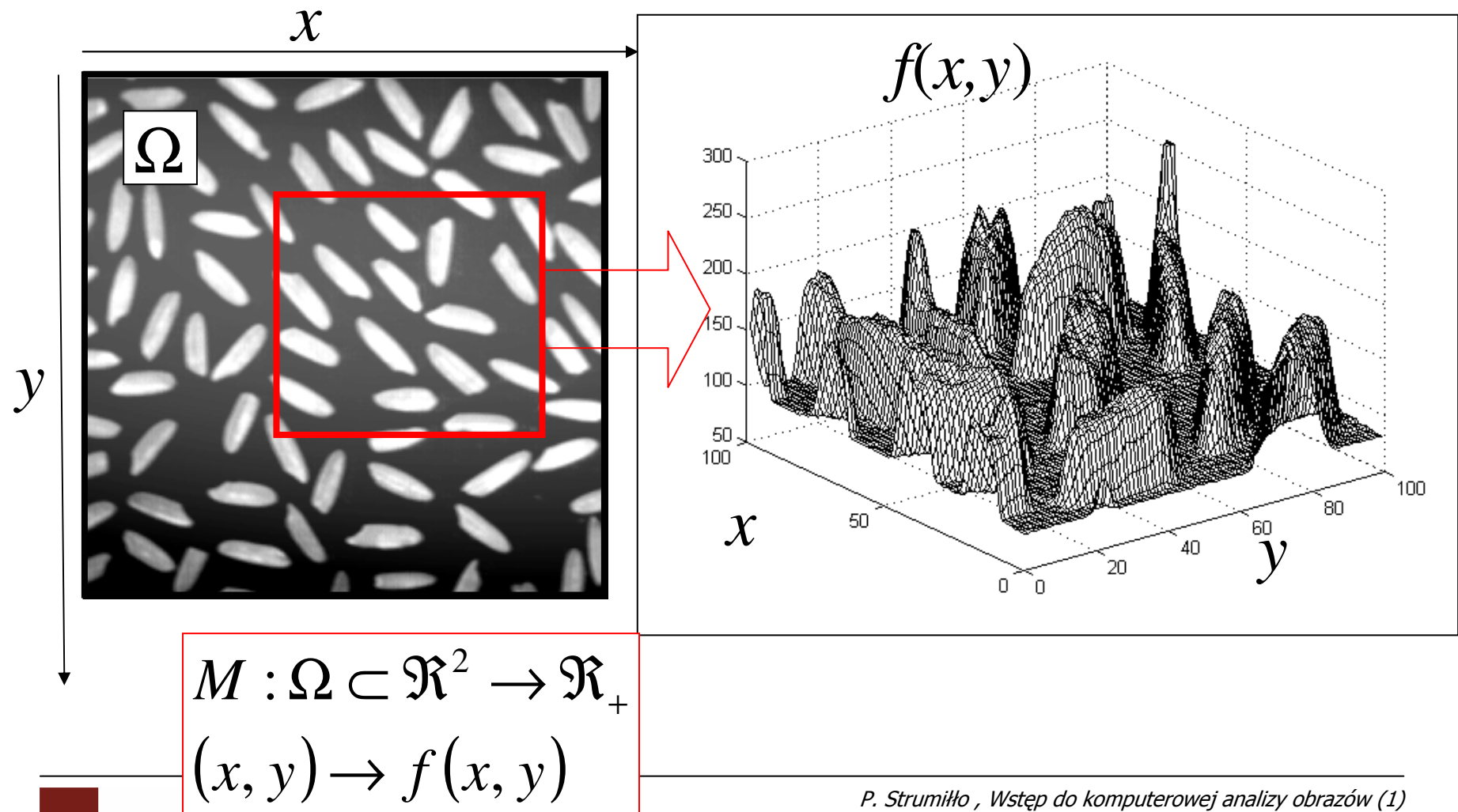


Budownictwo



Politechnika
Instytut Elektroniki

Obraz monochromatyczny i jego rzut aksonometryczny





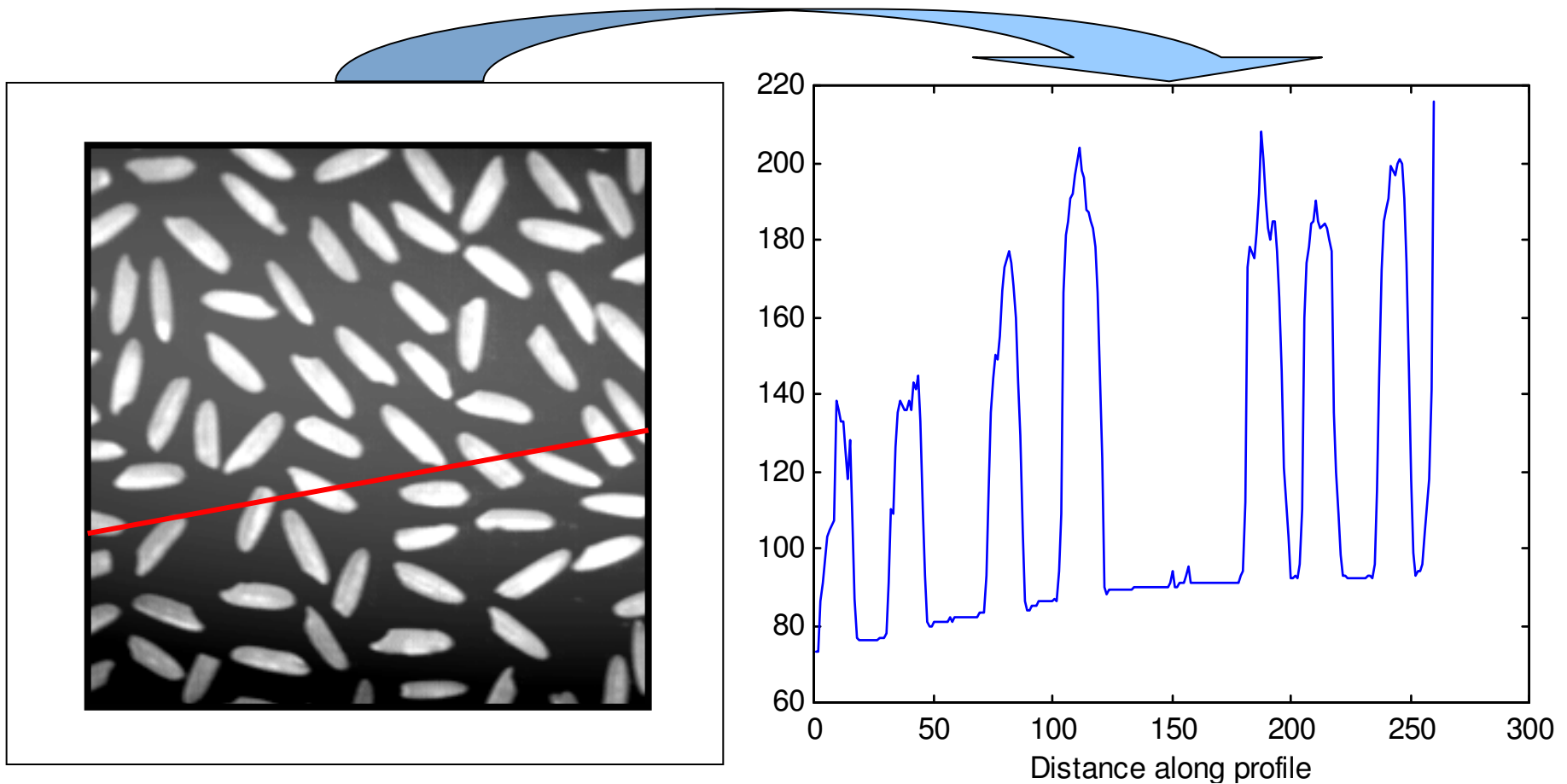
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przekroje jasności obrazu



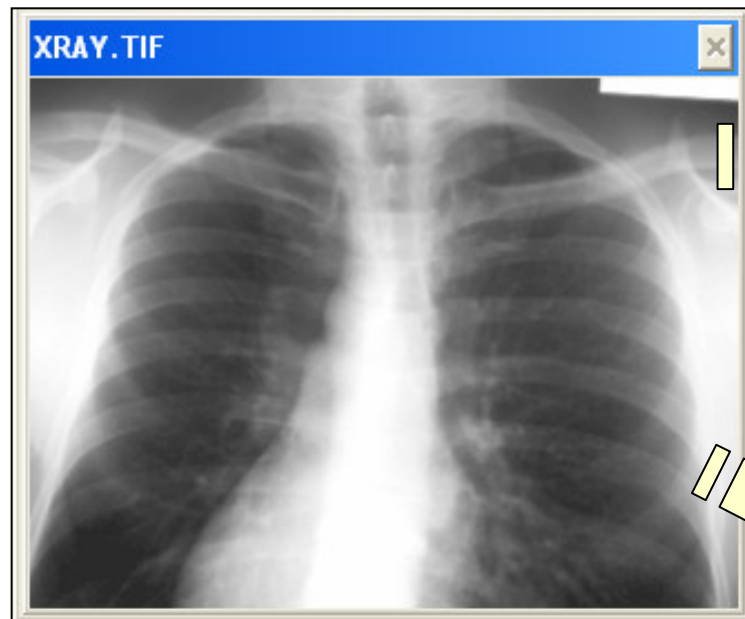
Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)

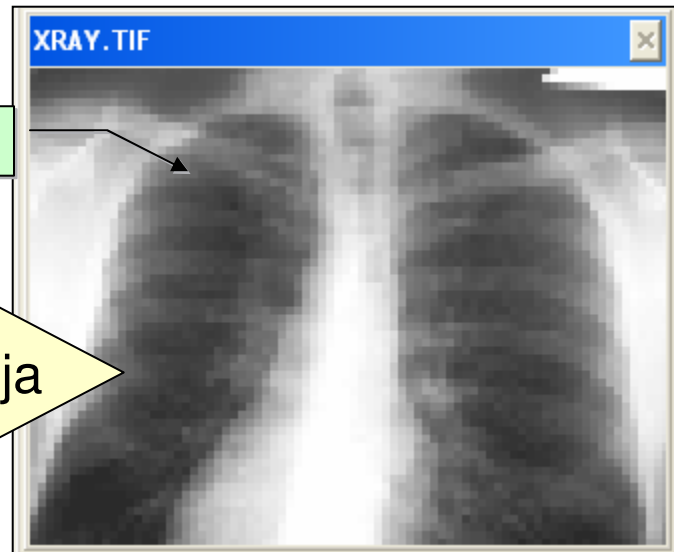


Obraz cyfrowy

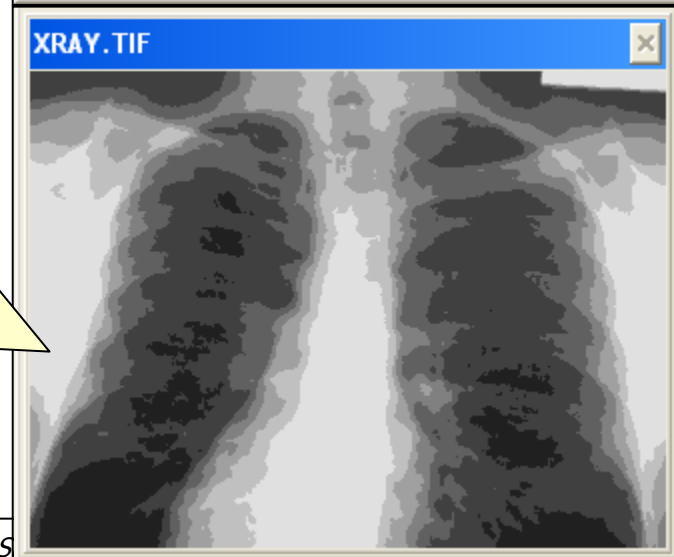
piksel (ang. picture element)



dyskretyzacja

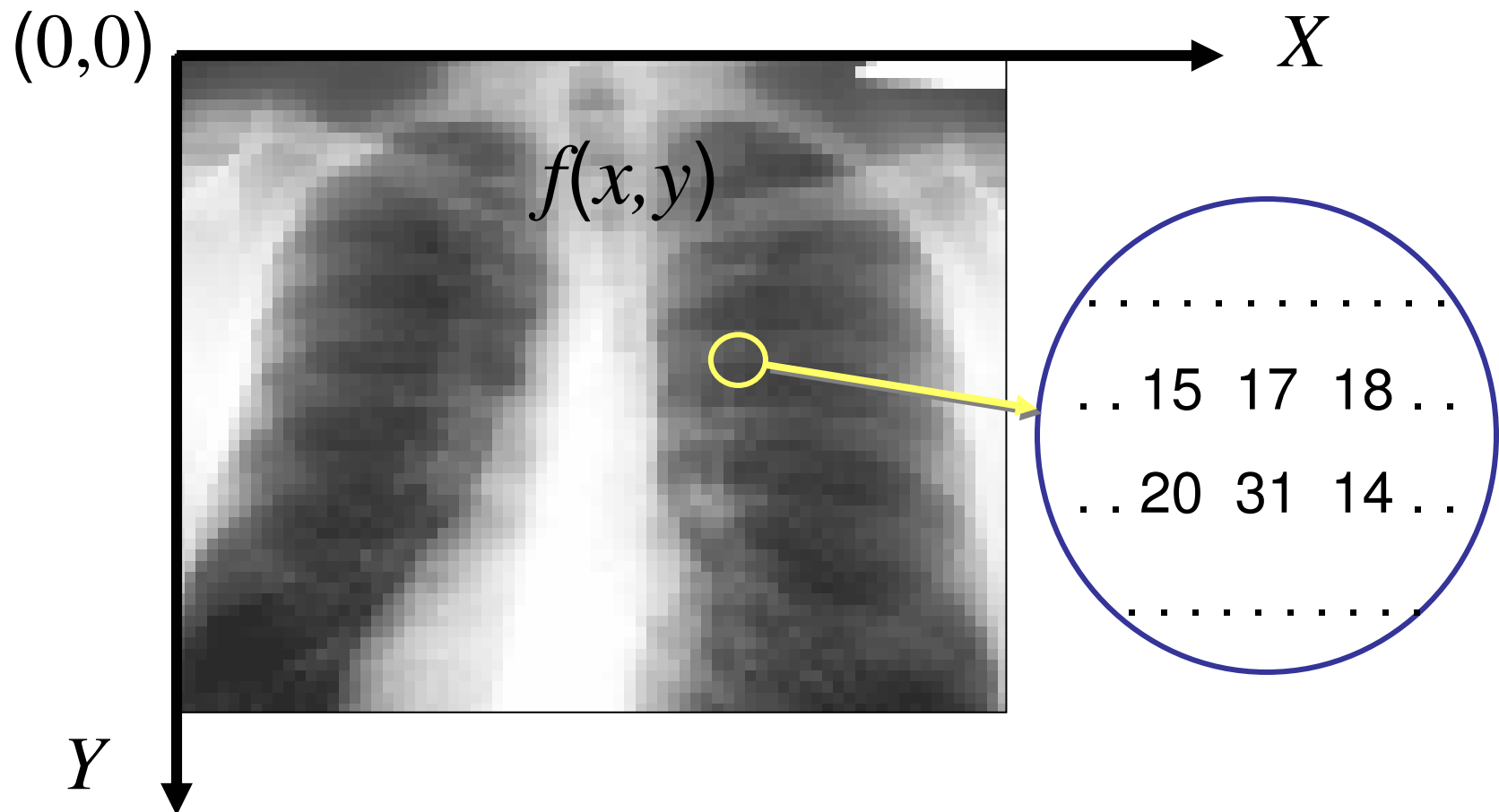


Kwantowanie





Obraz cyfrowy jako tablica dwuwymiarowa liczb całkowitych





Obraz cyfrowy jako tablica dwuwymiarowa liczb całkowitych

Obraz cyfrowy $f(x,y)$:

tablica dwuwymiarowa (M,N) ,
tj. o M kolumnach i N wierszach,
której elementy są nieujemne i przyjmują dyskretne

$$f(x, y) = 0, 1, \dots, G - 1$$

(np. $G=256$)

$$x = 0, 1, \dots, M - 1$$

$$y = 0, 1, \dots, N - 1$$



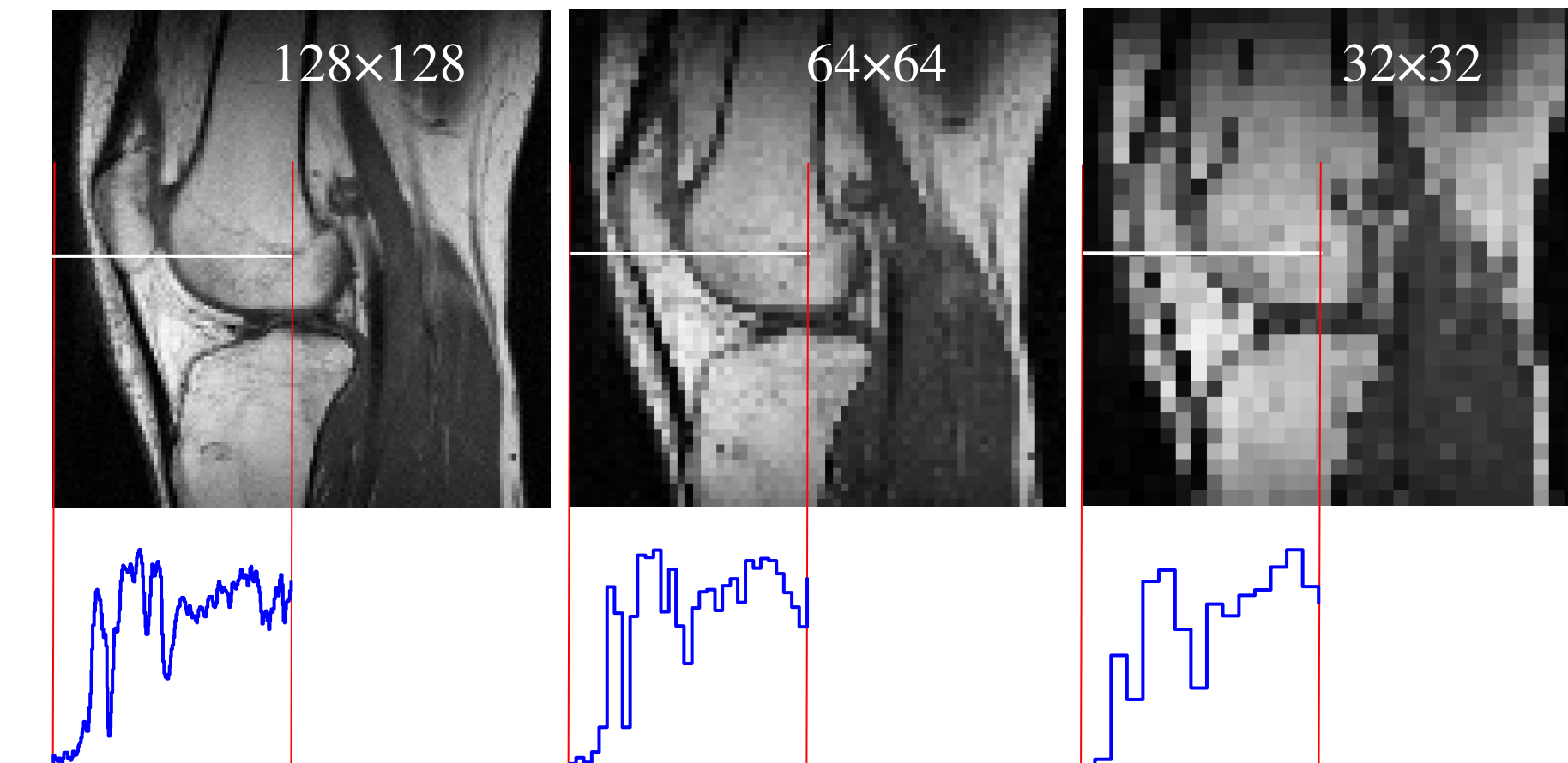
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Różna rozdzielczość przestrzenna



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)

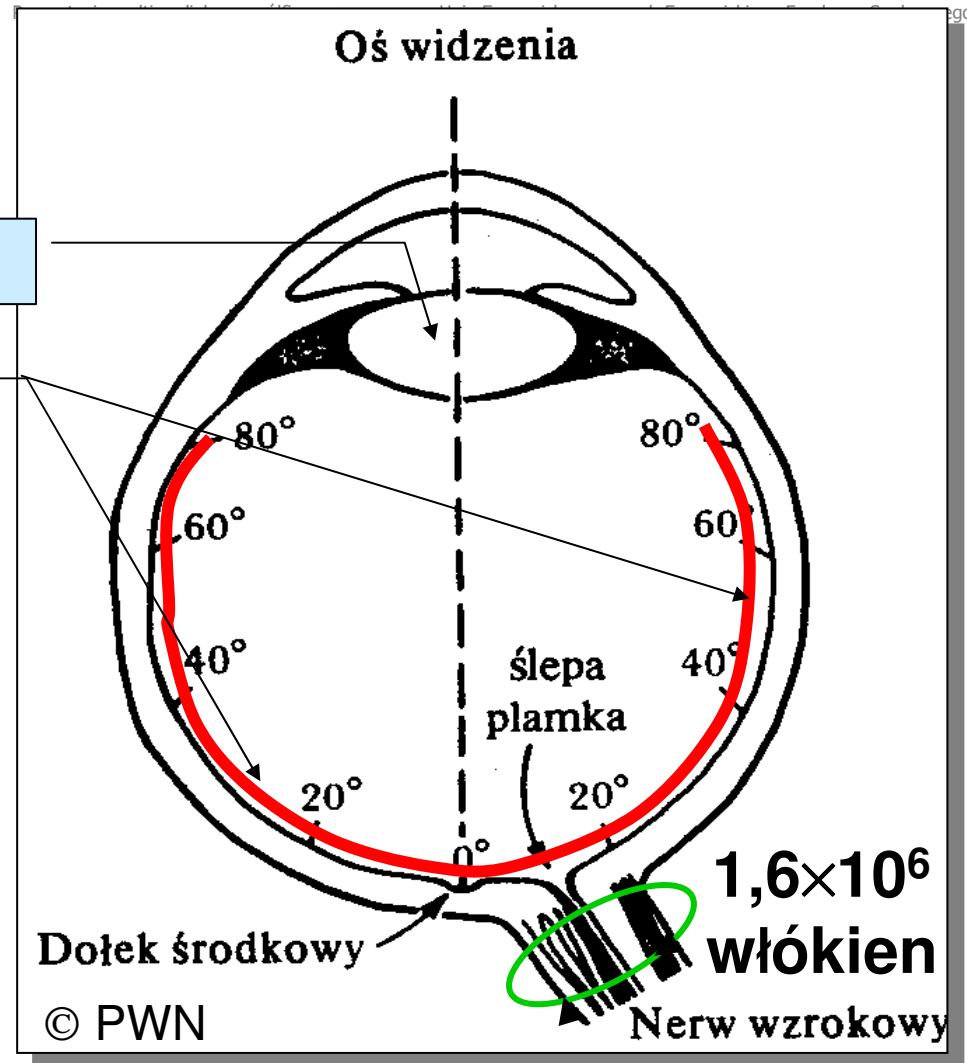
Budowa anatomiczna oka człowieka

soczewka

siatkówka
 125×10^6
receptorów

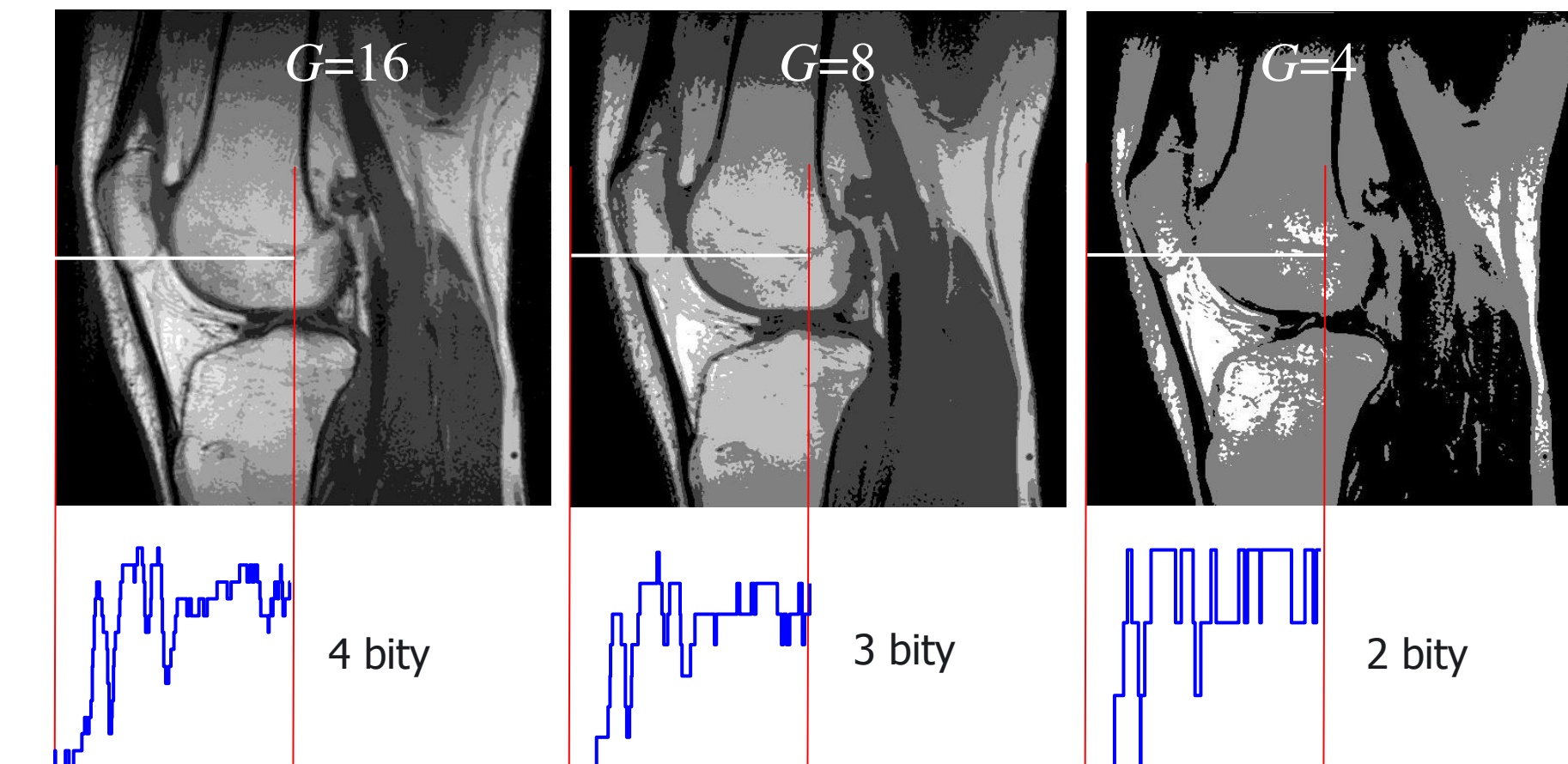
Rozdzielczość kątowna oka,
tj. zdolność rozróżniania
dwóch obiektów świetlnych
położonych blisko siebie:

$$\theta = 1' = 1^\circ / 60 = \pi / 10800$$





Różna liczba poziomów kwantowania





Skala Hounsfielda

Skala Hounsfielda – jest liniowym odwzorowaniem tzw. gęstości radiologicznej „osłabiającej” przenikalność promieni Roentgena przez badany ośrodek, określonej przez tzw. współczynnik osłabienia μ :

Ośrodek	Hounsfield Units (HU)
Powietrze	- 1000
Tłuszcz	- 120
Woda	0
Mięśnie	+ 40
Kości	+ 400 - ...

$$HU = \frac{\mu - \mu_{H_2O}}{\mu_{H_2O} - \mu_{powietrze}} \cdot 1000$$

Tomografy CT są kalibrowane dla powietrza i wody

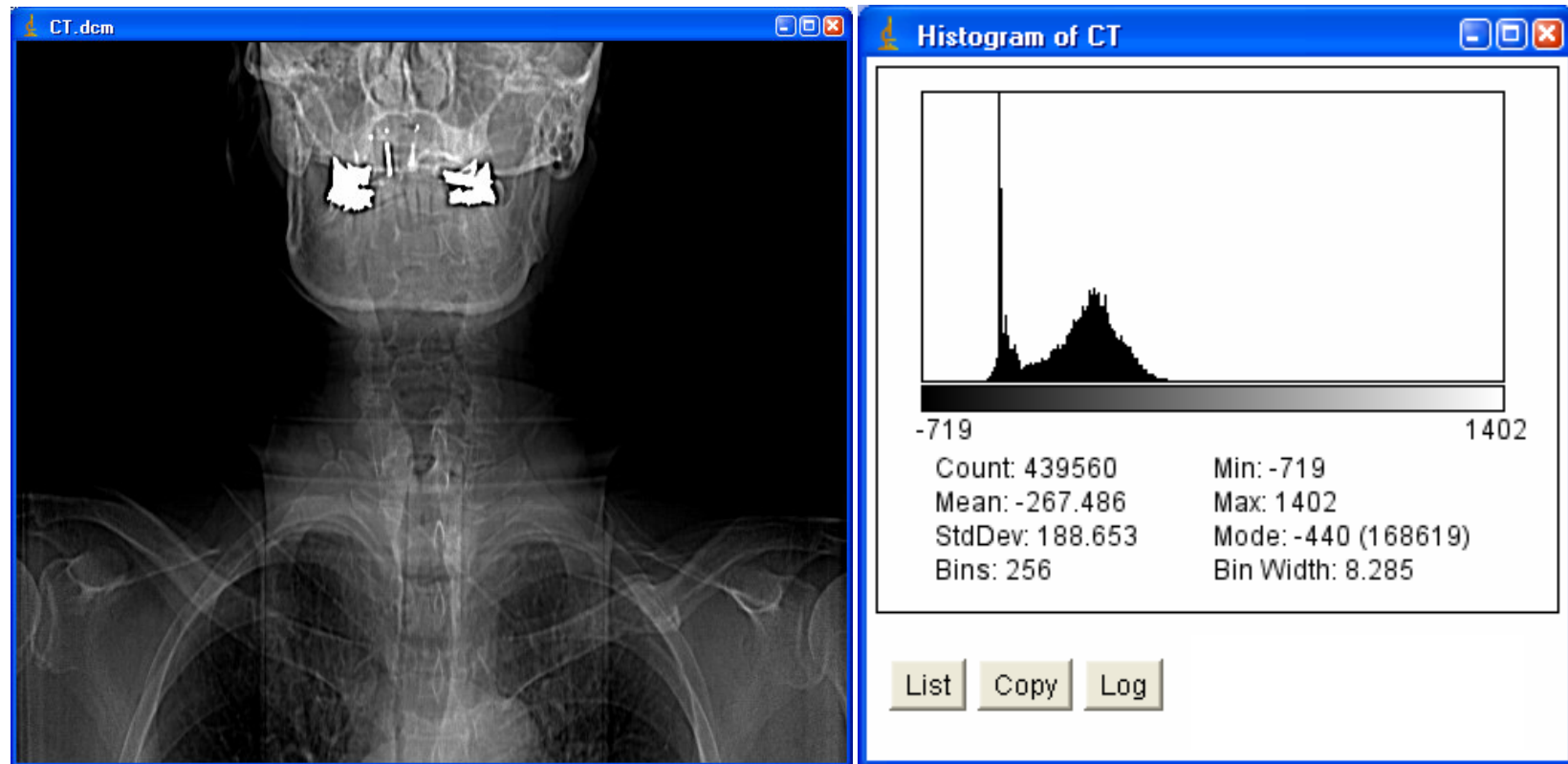


Sir Godfrey Hounsfield (1919-2004) – w 1979 roku otrzymał (wraz z Cormackiem) nagrodę Nobla za opracowanie podstaw tomografii komputerowej

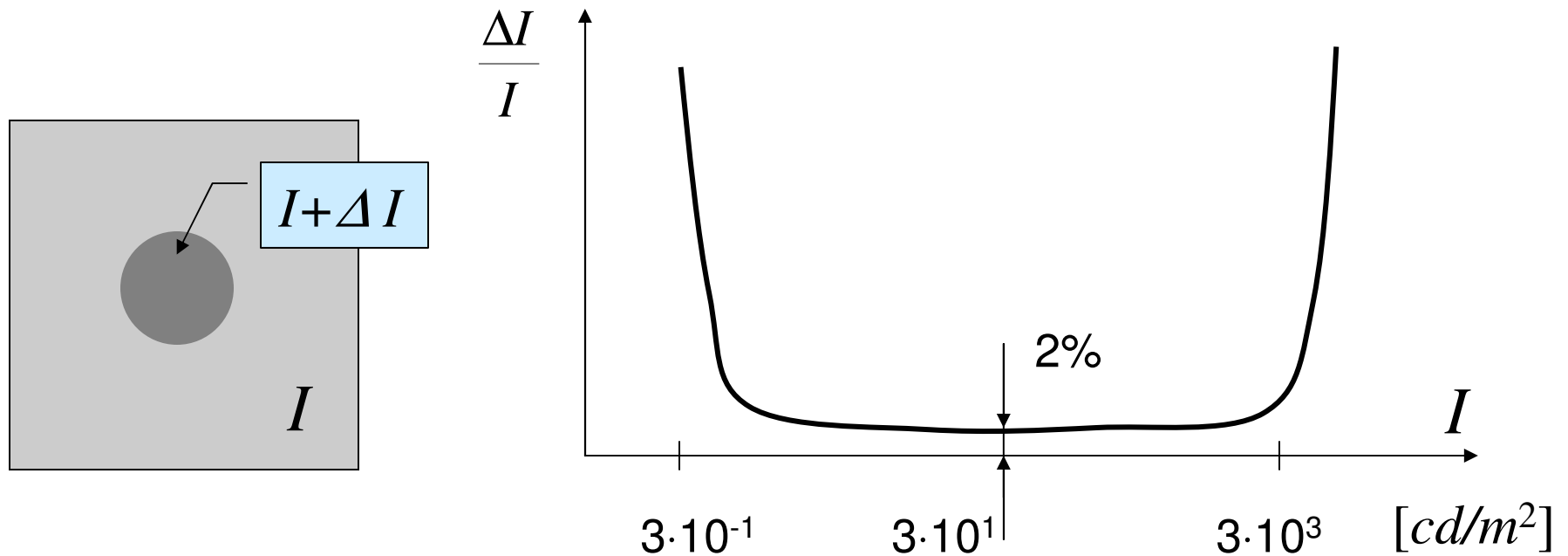




Skala Hounsfielda

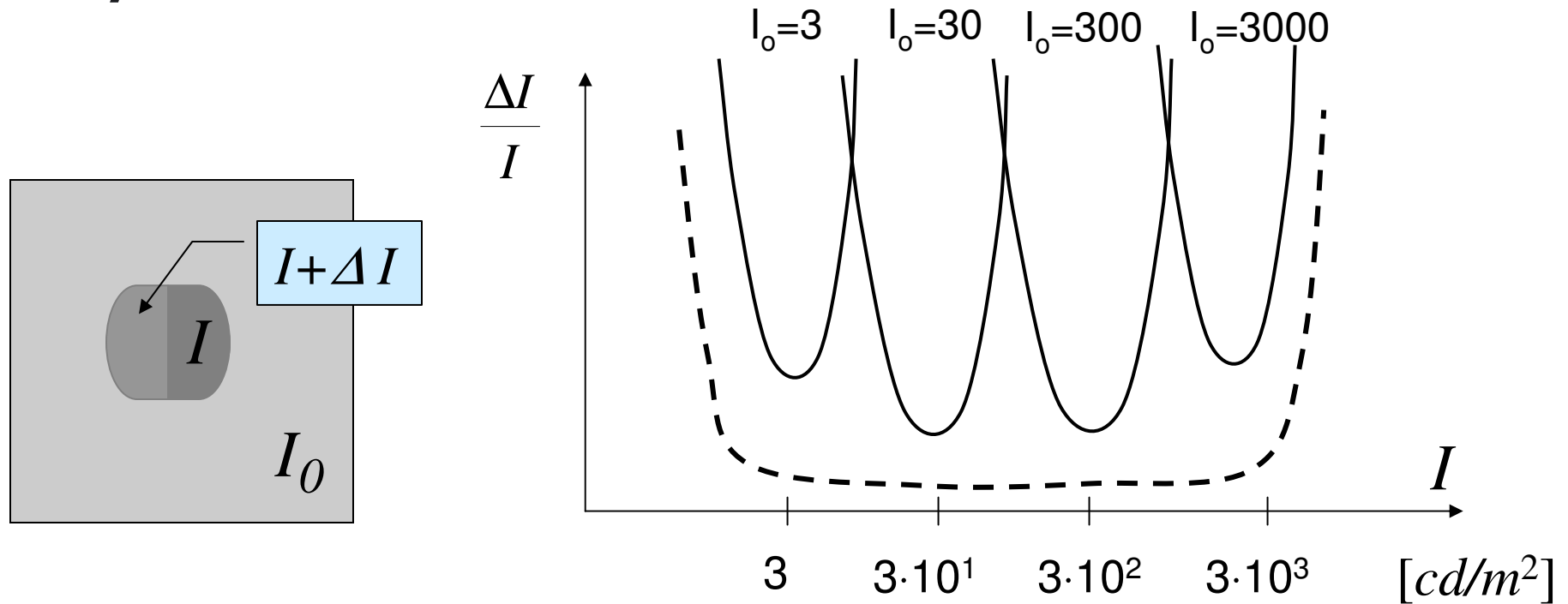


Krzywa Webera



Krzywa Webera obrazuje zdolność oka ludzkiego do rozróżniania efektów świetlnych o różnych jasnościach.

Krzywa Webera



Oko osiąga maksymalną rozróżnialność jasności gdy $I + \Delta I \approx I_0$



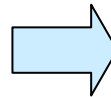
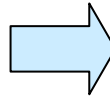
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Binaryzacja obrazu



dwa poziomy
jasności,
np. 0 i 255



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)



Binaryzacja obrazu – przykładowy algorytm

```
f, g:    array[0..M-1,0..N-1] of byte; // definicja obrazów
T:       byte // wartość progowa dla binaryzacji

.....

for x:=0 to M-1 do
  for y:=0 to N-1 do
    if f(x,y)<T then g(x,y)=0 else g(x,y)=255;
  end;
end;
```

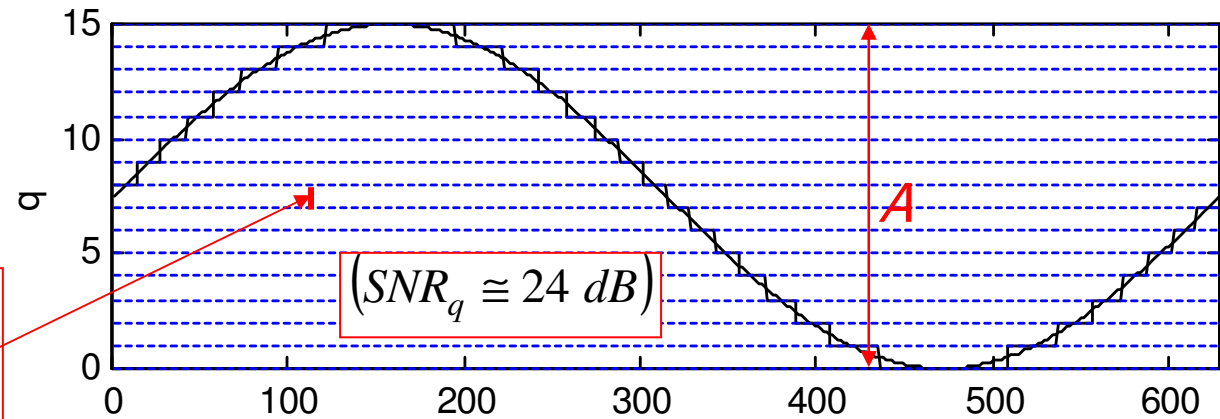


Szum kwantowania

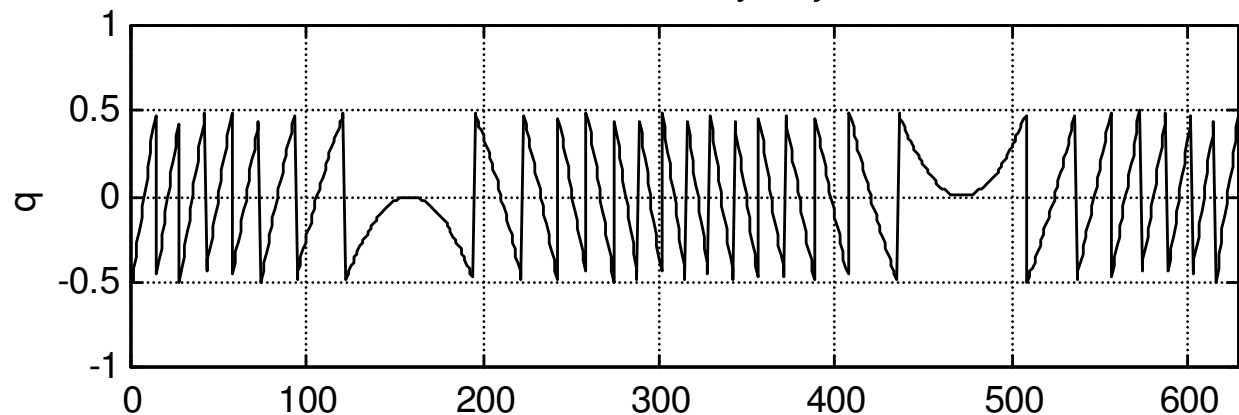
Odstęp kwantyzacji:

$$q = \frac{A}{2^B - 1}$$

Sygnał i sygnał skwantowany



Szum kwantyzacji



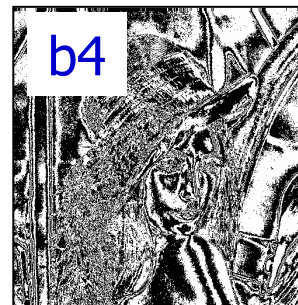
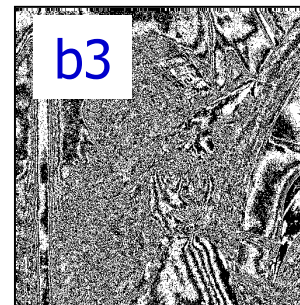
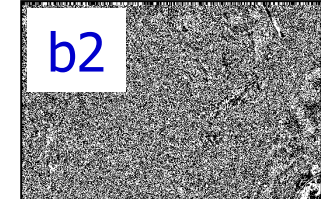
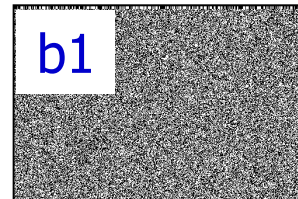
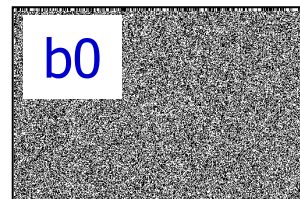
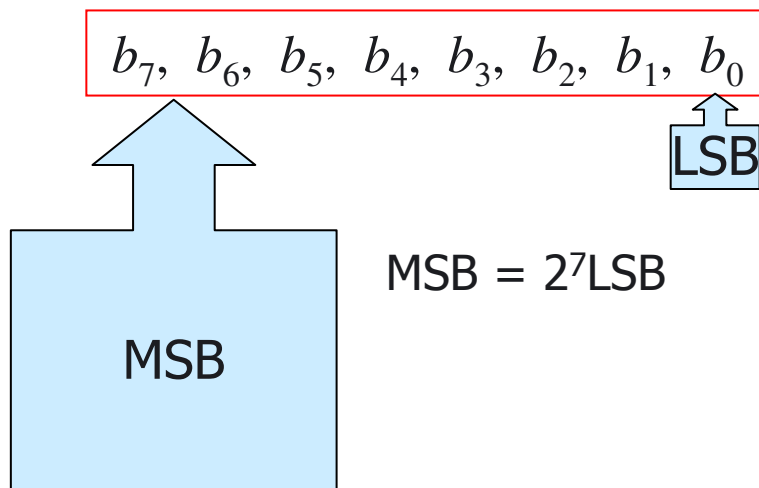
Stosunek sygnału do
szumu kwantyzacji:

$$SNR_q = 20 \log_{10} \left(\frac{A}{q} \right) = 20 \log_{10} (2^B - 1) \approx 20 \log_{10} (2^B) \approx 6B \quad [dB] \quad \text{np. dla } B=8, SNR_q \approx 48 \text{ dB}$$

Mapy bitowe obrazu monochromatycznego

Jasność obrazu:

$$I = 2^7 b_7 + 2^6 b_6 + 2^5 b_5 + 2^4 b_4 + 2^3 b_3 + 2^2 b_2 + 2^1 b_1 + 2^0 b_0$$





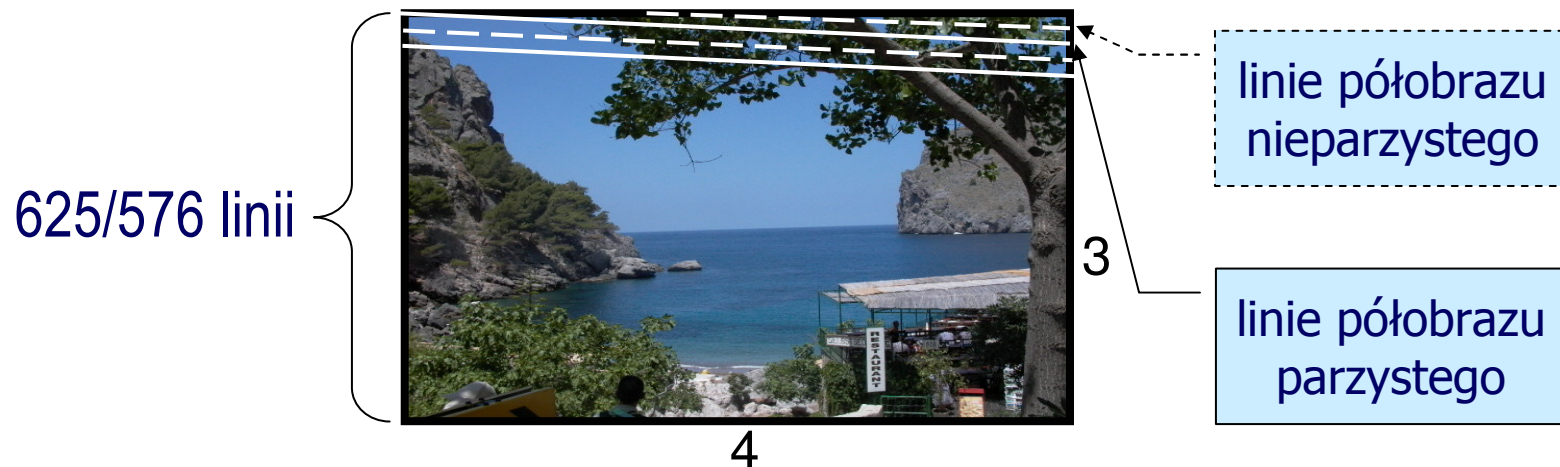
Standardy rozdzielczości obrazów

- **QCIF** (144×176) - (ang. *Common Intermediate Format Quarter*), starszy format stosowany w systemach wideokonferencyjnych i wyświetlaczach telefonów komórkowych,
- **CIF** (352×288) - (ang. *Common Intermediate Format*), format stosowany w systemach wideokonferencyjnych i w wyświetlaczach telefonów komórkowych,
- **VGA** (640×480) - (ang. *Video Graphics Array*), standard wykorzystywany w monitorach pierwszych komputerów PC,
- **SVGA** (800×600) - (ang. *Super Video Graphics Array*), standard SVGA większej rozdzielczości,
- **XVGA** (1024×768) - (ang. *eXtended*) - kolejny standard SVGA,
- **UXGA** (1600×1200) - (ang. *Ultra-eXtended*) - rozdzielczość obrazów wytwarzanych w specjalizowanych kartach graficznych,



Rozdzielczości obrazów TV

- **PAL** (576 linii) - (ang. *Phase Alternating Line*), liczba linii obrazu w standardzie nadawania wideo w telewizji analogowej (w TV analogowej wyświetlane kolejno linie obrazu nie podlegają podziałowi na punkty),



- **HDTV** (1280×720 i 1920×1080) - (ang. *High Definition TV*), liczby punktów obrazu stosowane w telewizji cyfrowej dużej rozdzielczości.

Skanowanie progresywne, 50 ramek/sek



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Podsumowanie

- Elementy składowe komputerowego systemu analizy obrazów
- Cele przetwarzania obrazów i przykłady ich analizy
- Obraz cyfrowy monochromatyczny (dyskretyzacja i kwantowanie)
- Szum kwantyzacji
- Właściwości percepcyjne systemu wzrokowego człowieka
- Standardy rozdzielczości obrazu



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (1)