

Michał Strzelecki

Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)

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



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Analiza obrazów - segmentacja

- Na czym polega analiza i segmentacja obrazów?
- Przykłady segmentacji
- Wybrane metody segmentacji
 - progowanie (różne odmiany)
 - metody segmentacji obszarowej
 - dopasowanie wzorca
 - metody gradientowe
 - sieci neuronowe
 -
- Zastosowania dla obrazów biomedycznych





Analiza obrazów

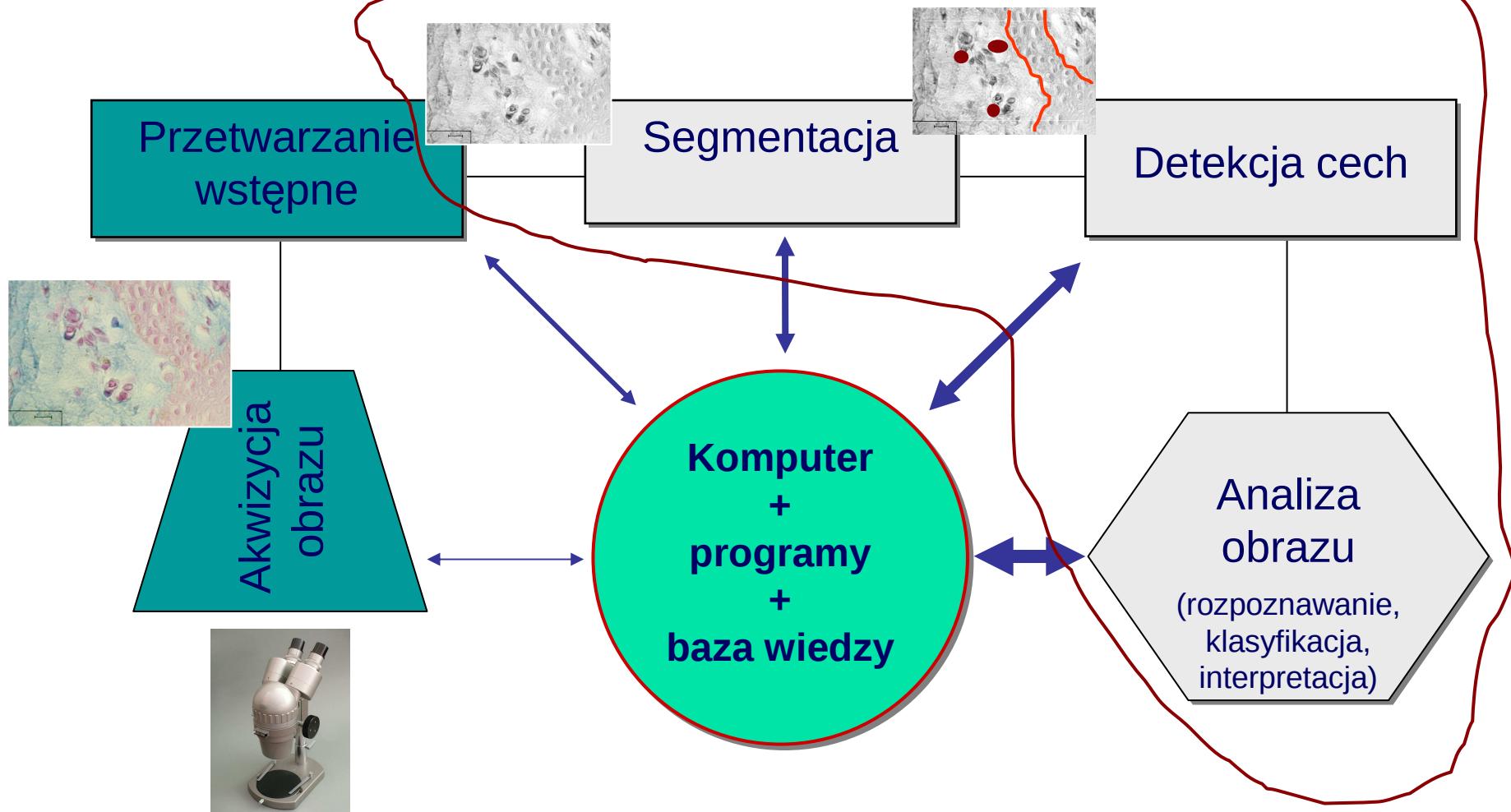
Analiza obrazu (ang. image analysis, scene analysis, image description, image understanding, pattern recognition, machine/computer vision) dotyczy metod wydobywania danych (informacji) z obrazów.

W odróżnieniu od metod **poprawy jakości obrazu, restauracji obrazów, kodowania obrazów**, wynikiem analizy obrazów jest nie obraz a dane w postaci numerycznej lub symbolicznej.





Analiza obrazów





Segmentacja

Segmentacja jest podstawowym etapem przetwarzania obrazów. Procedura segmentacji dzieli obraz na rozłączne obszary. W jej wyniku uzyskuje się wyodrębnienie fragmentów obrazu charakteryzujących się szczególnymi cechami (np. jasność, kolor, tekstura), do tła, tj. obszarów nie będących przedmiotem analizy.

Zadaniem procedur segmentacji obrazów jest jedynie podział obrazu na odpowiednie obszary a nie ich rozpoznawanie.





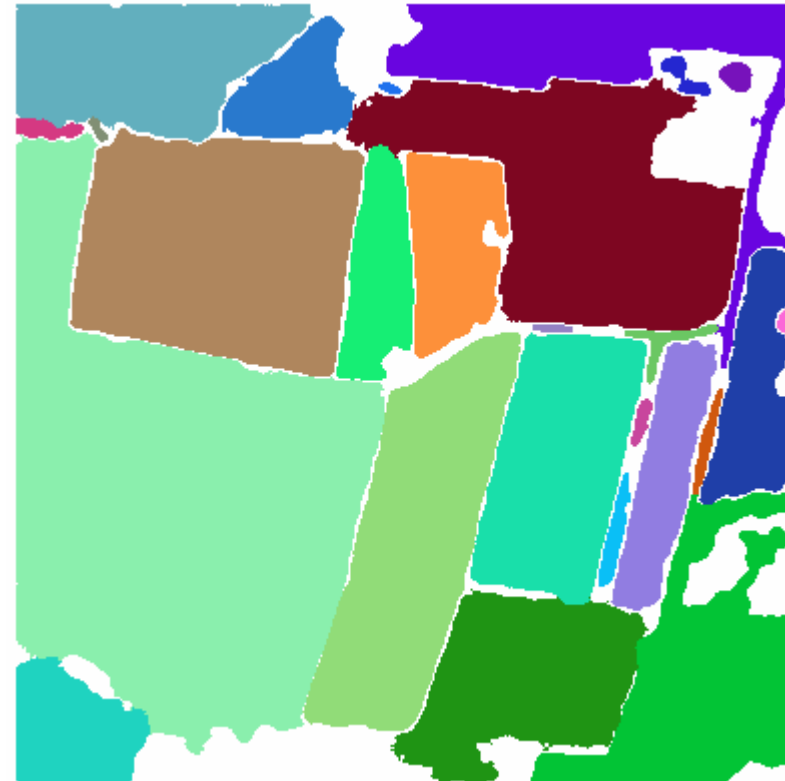
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Segmentacja - przykład



zdjęcie lotnicze



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)



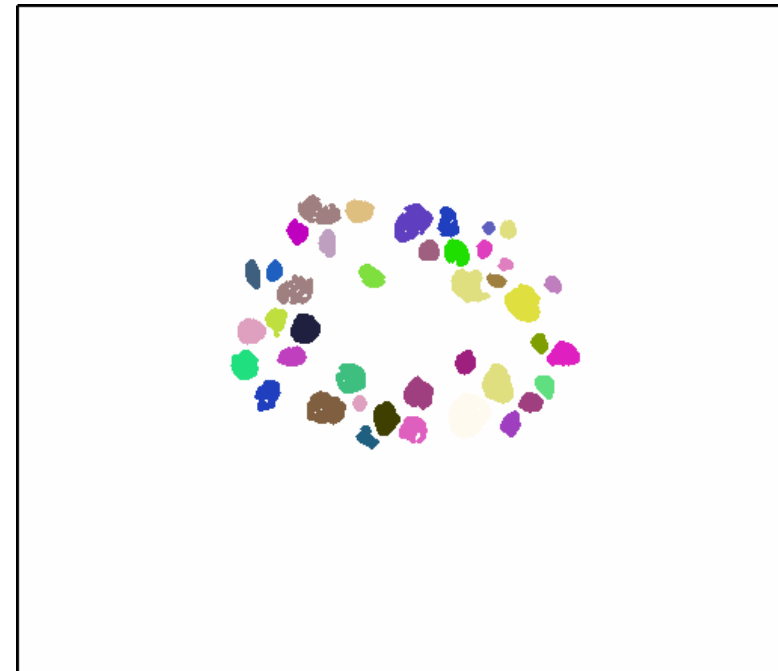
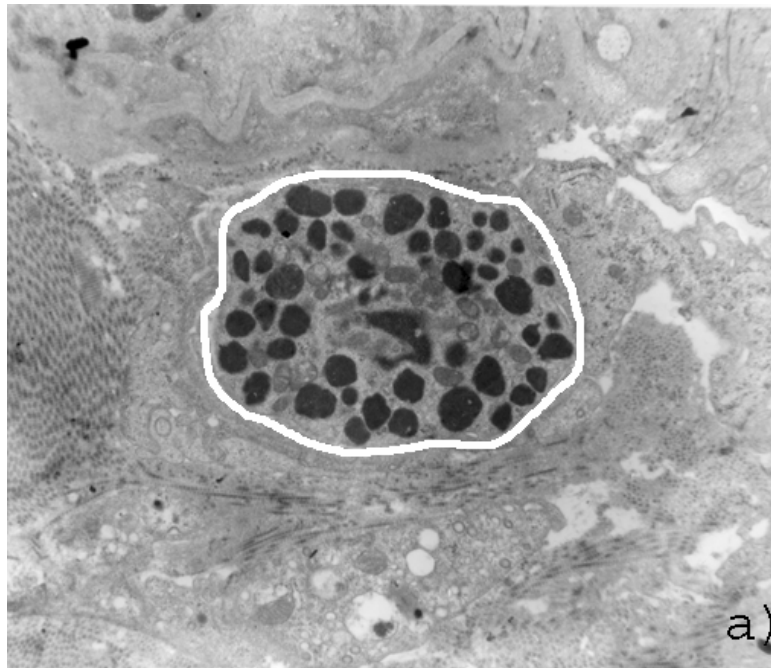
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Segmentacja - przykład



mikroskopowe zdjęcie komórek



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Segmentacja - przykład



optyczne zdjęcie wrzodu



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)

Obraz MRI kości stopy



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

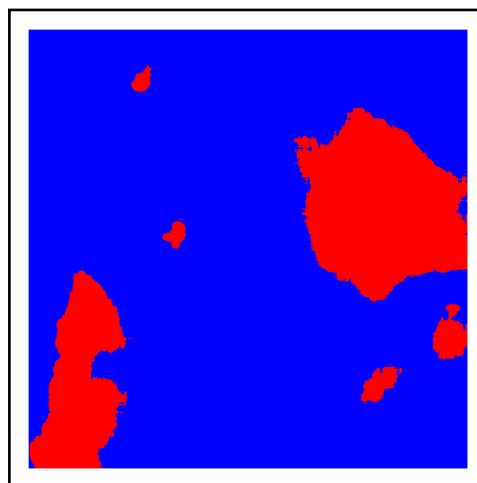


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

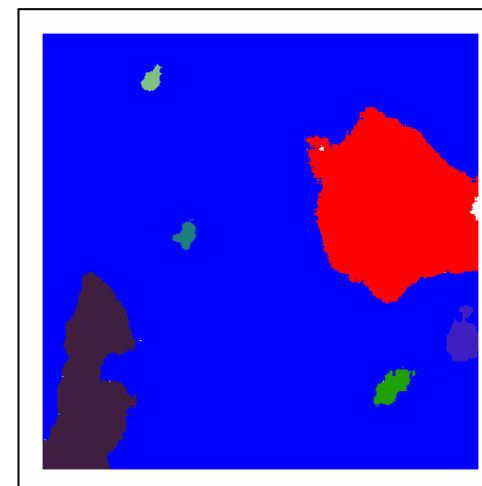
Segmentacja - przykład



obraz MR kości stopy



segmentacja -
sieć perceptronowa



segmentacja -
sieć oscylatorów



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)



Progowanie jasności

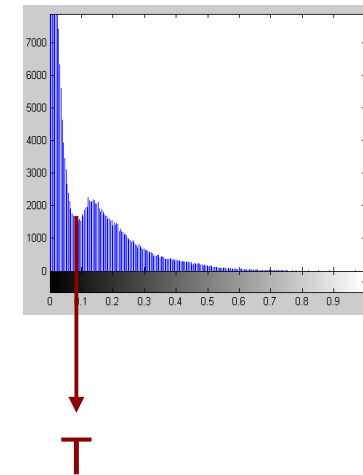
Segmentacja obrazu przez progowanie jasności jest podstawową metodą segmentacji obrazu.

Polega ona na określeniu wartości progowej T (w skali jasności obrazu), która dzieli punkty obrazu na dwie grupy, tj. punkty obrazu dla których $f(x,y) \geq T$ oraz punkty, dla których $f(x,y) < T$. Po operacji progowania otrzymuje się tzw. obraz binarny:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{dla } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{dla } f(x,y) < T \end{cases}$$

← punkty obiektu

← punkty tła





Progowanie jasności - odmiany

- Kiedy wartość progu jest ustalana na podstawie całego obrazu to taki próg jasności nazywamy **globalnym**. Sposoby wyznaczania progu:
 - metoda Otsu
 - analiza histogramu
- Gdy wartość progu jest zależna od współrzędnych przestrzennych (x,y) obrazu to mówimy, że próg jest ustalany **dynamicznie**
- Jeśli dodatkowo gdy próg jest zarówno zależny od jasności obrazu $f(x,y)$ i/lub od pewnej jego cechy $p(x,y)$ - np. średniej jasności obrazu w pewnym otoczeniu, to próg jest określany mianem **lokalnego**

$$T = T[p(x, y), f(x, y)]$$

- Progowanie może być **wielopoziomowe**, wtedy wartości określa się N wartości progów: $T = [T_1, T_2, \dots, T_N]$. W wyniku takiego progowania obraz podlega segmentacji na N+1 obszarów o różnych jasnościach. Np. dla N=2 (progowanie dwupoziomowe) wyznacza się trzy obszary:

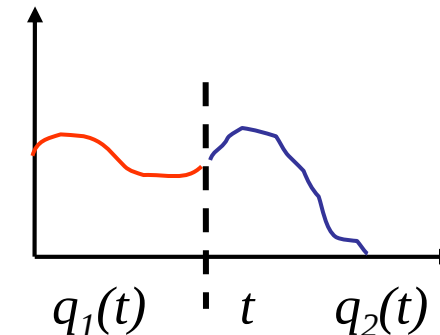
$$R1: \text{dla } f(x,y) \leq T_1, \quad R2: \text{dla } T_1 < f(x,y) \leq T_2, \quad R3: \text{dla } f(x,y) > T_2$$



Progowanie jasności – metoda Otsu

- brak założeń odnośnie rozkładów prawdopodobieństwa jasności tła i obiektów
- minimalizacja ważonej wariancji wewnątrzklasowej (maksymalizacja wariancji międzyklasowej)

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)$$



$$\sigma^2 = \sigma_w^2(t) \xrightarrow{\min} + \sigma_m^2(t) \xrightarrow{\max} = \sigma_w^2(t) + q_1(t)q_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i)$$

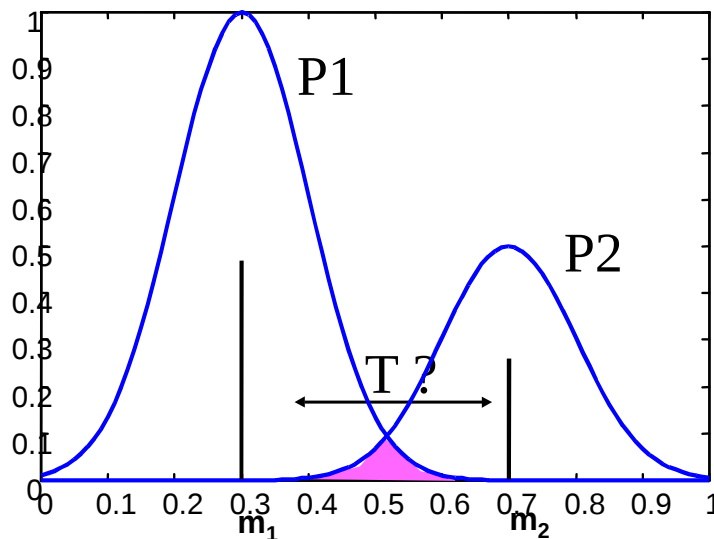
$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{q_1(t)}$$

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{q_1(t)}$$

Analiza histogramu

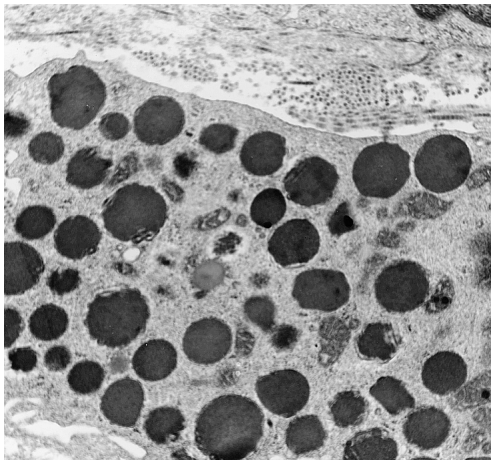
Jeśli obraz zawiera obszary o jasnościach skupionych wokół dwóch wartości średnich m_1 (obiekt), m_2 (tło), każde o rozkładzie Gaussowskim $N(0,s)$, w proporcjach P_1 i P_2 przy czym $P_1 + P_2 = 1$.

Wtedy wartość progu T minimalizującą całkowity błąd segmentacji obrazu (tj. liczby punktów obrazu należących do obiektu i zaliczonych do tła (*ang. **false positive***) oraz liczby punktów należących to tła i zaliczonych do obiektu (*ang. **false negative***) wynosi:

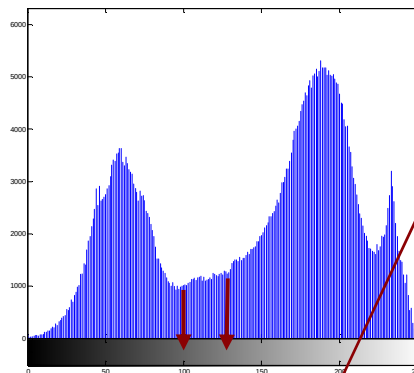


$$T = \frac{m_1 + m_2}{2} + \frac{\sigma^2}{m_1 - m_2} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

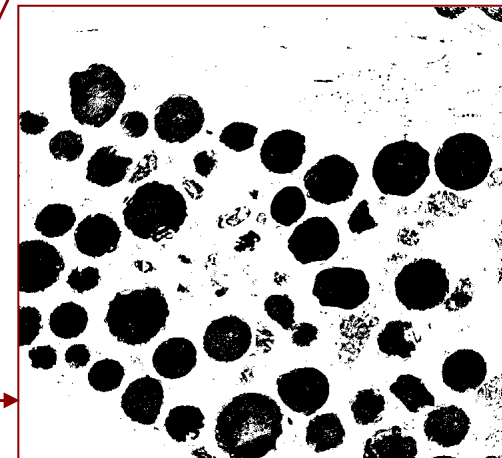
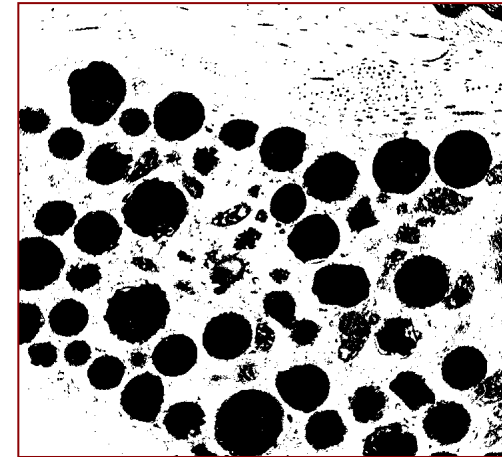
Progowanie jasności - przykład



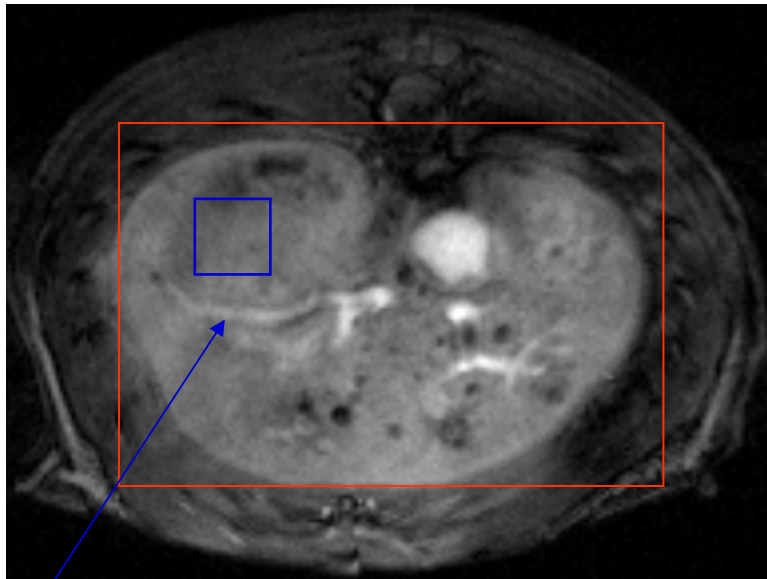
mikroskopowe zdjęcie
komórek skóry



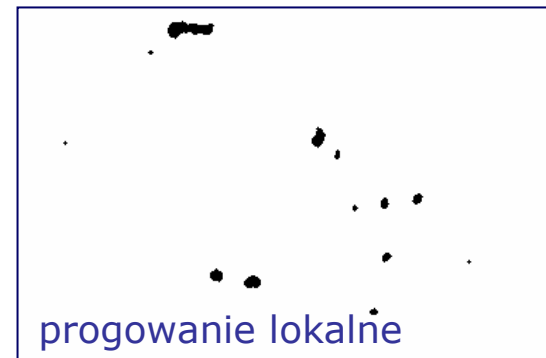
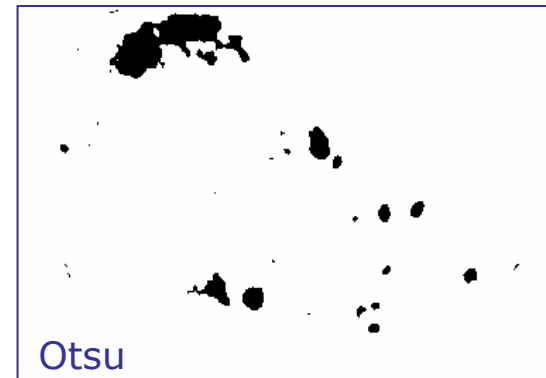
Otsu: $T=128$
optymalny: $T=101$



Progowanie jasności - przykład

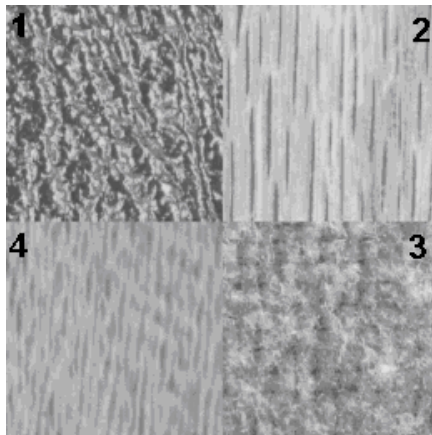


$$Thr = 0.5I_{mean(i,j)} - \frac{I_{median(i,j)}}{I_{min(i,j)} + 1} - \frac{I_{max(i,j)} - I_{min(i,j)}}{I_{min(i,j)} + 1} + \frac{I_{max(i,j)}}{I_{std(i,j)}} + \frac{I_{median(i,j)}}{I_{mean(i,j)}}$$

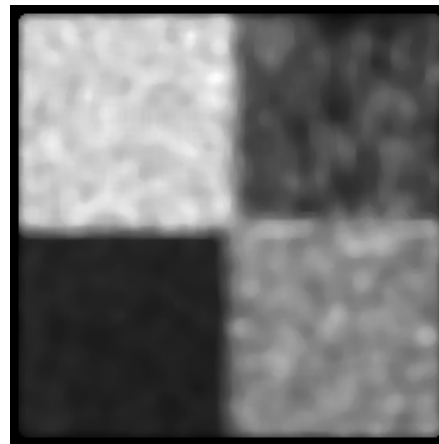




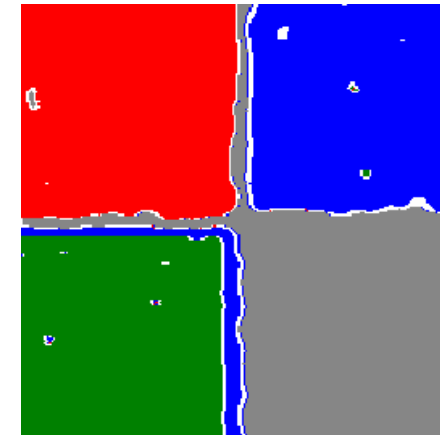
Progowanie wielopoziomowe



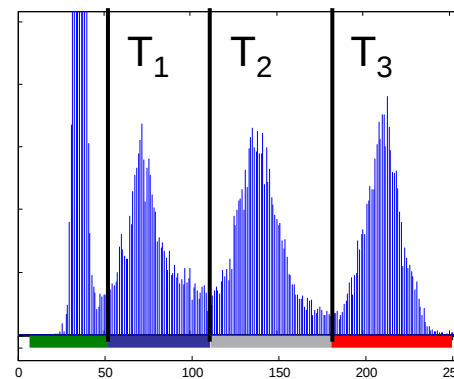
mozaika tekstur
z albumu Brodatza



konwersja do obszarów
o różnych jasnościach



wynik segmentacji





Obszarowe metody segmentacji

Obszarowe metody segmentacji polegają na identyfikacji obszarów obrazu, które są jednorodne, tzn. charakteryzują się pewnymi cechami wspólnymi (np. jasność, kolor, tekstura).

Wyróżnia się dwie, podstawowe metody segmentacji obszarów:

- **rozrost obszaru** (ang. ***region growing***),
- **podział obszaru** (ang. ***region splitting***).





Reguły segmentacji obszarowej

Niech R reprezentuje obszar całego obrazu. Segmentację obrazu definiuje się jako procedurę podziału R na N rozłącznych obszarów, $R_1, R_2, \dots, R_N$, takich że:

a) $R = \sum_{i=1 \dots N} R_i$

b) R_i jest obszarem spójnym, $i = 1, 2, \dots, N$,

c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ dla wszystkich i oraz j , $i \neq j$,

d) $P(R_i) = \text{TRUE}$ dla $i = 1, 2, \dots, N$,

e) $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ dla $i \neq j$

gdzie $P(R_i)$ jest predykatem logicznym określonym na obszarze R_i oraz $\emptyset$ jest zbiorem pustym.





Reguły segmentacji obszarowej

Warunek **a)** wymaga kompletności procedury segmentacji, tj. każdy z punktów obrazu powinien być przydzielony do jakiegoś obszaru.

Warunki **b)** i **c)** wymagają spójności oraz wzajemnej rozłączności obszarów.

Warunek **d)** stwierdza, że wszystkie punkty obszaru powinny spełniać pewien założony predykat logiczny.

Warunek **e)** wskazuje, że predykat przynależności do danego obszaru nie może być prawdziwy dla sumy dwóch różnych, dowolnie wybranych obszarów. Przykład predykatu:

$$|z_{R_i}(x, y) - m_i| \leq 2\sigma_i$$

gdzie: $z(x, y)$ jasność punktu (x, y) , m_i , σ_i to wartość średnia i odchylenie standardowe jasności punktów obszaru R_i .



Rozrost obszaru

Segmentacja obrazu jest inicjowana od punktów obrazu zwanych „ziarnami” (*ang. seed points*). Obszar podlega rozrostowi o nowe punkty obrazu posiadające podobne cechy (tj. spełniające pewne kryterium jednorodności), np. może to być kryterium wartości pewnej miary podobieństwa.

		2	1	2	3			
		1	SP	1	2			
		2	1	2				
			2	3				

Główne problemy:

- wybór punktów startowych
- wybór kryterium rozrostu obszaru





Rozrost obszaru

Jako kryterium jednorodności, stosuje się najczęściej miary podobieństwa określone dla zestawu cech (wektora cech) opisujących dany obszar. Przykładowe miary podobieństwa:

- ***iloczyn skalarny wektorów:***

$$\langle \mathbf{f}_i^T \mathbf{f}_j \rangle = |\mathbf{f}_i| |\mathbf{f}_j| \cos(\mathbf{f}_i, \mathbf{f}_j)$$

- ***odległość Euklidesowa:***

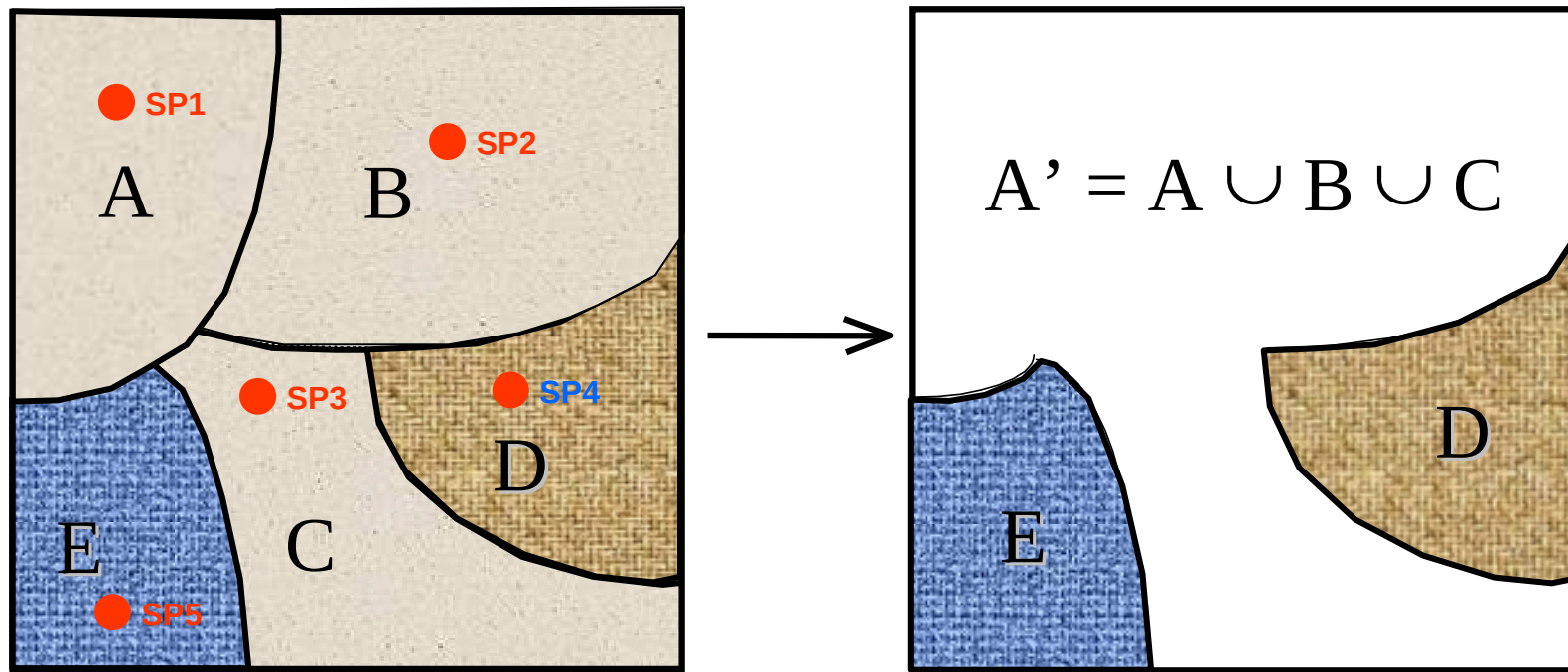
$$d(\mathbf{f}_i, \mathbf{f}_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^P (f_i^k - f_j^k)^2}$$

gdzie $\mathbf{f} = [f^1, f^2, \dots, f^P]$, P – liczba cech





Rozrost obszaru





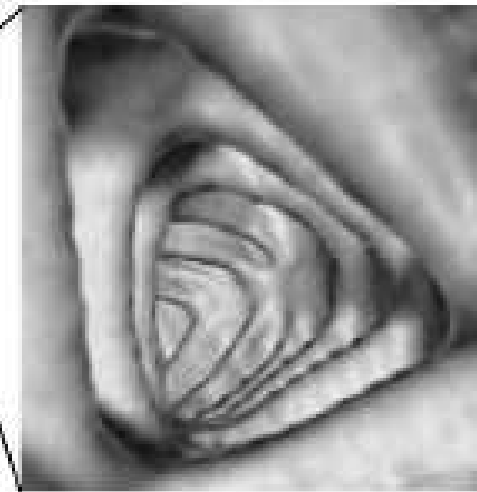
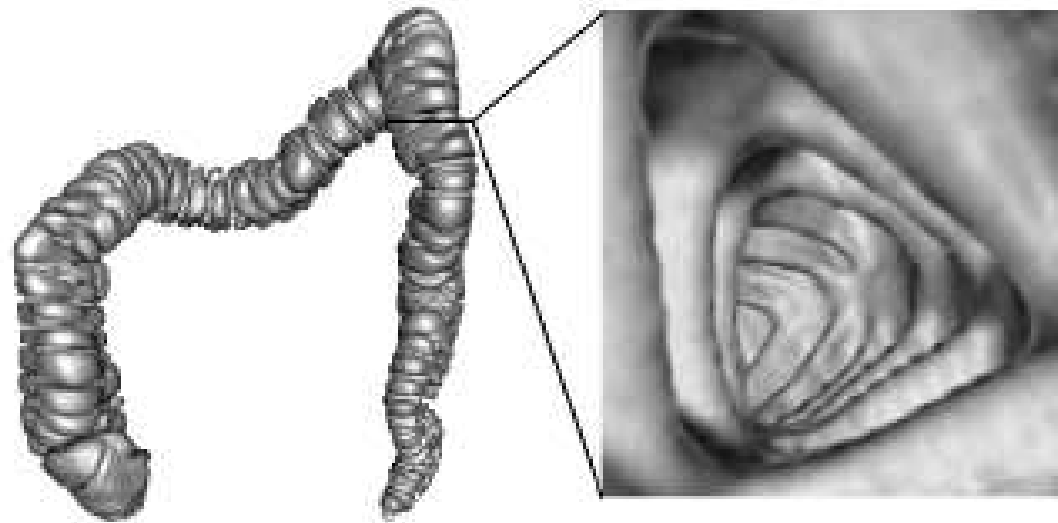
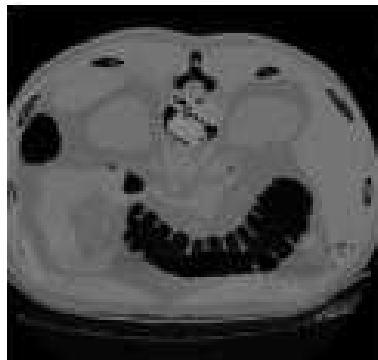
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rozrost obszaru



wynik 3D rekonstrukcji jelita grubego na podstawie przekrojów z tomografu CT

[A. Skalski, Segmentacja 3D danych medycznych pochodzących z tomografii komputerowej oraz endoskopowych zapisów wideo, rozprawa doktorska, AGH 2009]



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (5)



Podział obszaru

Obraz jest wstępnie dzielony na pewną liczbę rozłącznych obszarów. Następnie, obszary te podlegają podziałowi lub łączeniu tak by spełnione były zdefiniowane kryteria segmentacji obszarowej.

Przykładowy algorytm podziału obszaru:

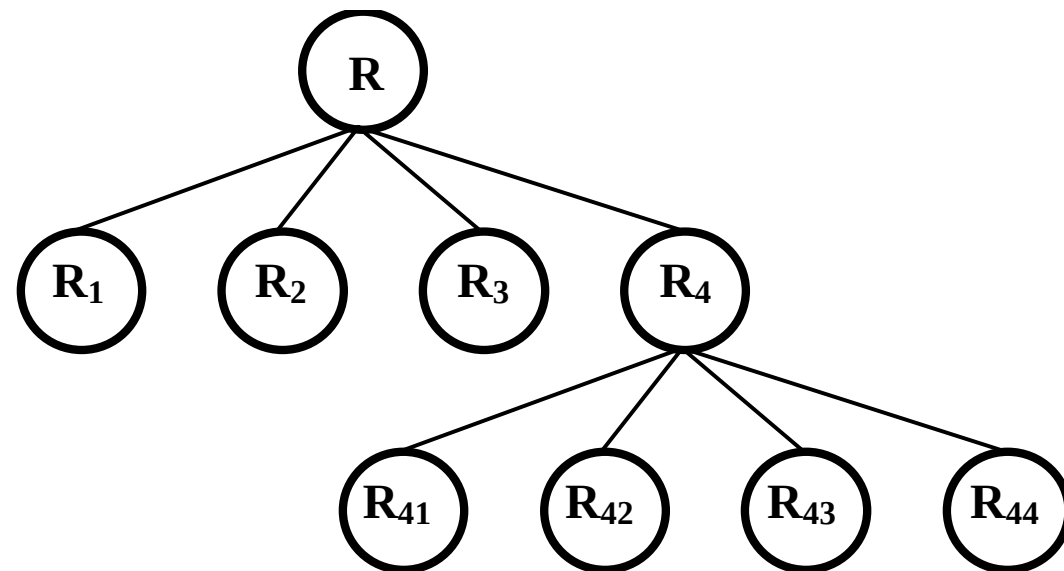
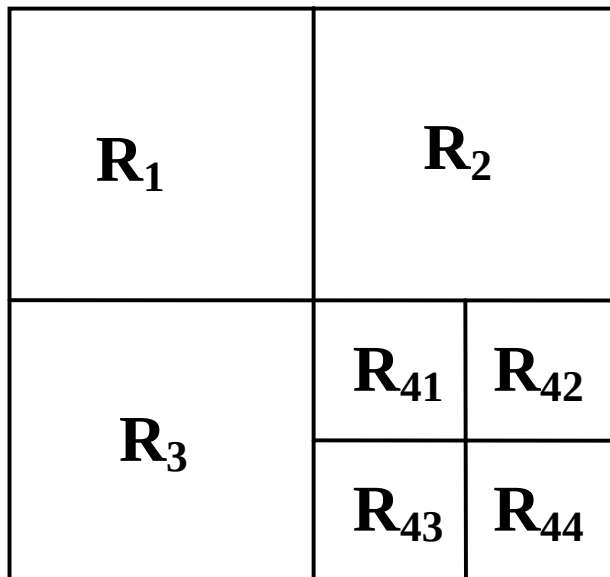
tzw. dekompozycja wg drzewa czwórkowego (ang. *quad-tree decomposition*)

- podziel obraz 4 na kwadraty (prostokąty)
- jeżeli dla obszaru R_i : $P(R_i) = FALSE$ to dziel ten obszar na kolejne 4 kwadraty (prostokąty)
- łącz dwa sąsiednie obszary jeżeli $P(R_i \cup R_j) = TRUE$
- koniec segmentacji, jeżeli dalszy podział lub łączenie obszarów nie jest możliwe





Podział obszaru – drzewo czwórkowe





Podział obszaru – drzewo czwórkowe (demo Matlab)

