

Michał Strzelecki

Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (7)

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 – detekcja cech

- Dlaczego wyznacza się cechy obiektów lub obszarów?
- Przykładowe cechy i sposoby ich wyznaczania
 - cechy geometryczne
 - cechy związane z kształtem obiektu
 - reprezentacja konturów
- Zastosowania dla obrazów biomedycznych

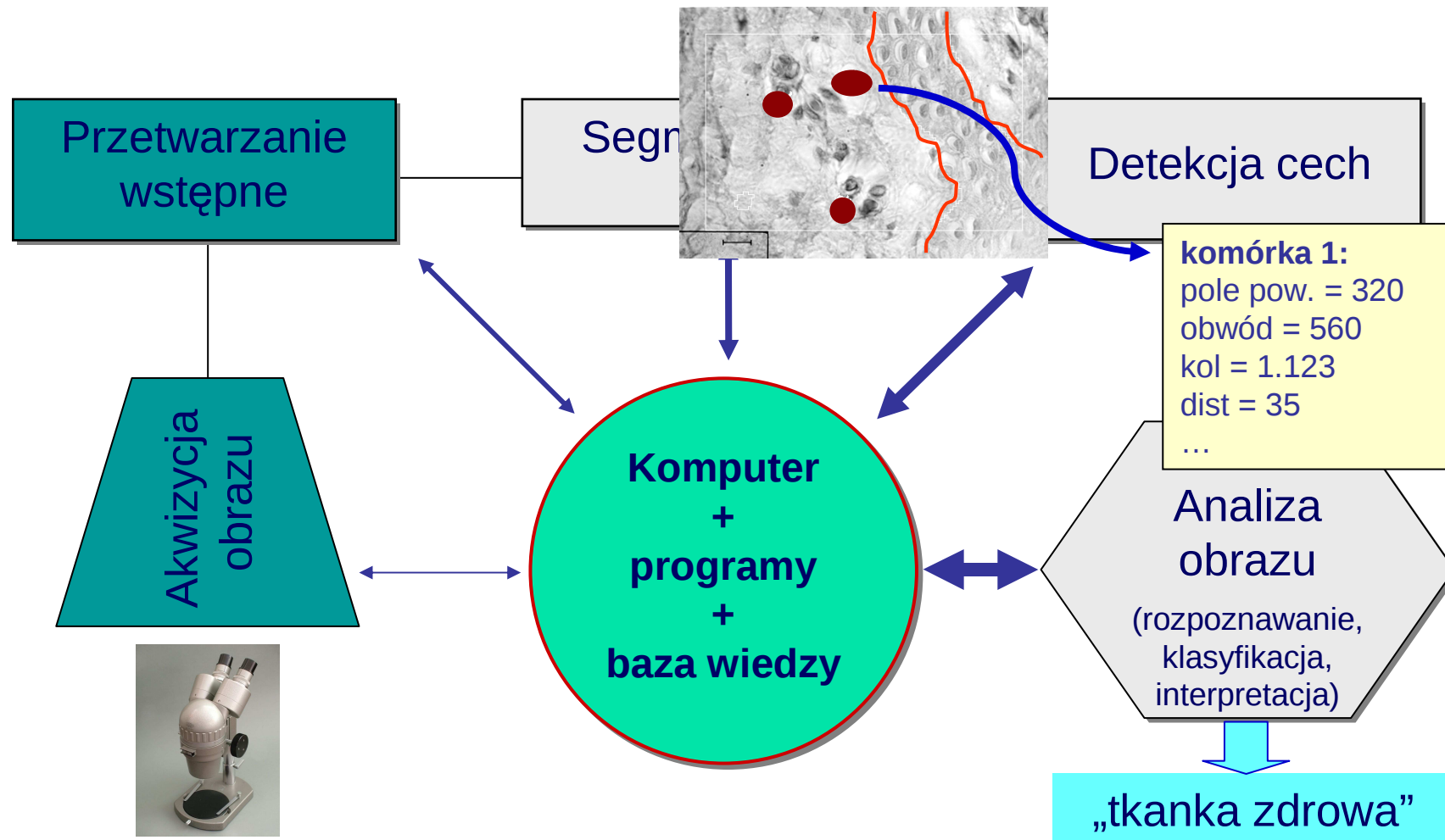


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

M. Strzelecki, Metody przetwarzania i analizy obrazów biomedycznych (7)

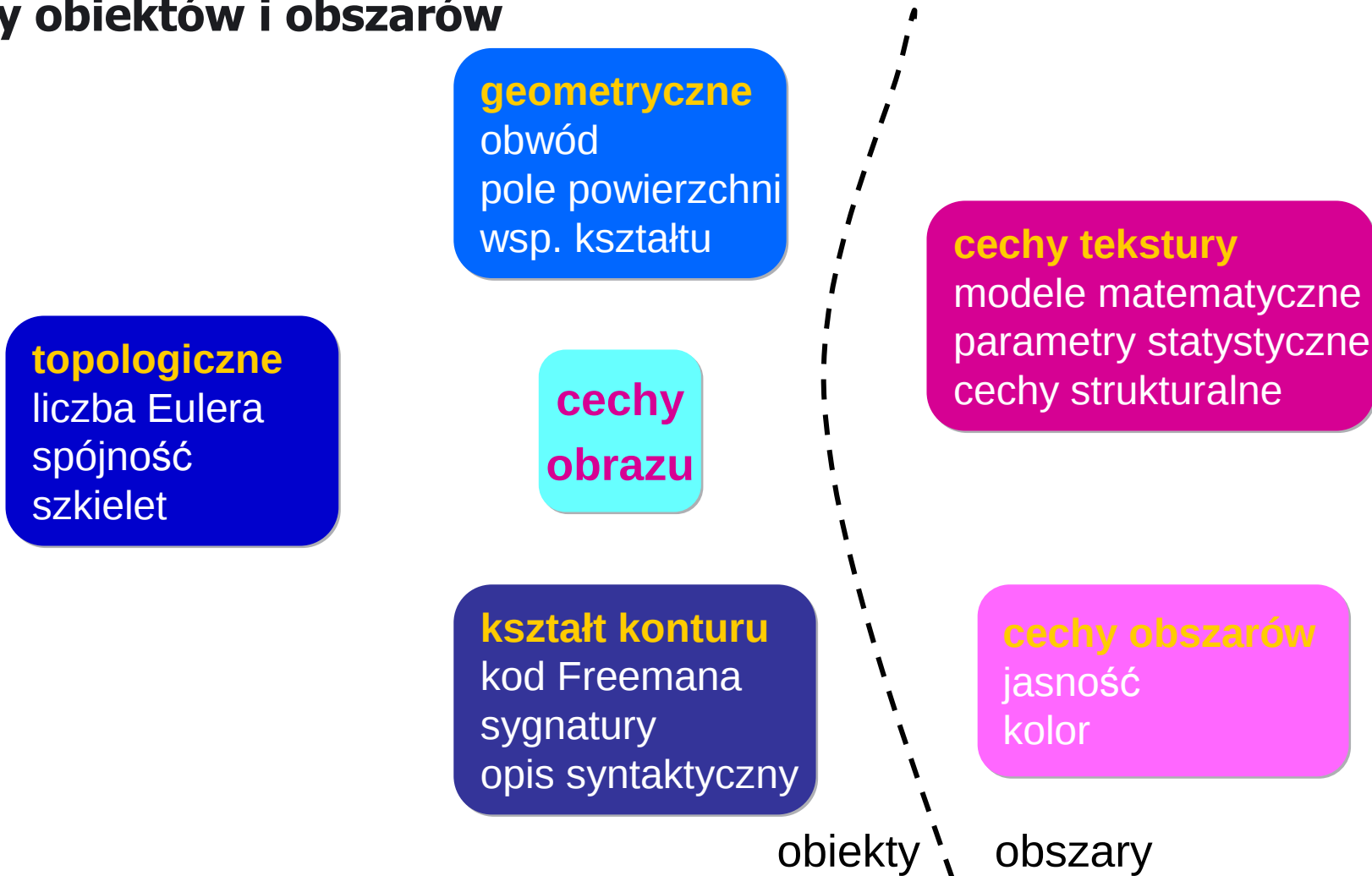


Detekcja cech – element analizy obrazu





Cechy obiektów i obszarów





Sąsiedztwo punktu w obrazach dyskretnych

	5	6	7
	4	$x(i,j)$	0
	3	2	1

Bezpośredni sąsiedzi

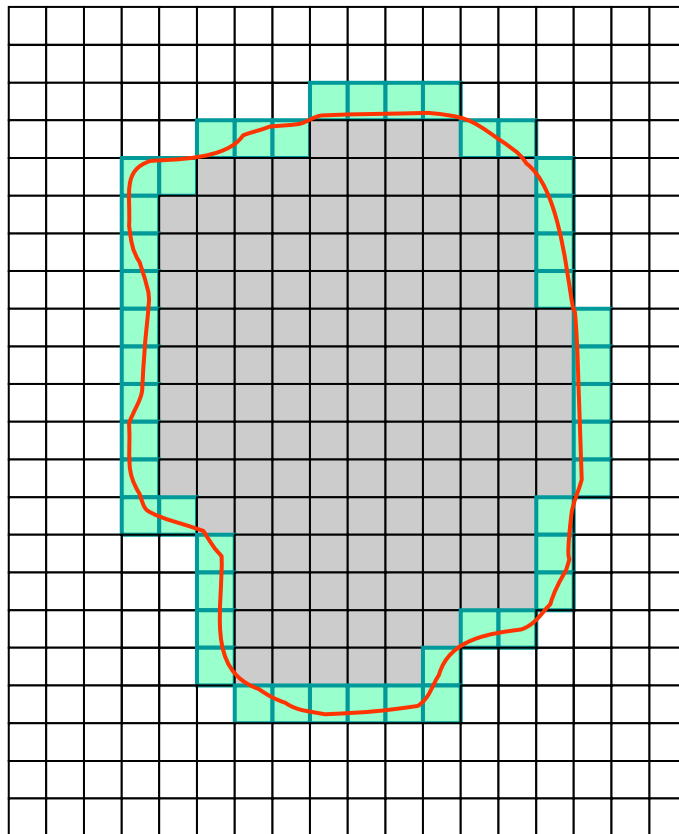
(B-sąsiedzi) punktu $x(i,j)$: punkty, które mają wspólne 'boki' z $x(i,j)$
[0, 2, 4, 6].

Niebezpośredni sąsiedzi

(N-sąsiedzi) punktu $x(i,j)$: punkty, które mają wspólne 'rogi' z $x(i,j)$
[1, 3, 5, 7].



Wyznaczanie konturu obiektu



Kontur (N-kontur) to zbiór elementów obiektu mających przynajmniej jednego B-sąsiada nie należącego do obiektu

Wyznaczanie konturu obiektu

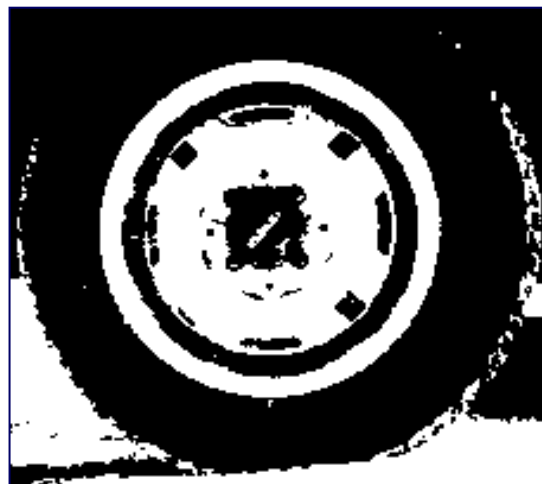
```
%MATLAB  
x = imread('tire.tif');  
BW1=im2bw(x,0.2);           %progowanie obrazu  
BW2 = bwperim(BW1,8);       %n-kontur dla 8-sąsiedzwa
```

Dla siatki dyskretnej,
długość brzegu figury
nie jest liczbą punktów
brzegowych!

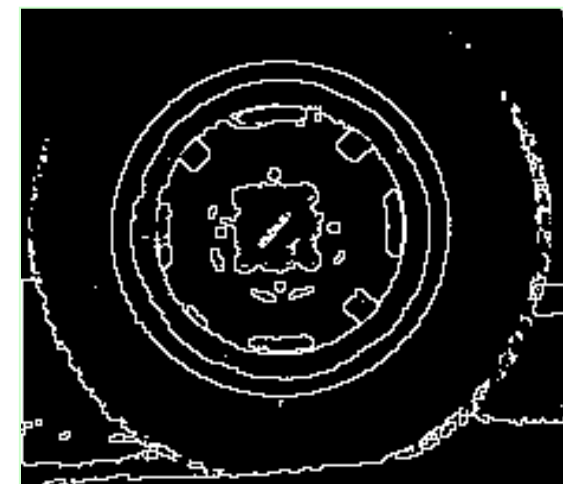
x



BW1



BW2





Wyznaczanie konturu obiektu (1)

Obwód obiektu równy jest liczbie elementów jego konturu

		1	2	3		
	15				4	
	14				5	
	13				6	
		12			7	
		11	10	9	8	

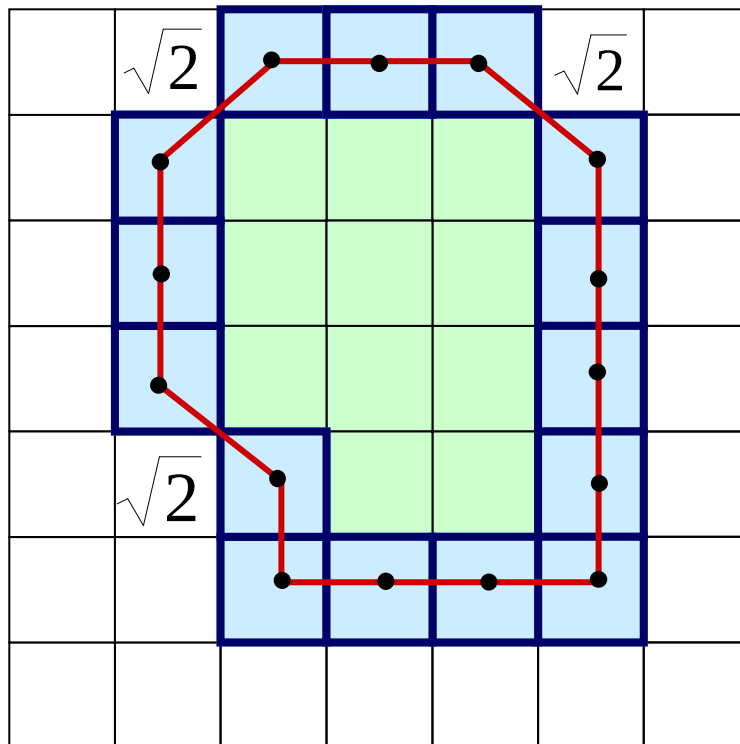
Obwód = 15

Metoda ta wprowadza
stosunkowo duży błąd
estymatora wartości
obwodu obiektu



Wyznaczanie konturu obiektu (2)

Obwód obiektu równy jest sumie długości odcinków łączących środki elementów konturu. Przyjmuje się, że element konturu jest kwadratem o boku = 1.



$$\text{Obwód} = 12 + 3\sqrt{2}$$

Metoda ta jest dokładniejsza
niż metoda poprzednia



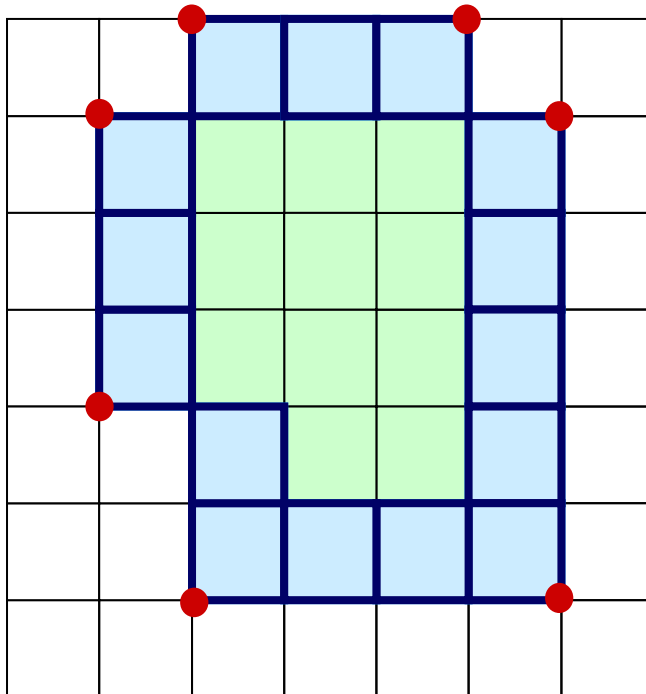
Wyznaczanie konturu obiektu

Obwód obiektu wyznacza się na podstawie wzoru:

$$O = aN_B - bN_W$$

N_B - liczba zewnętrznych boków elementów konturu,

N_A - liczba wierzchołków konturu



$$a = \frac{\pi(1+\sqrt{2})}{8} \quad b = \frac{\pi}{8\sqrt{2}}$$

$$\text{Obwód} = 22a - 7b$$

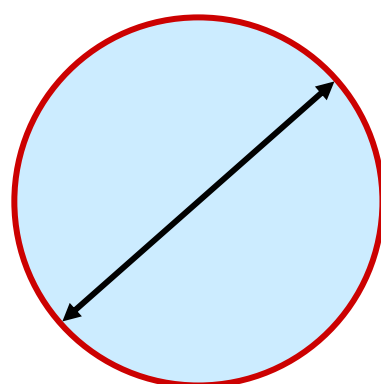
Metoda ta zapewnia estymator długości o zerowej wartości średniej i minimalnej wariancji dla odcinków nachylonych pod różnym kątem



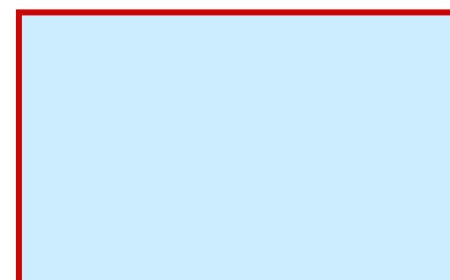


Wyznaczanie konturu obiektu

Zastosowana metoda	liczba elementów obwodu (1)	Aproksymacja z wykorzystaniem $\sqrt{2}$ (2)	Obliczenia na podstawie wzoru (3)	“rzeczywista” długość obwodu
dł. obwodu prostokąta	276,0	276,0	263,2	280
dł. obwodu okręgu	180,0	211,5	203,5	204,2



d=65



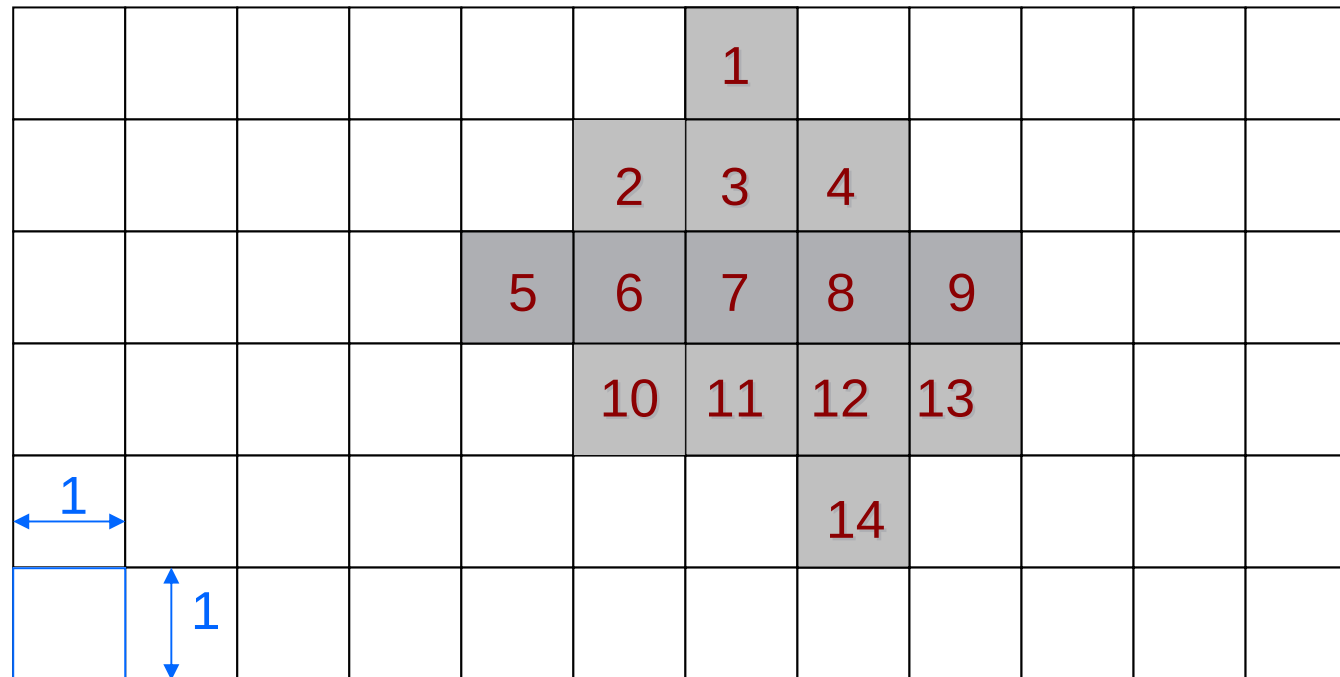
a=90

b=50





Wyznaczanie pola powierzchni

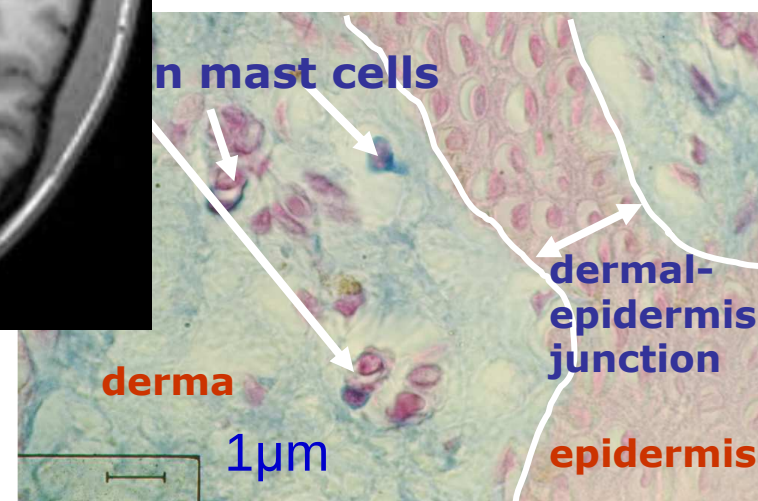
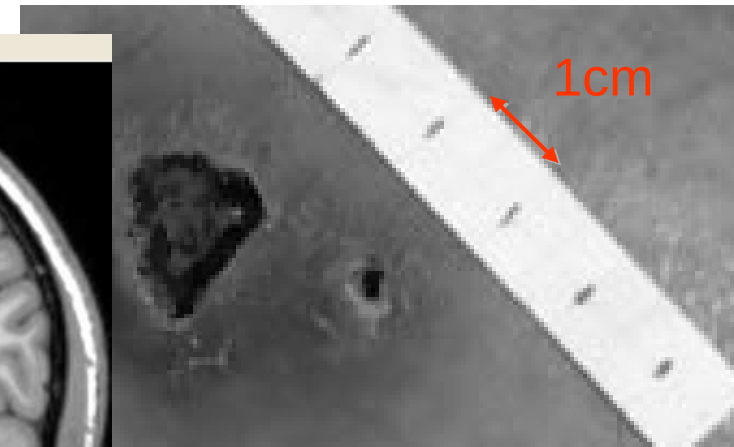
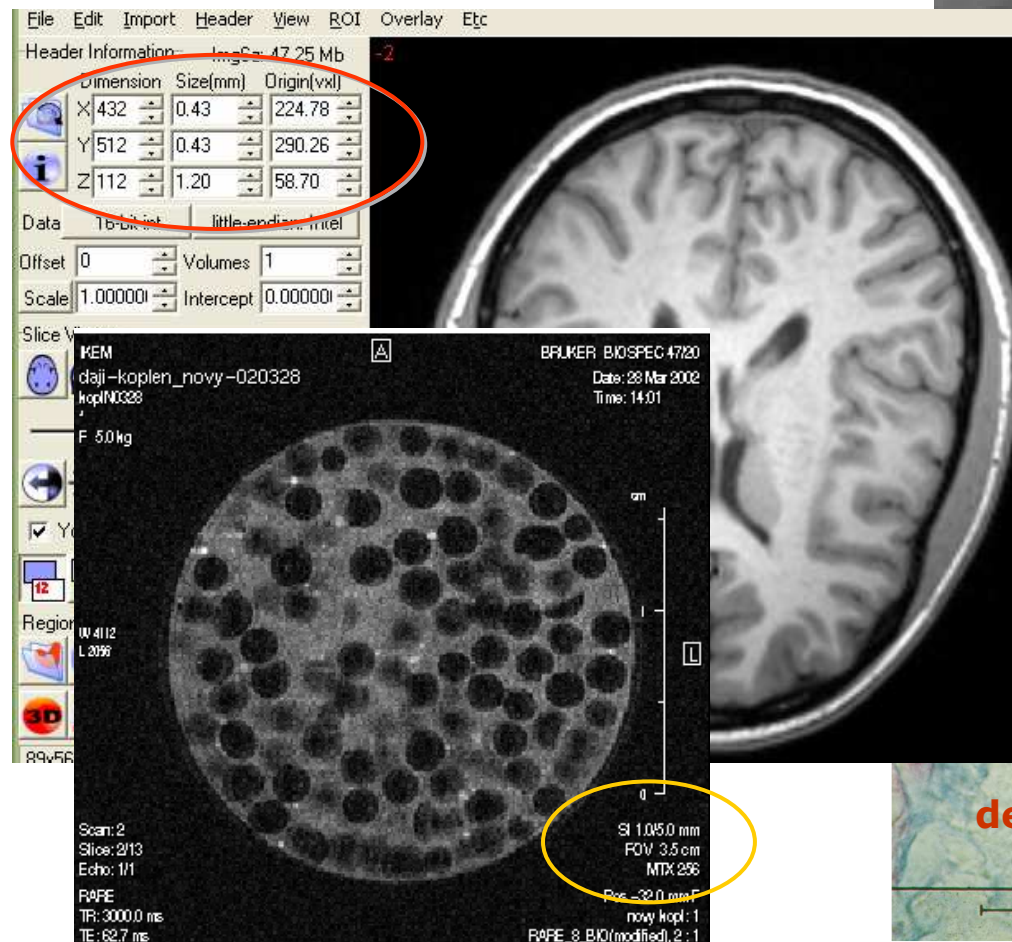


Pole powierzchni – liczba pikseli obiektu

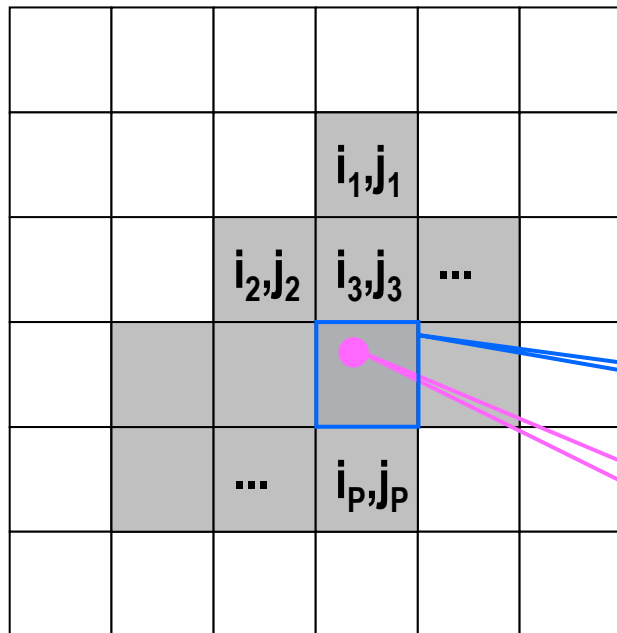
```
%MATLAB  
A = bwarea(I)
```



Skala



Wyznaczanie środków ciężkości obiektów



$$SC_i = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P i_k, \quad SC_j = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P j_k$$

P – liczba elementów obiektu

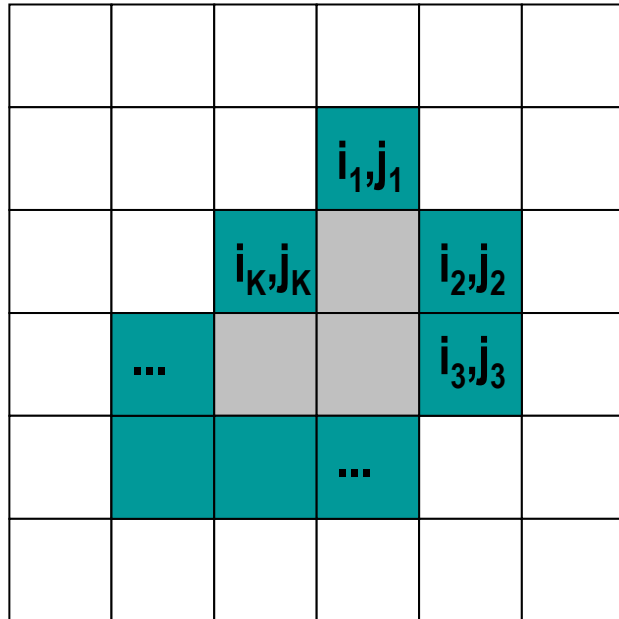
$\text{round}(SC_i, SC_j)$

(SC_i, SC_j)

Środki ciężkości służą do określania położenia obiektu w obrazie.
Ich wartości nie muszą być liczbami całkowitymi.



Wyznaczanie środków ciężkości obiektów



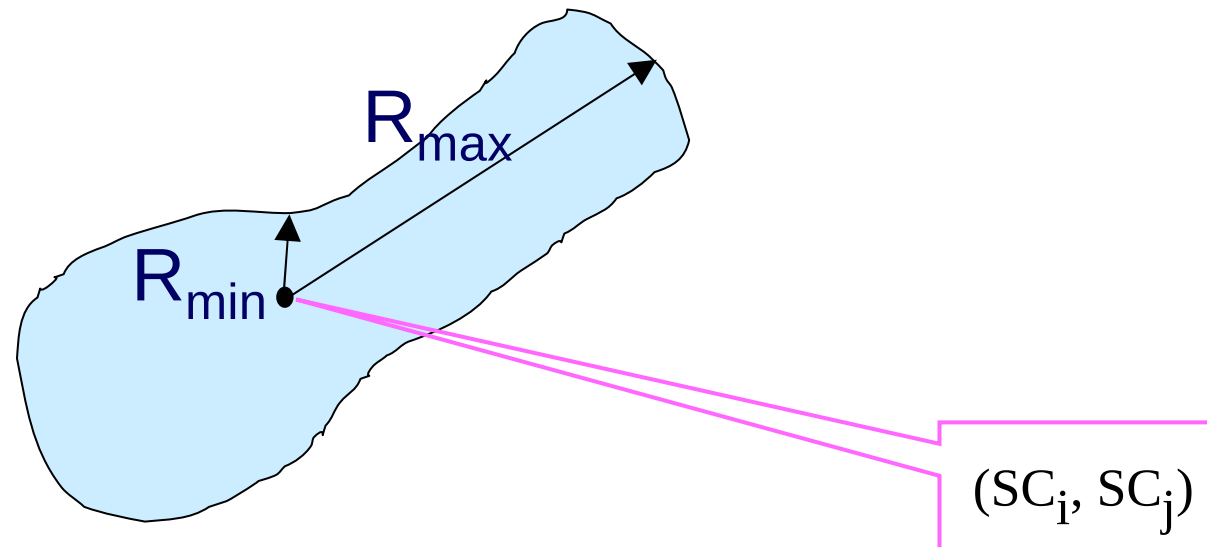
$$SC_i = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K i_l, \quad SC_j = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K j_l$$

K – liczba elementów konturu obiektu

Ta metoda jest szybsza, ponieważ $K < P$ (liczba punktów obiektu)



Promienie $R_{\min}$, $R_{\max}$



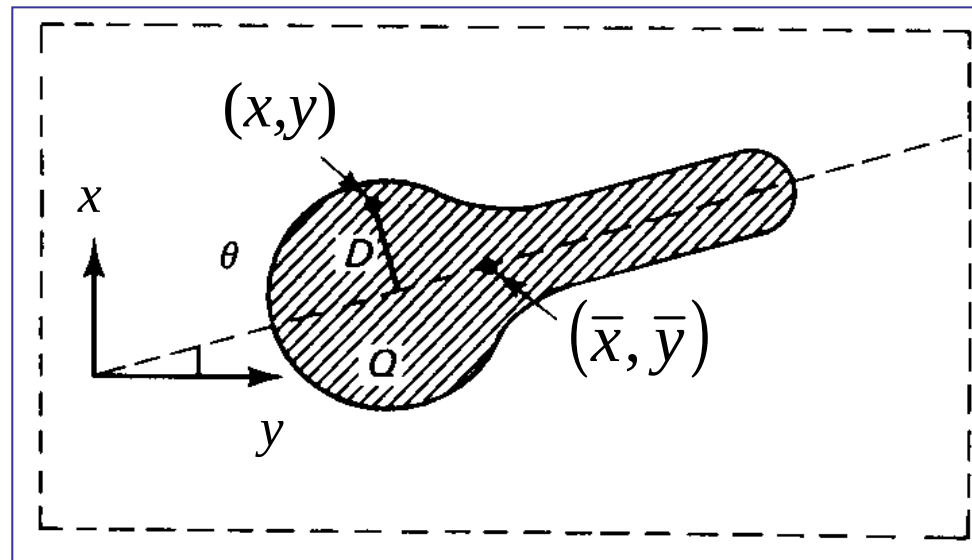
Promienie $R_{\min}$, $R_{\max}$ są odpowiednio najdłuższymi i najkrótszymi promieniami wyprowadzonymi ze środka ciężkości figury do jej konturu. Stosunek $A_R = R_{\max}/R_{\min}$ określany jest jako miara wydłużenia figury (ang. *object aspect ratio*).

Kierunek osi o najmniejszym momencie bezwładności

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right]$$

$$\mu_{p,q} = \sum_{(x,y) \in R} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q$$

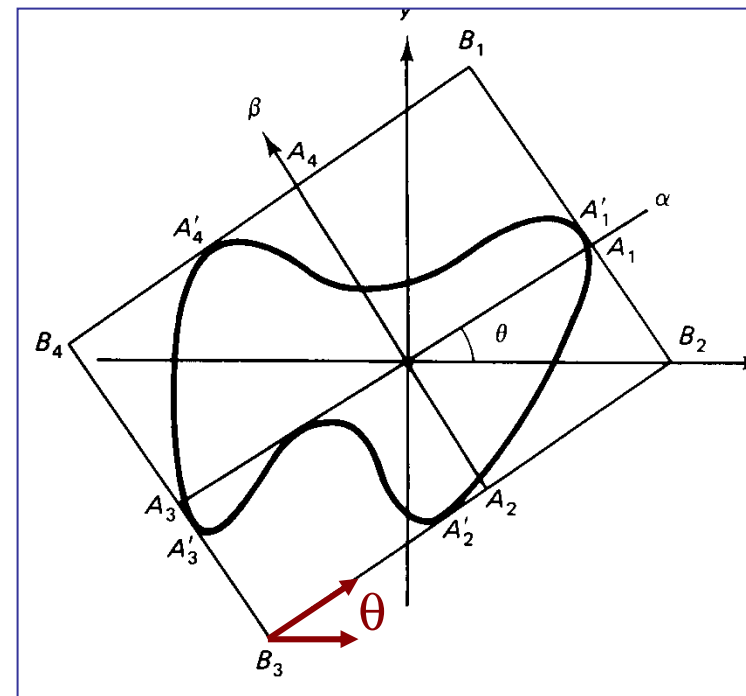
Momenty statystyczne rzędu (p,q)



Prostokąt opisujący obiekt

Prostokąt opisujący to prostokąt o najmniejszym polu powierzchni zawierający dany obiekt

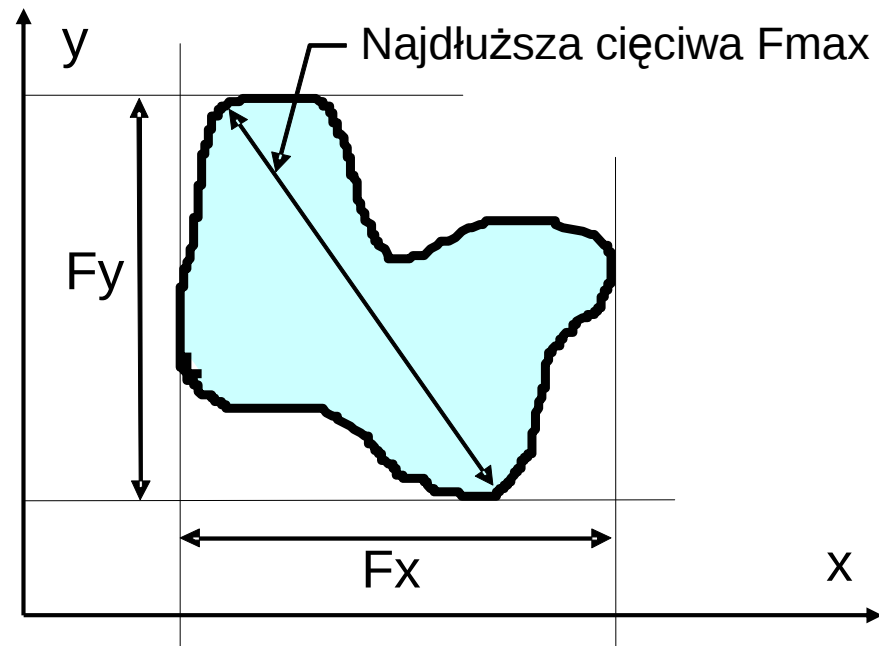
kierunek dłuższego boku prostokąta jest równoległy do kierunku wyznaczającego oś najmniejszej bezwładności figury.



Średnice Fereta

Średnice te określają „szerokość” (F_x) i „wysokość” (F_y) obiektu. Ich wartość wyznacza się na podstawie rzutu obiektu na osie układu współrzędnych.

Najdłuższą cięciwą (F_{max}) jest odcinek łączący najodleglejsze punkty brzegu figury

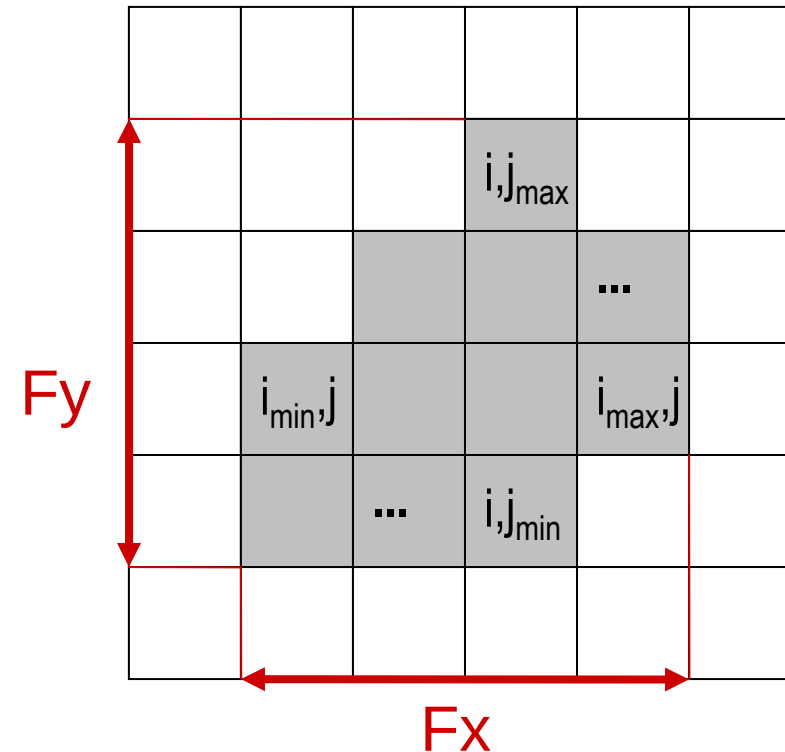




Średnice Fereta

$$F_x = i_{\max} - i_{\min}$$

$$F_y = j_{\max} - j_{\min}$$



$$F_{\max} = \max \left[(i_k - i_l)^2 + (j_k - j_l)^2 \right], \quad k, l = 1, 2, \dots, K$$

K – liczba elementów konturu obiektu





Współczynnik kształtu (kołowość)

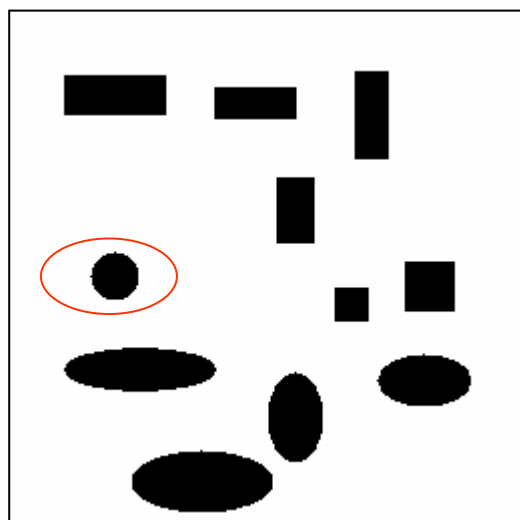
Współczynnik kształtu - jest miarą podobieństwa kształtu figury do koła

$$\gamma = \frac{(\text{obwód})^2}{4\pi(\text{pole})}$$

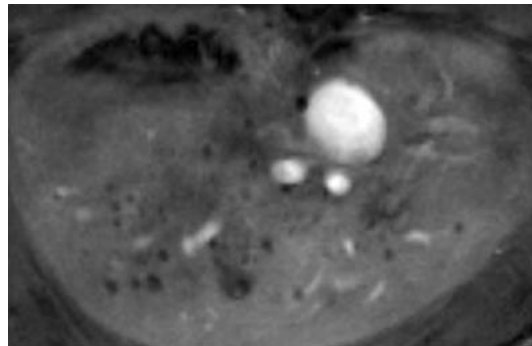
Dla koła współczynnik kształtu osiąga wartość minimalną i równą 1, a np. dla kwadratu $\gamma = 4/\pi > 1$.



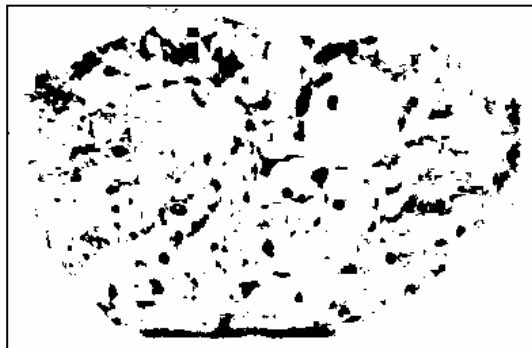
Współczynniki kształtu różnych figur



Wyniki								
Plik								
No	XCen.	YCent.	Area	Edge	FeretX	FeretY	Diam.	ShapeCoeff.
1	180	51	748.00	118.00	17.00	44.00	46.82	2.9262
2	52	41	1020.00	138.00	51.00	20.00	53.85	2.9918
3	122	45	656.00	110.00	41.00	16.00	43.08	3.0772
4	142	99	627.00	100.00	19.00	33.00	36.72	2.0397
5	51	131	439.00	75.60	24.00	24.00	26.08	1.3238
6	209	137	625.00	96.00	25.00	25.00	33.94	1.4142
7	170	146	289.00	64.00	17.00	17.00	22.63	1.4142
8	64	178	1302.00	170.91	76.00	22.00	76.03	3.8013
9	206	183	944.00	120.91	47.00	26.00	46.39	2.1000
10	142	202	965.00	117.74	27.00	45.00	44.41	1.7080
11	95	234	1711.00	171.05	70.00	31.00	70.46	2.5099



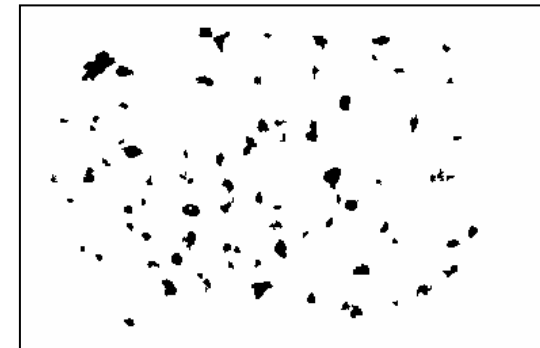
Obraz MR wątroby myszy



Wyniki segmentacji - wysepki insulinowe
(lokalne progowanie)

Wyniki								
Plik								
No	XCen.	YCen.	Area	Edge	FeretX	FeretY	Diam.	ShapeCoeff.
1	245	9	13.00	15.07	6.00	5.00	7.21	3.6056
2	274	46	38.00	25.90	11.00	6.00	12.65	6.3246
3	130	64	18.00	13.66	5.00	5.00	6.32	3.1623
4	248	73	47.00	31.31	11.00	9.00	14.42	7.2111
5	305	74	71.00	71.60	24.00	13.00	26.08	4.6098
6	183	83	34.00	21.90	8.00	7.00	8.94	4.4721
7	65	88	17.00	14.83	3.00	7.00	6.32	6.3246
8	199	102	39.00	23.07	6.00	9.00	10.77	3.8079
9	171	132	18.00	16.24	4.00	7.00	7.21	7.2111
10	92	154	31.00	26.49	11.00	6.00	12.00	12.0000
11	149	180	64.00	41.21	9.00	17.00	18.97	9.4868
12	189	178	14.00	15.66	4.00	6.00	6.32	3.1623
13	58	185	15.00	13.66	4.00	6.00	6.32	6.3246
14	184	188	19.00	15.07	4.00	7.00	8.25	8.2462
15	58	195	15.00	12.24	4.00	5.00	5.66	2.8284

Wyniki analizy po
uwzględnieniu parametrów
geometrycznych





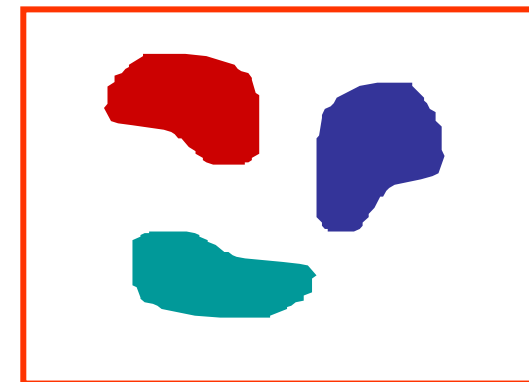
Topologiczne cechy kształtu

Topologiczne cechy kształtów to cechy, które są niezmiennie względem przekształceń, w których nie dopuszcza się cięcia płaszczyzny oraz tworzenia połączeń pomiędzy jej brzegami.

Odległość Euklidesowa, nie jest cechą topologiczną gdyż podlega zmianie po rozciągnięciu lub kurczeniu płaszczyzny (podobnie równoległość jak i prostopadłość linii).

Cechy topologiczne, oprócz cech geometrycznych, są dodatkowym sposobem opisu kształtu obiektów.

Spójność obszaru jest cechą topologiczną.

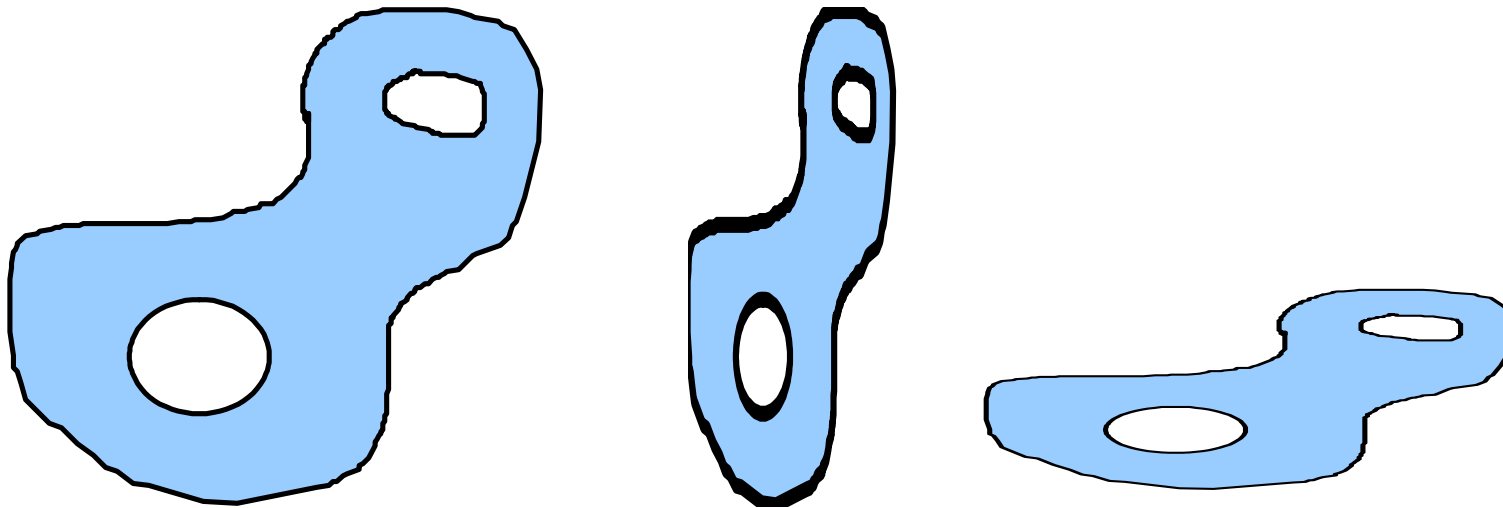


Obszar zawierający trzy spójne obiekty $C=3$.



Topologiczne cechy kształtu

Liczba otworów jest niezmienną cechą topologiczną.



Obszary z dwoma otworami $H=2$.

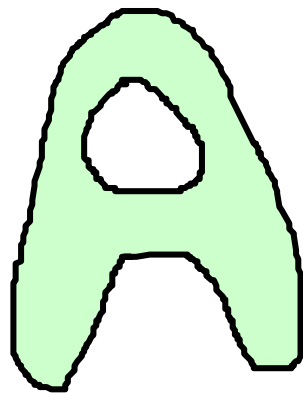


Topologiczne cechy kształtu - liczba Eulera

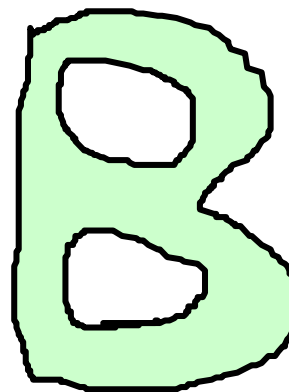
Liczba Eulera jest zależnością pomiędzy spójnością obiektu i jego liczbą otworów:

$$E = C - H$$

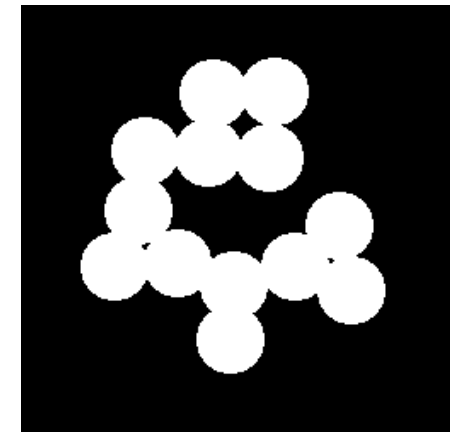
Liczba Eulera jest niezmienną cechą topologiczną.



$E=0$



$E=-1$



```
%MATLAB  
BW = imread('circles.tif');  
imshow(BW);  
E=bweuler(BW)
```



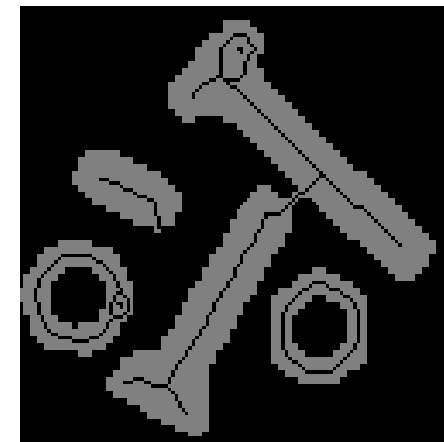
Topologiczne cechy kształtu - szkielet obszaru (ang. *skeleton*)

Ważnym sposobem reprezentacji kształtu obiektu jest jego redukcja do linii - **zwanej szkieletem obiektu**. Szkielet obiektu wyznacza się za pomocą algorytmów ścieniania (zwanym szkieletonizacją).

Linia szkieletowa obiektu jest podstawową cechą kształtu wykorzystywaną w rozpoznawaniu znaków alfanumerycznych i innych zastosowaniach np. testowaniu jakości płytek drukowanych, granulometrii itd.

Szkielet obiektu można wyznaczyć za pomocą transformacji osi środkowej.

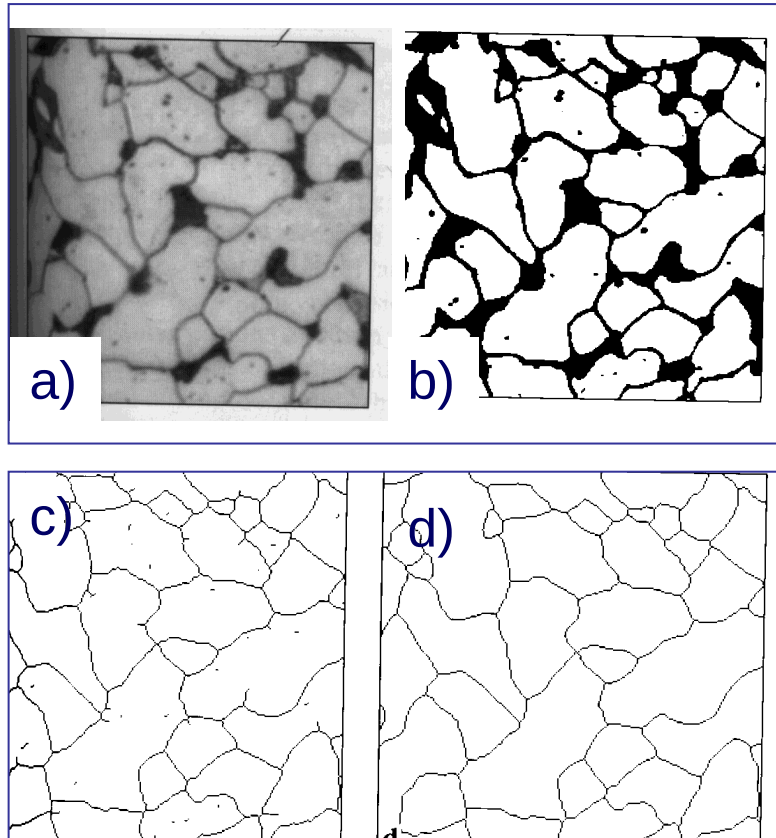
Oś środkowa to zbiór punktów obiektu, które mają więcej niż jeden punkt brzegu położony najbliżej punktu osi.



<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip-Morpholo.html#Heading101>



Przykład zastosowania szkieletonizacji



Obrazy metalograficzne:

a) obraz źródłowy

b) obraz po progowaniu
(czarne obszary - wtrącenia węgla)

c) obraz uzyskany po szkieletonizacji b)

d) obraz uzyskany po tzw. pruningu
obrazu c.

© Addison-Wesley



Opis i reprezentacja brzegów

Linia brzegowa obiektu wyznacza granice obiektu, decyduje o jego kształcie.

Wyznaczenie brzegu obiektu jest konieczne do określenia cech geometrycznych obiektu oraz jego ułożenia przestrzennego.

Wyniki opisu ilościowego linii brzegowej jest wykorzystywany w dalszej analizie obrazu (np. klasyfikacji i rozpoznawaniu kształtów).

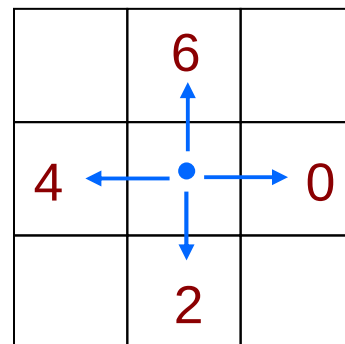




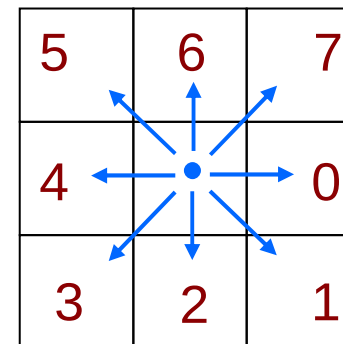
Kody łańcuchowe (Freemana)

Kody łańcuchowe służą do reprezentacji konturów wg schematu zaproponowanego przez Freemana.

Najczęściej stosuje się kody cztero- i ośmio- kierunkowe, które budują kontur wg definicji cztero- lub ośmio- sąsiedztwa punktów.



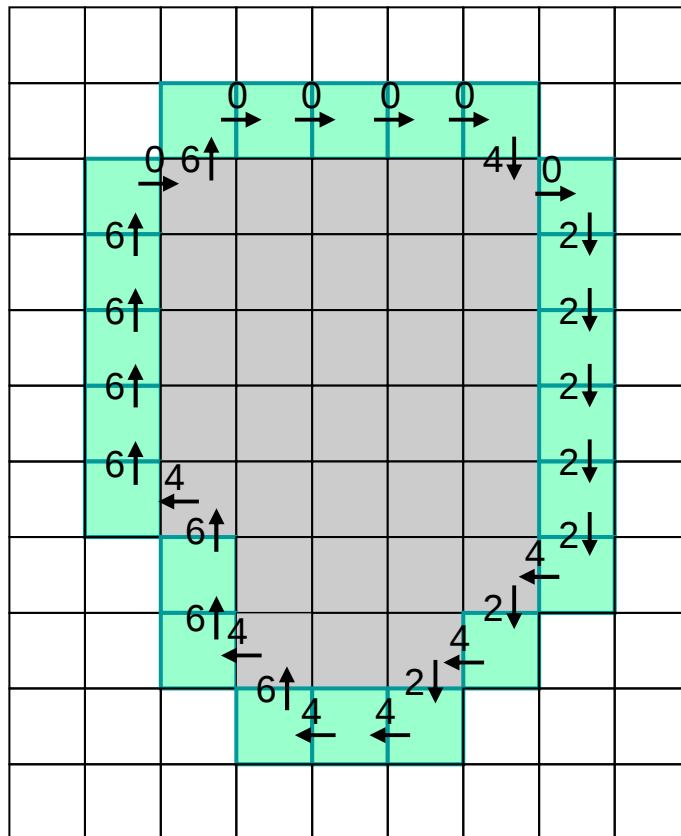
kody czterokierunkowe



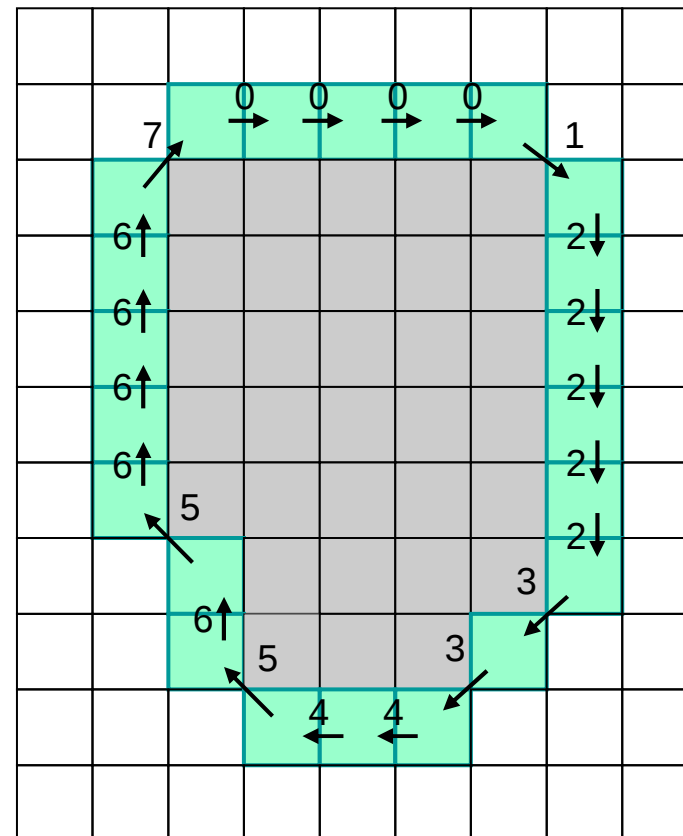
kody ośmiokierunkowe



Reprezentacja konturu kodem łańcuchowym (Freemana)



kod czterokierunkowy

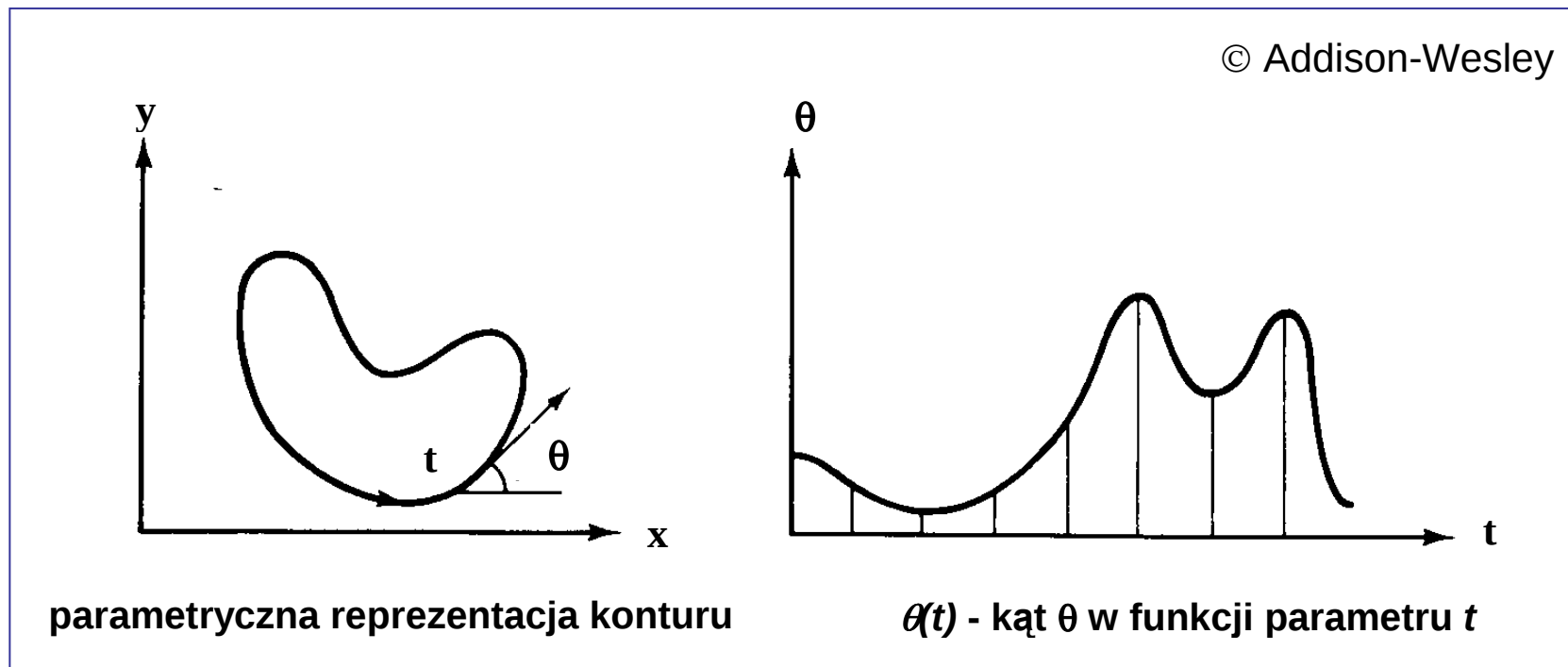


kod ośmiokierunkowy



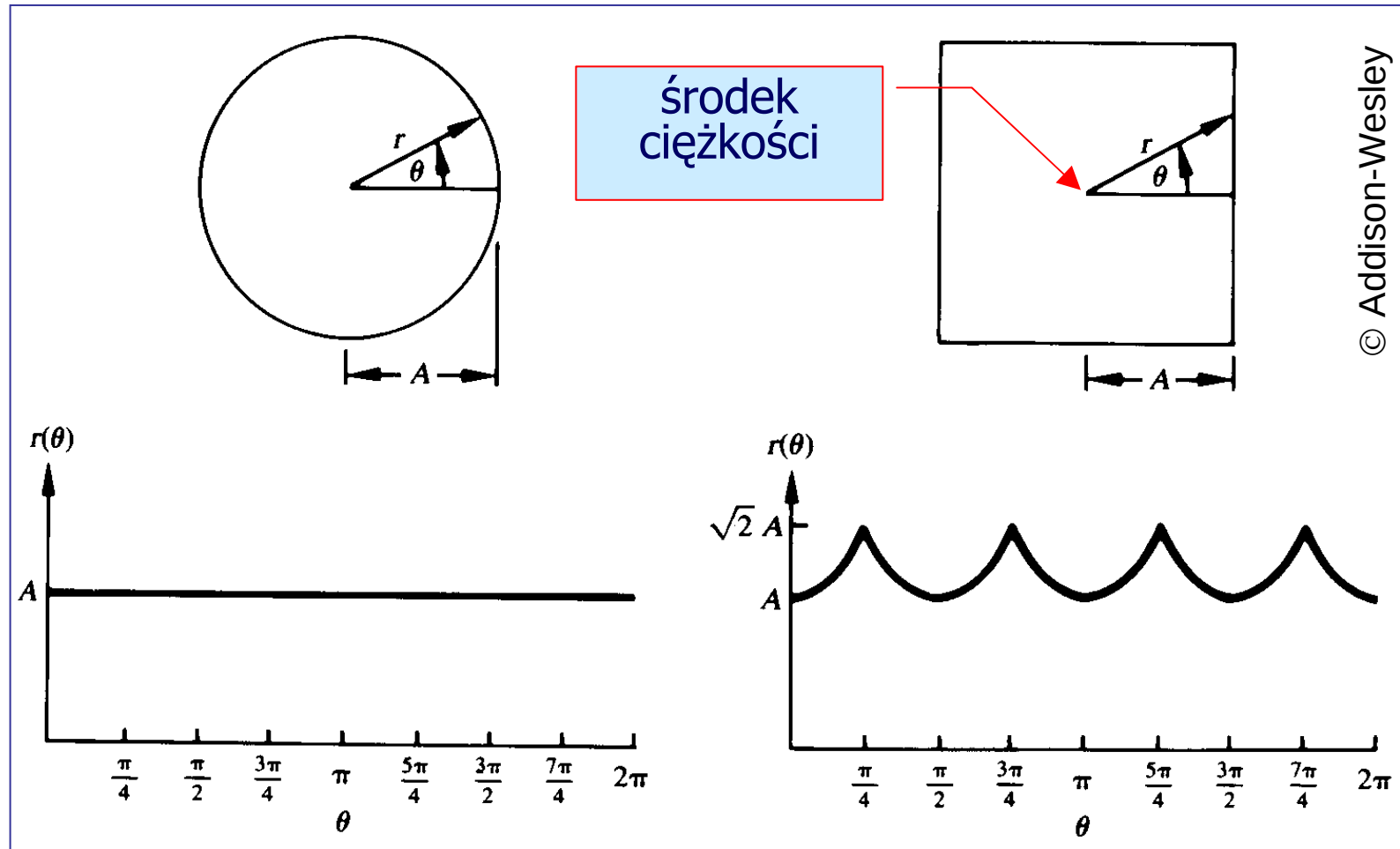
Sygnatury – kody kształtów

Sygnatura nazywamy jednowymiarową funkcję odwzorowującą brzeg obszaru (np. kod Freemana).



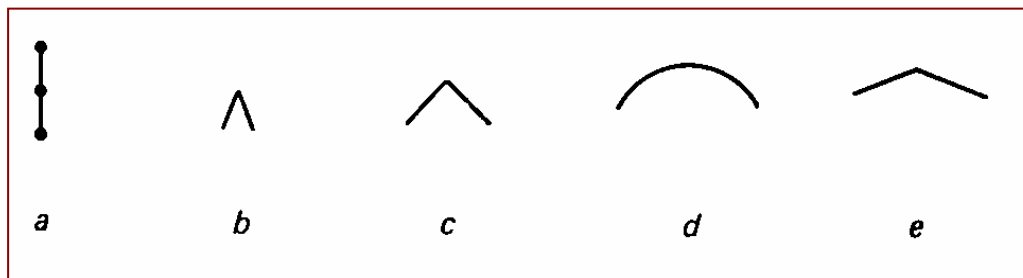


Przykłady sygnatur

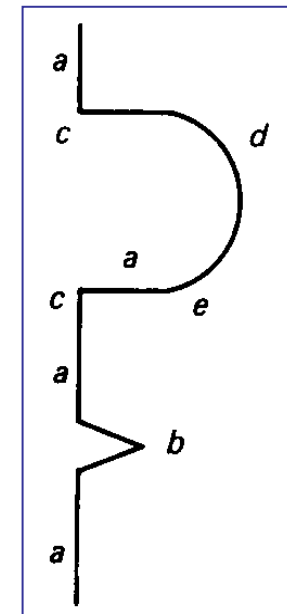


Syntaktyczna reprezentacji konturów

W reprezentacji **syntaktycznej** kontur podlega dekompozycji na elementarne kształty podstawowe. Buduje się też reguły łączenia tych kształtów w łańcuchy aproksymujące kontury.



kształty podstawowe



syntaktyczna reprezentacja konturu