



PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW

SEMESTR V

Człowiek - najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego*

Wykład VII

Podstawy przetwarzania obrazów

Filtracja

Przetwarzanie obrazu w dziedzinie próbek

Przetwarzanie obrazu w dziedzinie częstotliwości
(transformacje częstotliwościowe)

Dolnoprzepustowa
Górnoprzepustowa

Krawędziowa
Konturowa

Medianowa

Filtracja obrazów

analogicznie jak w przypadku układów LNP i sygnałów dyskretnych 1D analogowych sygnał wyjściowy $g(k,n)$ jest splotem (dyskretnym) sygnału wejściowego $f(k,n)$ i odpowiedzi impulsowej układu $h(k,n)$:



h bywa nazywana macierzą filtru

$$g(k,n) = f(k,n) * h(k,n) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(k-i, n-j) h(i, j)$$

W dziedzinie częstotliwości:

$$G(\omega) = F(\omega)H(\omega)$$

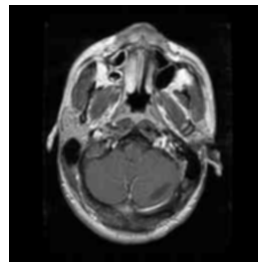
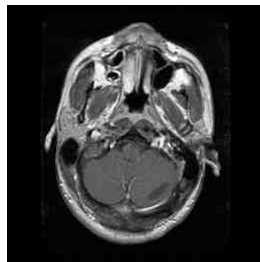
gdzie G , F i H są 2D transformacjami Fouriera odpowiednio $g(k,n)$, $f(k,n)$ i $h(k,n)$

Filtracja

$$g(k, n) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(k-i, n-j)h(i, j)$$

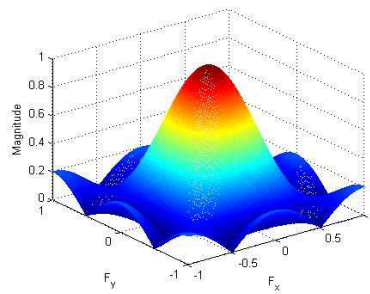
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
1	1	1	1	2	1	1	4	1	2	4	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1

Przykłady macierzy filtrów dolnoprzepustowych $h(k,n)$

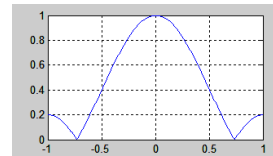


Filtracja

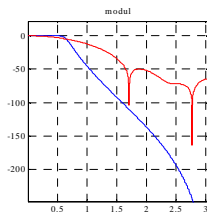
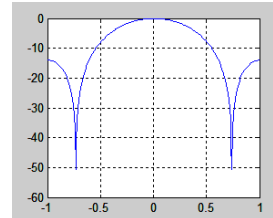
$$h = 0.1 \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



lin



log



↑
Moduł odpowiedzi
częstotliwościowej filtru
dolnoprzepustowego stosowanego do
filtracji obrazu.

⇒

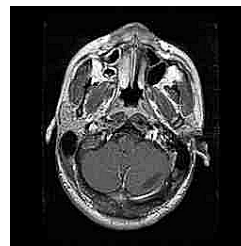
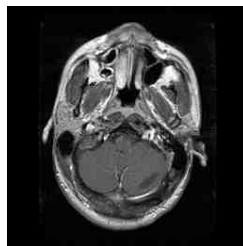
⇐ dla porównania moduły
odpowiedzi filtrów stosowanych w
przetwarzaniu sygnałów - wyższe
rzędy - wyższe szybkości opadania
zbczy.

$$g(k, n) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(k-i, n-j)h(i, j)$$

Filtracja

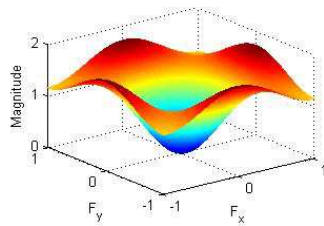
$$\begin{array}{ccc|ccc|ccc} -1 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & -2 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 & -1 & 5 & -1 & -2 & 5 & -2 & -1 & 14 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & -2 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{array}$$

Przykłady macierzy filtrów górnoprzepustowych $h(k,n)$

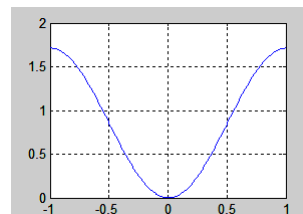


Filtracja - przykłady

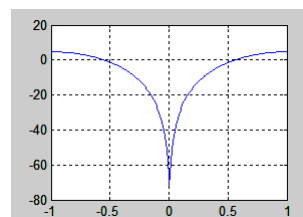
$$h = \frac{1}{7} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



lin



log



↑
Moduł odpowiedzi
częstotliwościowej filtru
górnoprzepustowego.

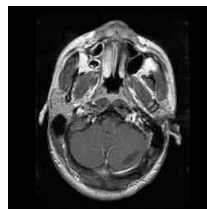
⇒

Filtracja

Przykłady macierzy filtrów $h(k,n)$

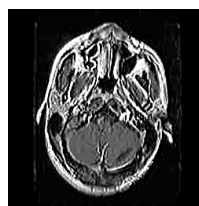
$$\begin{array}{ccc|ccc|ccc} 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Przesuwania



$$\begin{array}{ccc|ccc|ccc} -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -2 & 1 & 1 & -2 & -1 & 1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

Gradientowe
(Kierunkowe)



$$\begin{array}{ccc|ccc|ccc} -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

Krawędziowe

Laplasjan

Suma pochodnych cząstkowych drugiego rzędu danej funkcji względem każdego wymiaru

$$\mathcal{L}[f(x,y)] = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

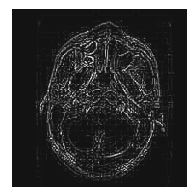
$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} = f(x+1,y) - 2f(x,y) + f(x-1,y)$$

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} = f(x,y+1) - 2f(x,y) + f(x,y-1)$$

Aproksymacja pochodnych cząstkowych

$$\mathcal{L}[f(x,y)] = -4f(x,y) + f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1)$$

$$\Rightarrow \begin{array}{ccc} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{array} \quad (\text{Suma wag} = 0)$$



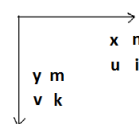
Filtracja konturowa

filtry Sobela	1	2	1		1	0	-1
	0	0	0		2	0	-2
	-1	-2	-1		1	0	-1
filtry Prewitta	-1	-1	-1		1	0	-1
	0	0	0		1	0	-1
	1	1	1		1	0	-1

Przykłady macierzy filtrów konturowych

Filtracja

W dziedzinie częstotliwości przestrzennych:



1. Dyskretna transformata Fouriera DFT

$$F(i, k) = \sum_{m=0}^{M-1} \exp(-j2\pi mi / M) \left[\sum_{n=0}^{N-1} L(m, n) \exp(-j2\pi nk / N) \right]$$

2. Filtracja (H macierz filtru)

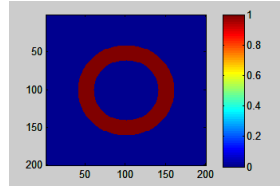
$$LF(m, n) = L(m, n) * H(m, n)$$

$$F_f(i, k) = F(i, k) F\{H\}$$

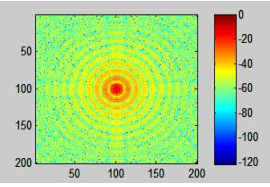
3. IDFT (odwrotna dyskretna transformata Fouriera), LF – obraz po filtracji

$$LF(m, n) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} F_f(i, k) \exp(j2\pi mi / M) \exp(j2\pi nk / N)$$

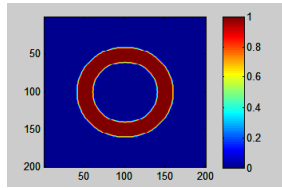
Filtracja - przykłady



Obraz

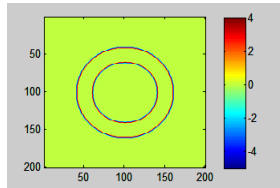


moduł TF obrazu

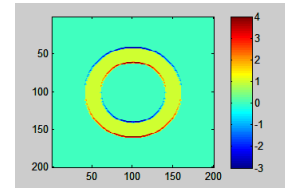


Obraz po:

filtracji DP

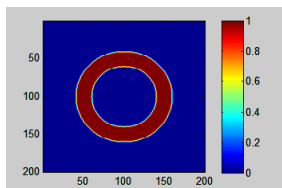


filtracji GP

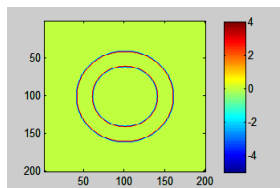


filtracji krawędziowej

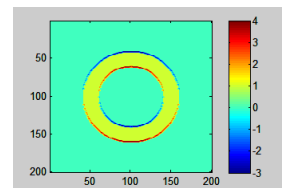
Filtracja - przykłady



Obraz po filtracji DP

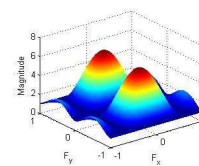
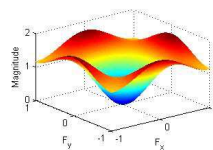
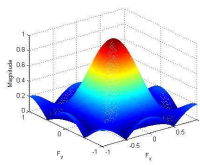


filtracji GP



filtracji krawędziowej

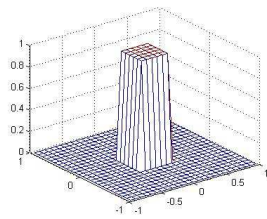
moduły odpowiedzi zastosowanych filtrów:



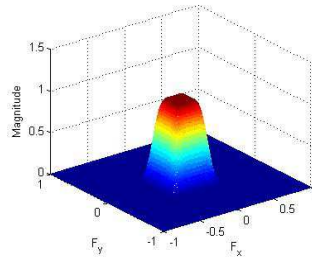
Filtracja - przykłady

Filtr dolnoprzepustowy o długości odpowiedzi impulsowej 25

odpowiedź
teoretyczna

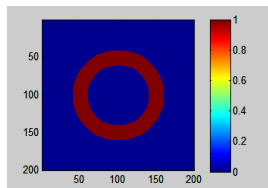


odpowiedź
filtru zaprojektowanego
metodą okienkową

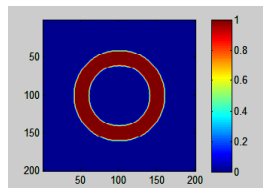


Filtracja - przykłady

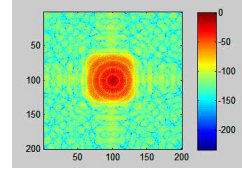
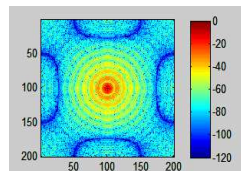
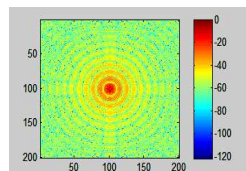
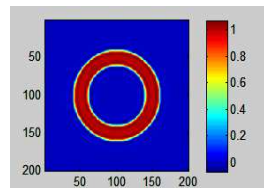
obraz



wynik filtracji filtrem \uparrow



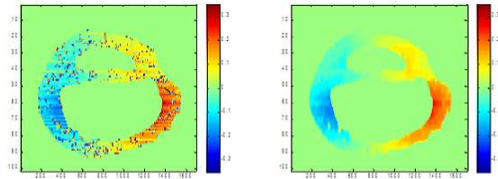
wynik filtracji filtrem \uparrow



moduły TF przed i po filtracjach
widoczny wpływ ch-ki filtru

Filtracja medianowa

Filtr medianowy jest filtrem nieliniowym. Jego działanie polega na wyznaczeniu mediany zbioru punktów, na którym działa (1D lub 2D), i przypisaniu tej wartości bieżącemu punktowi. Filtr taki skutecznie eliminuje zakłócenia punktowe i nie zniekształca zbczy.

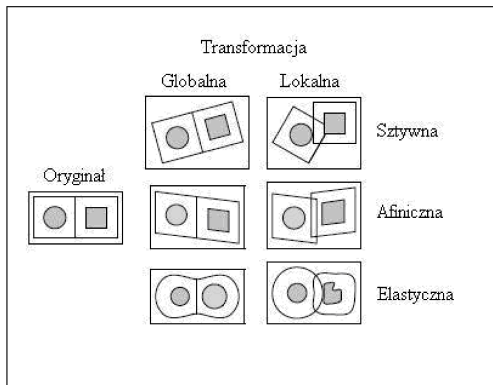


Przykład filtracji medianowej obrazu przemieszczeń w dwukomorowym fantomie serca (obrazowanie ultradźwiękowe)

Operacje geometryczne

Operacje geometryczne macierzowe

Operacje geometryczne



Przesunięcie (translacja)
Obrót (rotacja)
Skalowanie

Afiniczna

Lokalne
Globalne

Sztywne (zachowuje kąty i odległości)
Elastyczne

Przekształcenie afiniczne - przesunięcie, obrót i skalowanie, zachowuje na płaszczyźnie stosunek długości boków odcinków, w przestrzeni stosunki pól figur leżących na płaszczyznach równoległych.

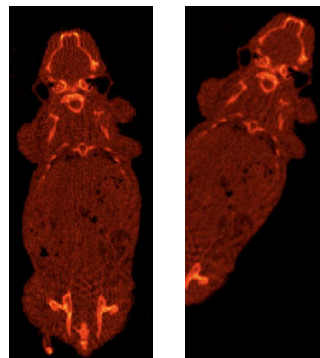
Operacje geometryczne

Operacje proste

Przesunięcie $x' = x + Tx$
 $y' = y + Ty$

Skalowanie $x' = x * Sx$
 $y' = y * Sy$

Obrót $x' = x * \cos(\Phi) - y * \sin(\Phi)$
 $y' = y * \cos(\Phi) + x * \sin(\Phi)$



Operacje geometryczne

Operacje geometryczne macierzowe

Obroty

$$\text{Rot}X(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Rot}Y(\beta) = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Rot}Z(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Operacje geometryczne

Operacje macierzowe

$$\begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma & \cos \alpha \sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \gamma - \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma & 0 \\ -\cos \beta \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma - \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & \sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma & 0 \\ \sin \beta & -\sin \alpha \cos \beta & \cos \alpha \cos \beta & 0 \\ dx & dy & dz & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix}$$

Złożenie obrotów i przesunięć (iloczyn macierzy)

Operacje geometryczne macierzowe

Składanie przekształceń:
iloczyn macierzowy przekształceń cząstkowych

$$T = T_t * T_r * T_s;$$

- nie są przemienne

Arytmetyka obrazów

Operacje arytmetyczne na obrazach

- ln(),
- sqrt()
- pow(n)
- ...

Operacje obraz * skalar

Operacje obraz * obraz

Operacje morfologiczne

Operacje morfologiczne

Przekształcenia morfologiczne polegają na zmodyfikowaniu wartości elementu obrazu zależnie od wartości elementów jego otoczenia z wykorzystaniem tzw. elementu strukturalnego

Element strukturalny - podzbiór elementów obrazu z wyróżnionym punktem centralnym. Często jest to koło, ale możliwe są inne figury (np. prostokąt).

obok - reprezentacja koła w siatce kwadratowej



Centralny punkt elementu strukturalnego lokowany jest w wybranych punktach obrazu. Następnie analizowane są właściwości pikseli otaczających ten punkt. Na podstawie rezultatu tej analizy wykonywana jest operacja na badanym punkcie.

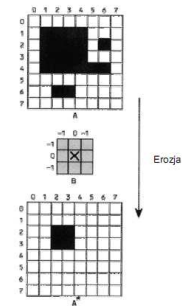
Operacje morfologiczne

Przekształcenia morfologiczne polegają na zmodyfikowaniu wartości elementu obrazu zależnie od wartości elementów jego otoczenia z wykorzystaniem tzw. elementu strukturalnego

Erozja

Elementem strukturalnym jest koło przetaczające się po wnętrzu obwiedni erodowanego obszaru (kolor czarny - 1, biały - 0).

Rezultat - usunięcie (wyzerowanie) tych niezerowych punktów obrazu, które mają przynajmniej jednego sąsiada o intensywności 0.

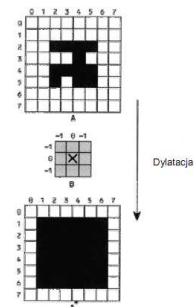


Operacje morfologiczne

Dylatacja

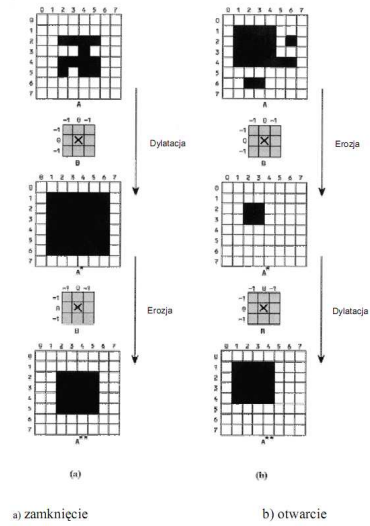
Elementem strukturalnym jest koło przetaczające się po zewnątrz obwiedni analizowanego obszaru (kolor czarny - 1, biały - 0).

Rezultatem dylatacji jest ustawienie (nadanie wartości 1) tych punktów obrazu, w otoczeniu których znajdują się wartości niezerowe.



Operacje morfologiczne

Sekwencja erozji i dylatacji nosi nazwę otwarcia, natomiast sekwencja dylatacji i erozji nosi nazwę domknięcia (zamknięcia).



Segmentacja

Segmentacja

Segmentacja polega na łączeniu pikseli obrazu w grupy (segmenty) na podstawie zadanego kryterium.

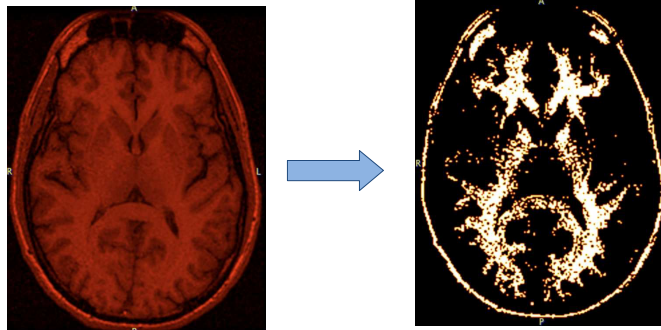
Celem segmentacji jest klasyfikacja elementów obrazu na potrzeby dalszych etapów przetwarzania (identyfikacja, rozpoznawanie, inne)

Przykłady algorytmów segmentacji:

- segmentacja progowa
- segmentacja progowa z analizą histogramu
- metoda wodorodziałów
- metoda rozrostu regionów

Segmentacja progowa

Elementy kwalifikowane są do segmentu na podstawie kryterium amplitudowego. W podstawowej wersji algorytmu progi kwalifikujące są znane przed rozpoczęciem działania algorytmu.



Segmentacja progowa

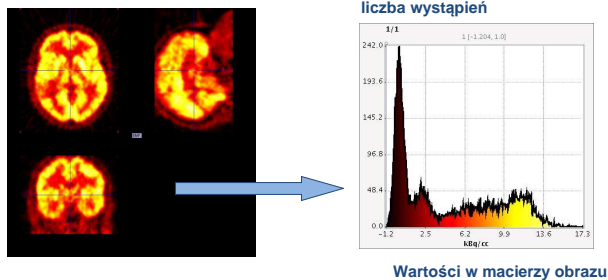
Algorytm może być rozbudowany o analizę danych i wyznaczenie progów klasyfikujących w trakcie działania (bieżąca analiza danych)

np.:

- Analiza histogramu wielomodowego
 - * poszukiwanie minimów,
 - * poszukiwanie przecięć krzywych Gaussa dopasowanych do modów histogramu,
- Iteracyjne wyznaczanie progów na podstawie zadanej wartości wariancji

Zaletą algorytmów z progowaniem jest prostota i szybkość działania.

Wadą tej grupy algorytmów jest ignorowanie spójności segmentów.



Segmentacja rozrostowa

Rozrost regionu polega na wyznaczeniu punktów startowych (seed) a następnie rekurencyjnym klasyfikowaniu punktów sąsiednich (rozrost) do poszukiwanego segmentu. Najczęściej, podobnie jak w algorytmie progowym, kryterium klasyfikującym jest amplituda intensywności. Możliwe jest stosowanie innych kryteriów, takich jak np. wariancja amplitud w segmencie po przyłączeniu kolejnych pikseli,

Zaletą metod rozrostowych jest spójność wynikowych segmentów i ściśle określona ich liczba (równa ilości punktów startowych).

Wadą metod rozrostowych jest konieczność wskazania przez operatora punktów startowych (dysponowania wiedzą o ich położeniu przed rozpoczęciem działania algorytmu).

Segmentacja wododziałowa

Wszystkie punkty obrazu, z których „woda spływa” do tego samego minimum stanowią „basen spływu” dla tego minimum.
Każdemu „basenowi” odpowiada pewien segment. „Baseny” stanowią segmenty obrazu i są oddzielone od siebie liniami granicznymi, nazywanymi liniami wododziału.

