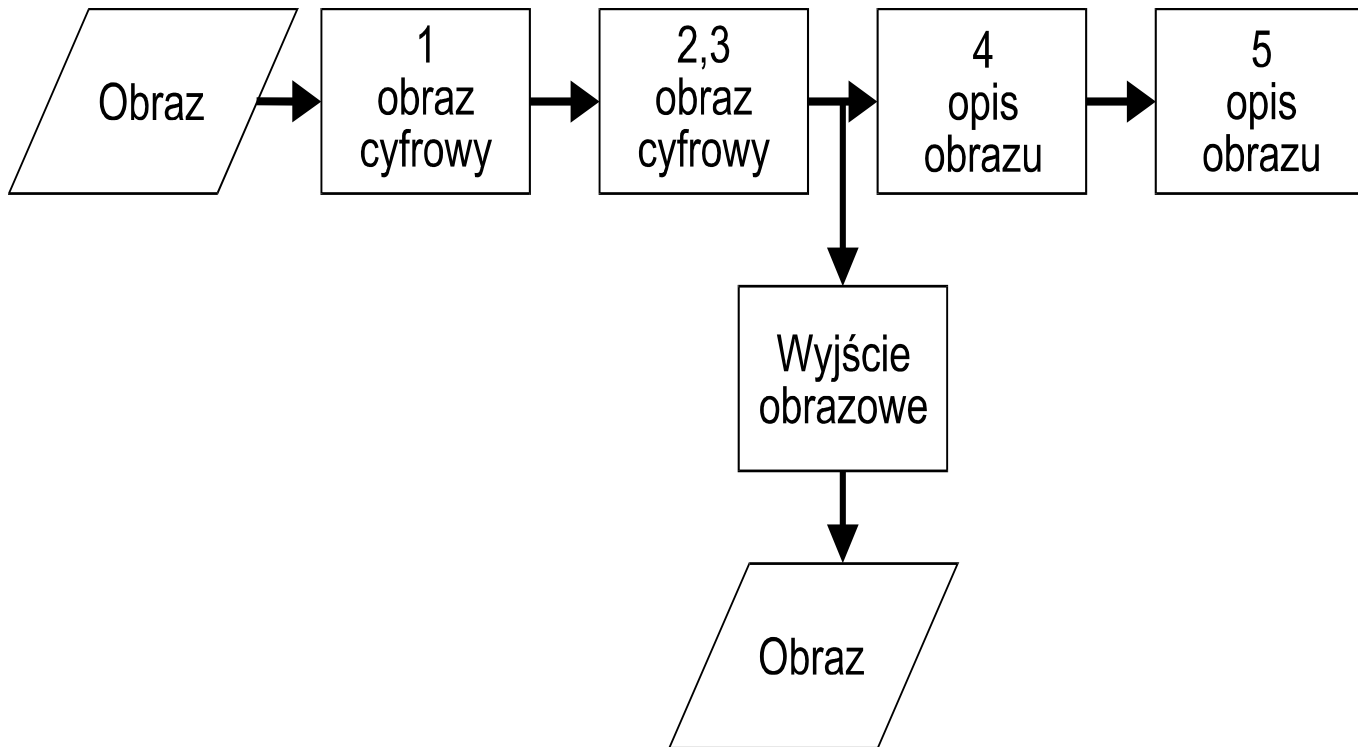


# PRZETWARZANIE OBRAZÓW

WIT, Studia Dienne, sem.5, 2006/2007, prowadzący: Marek Doros

## WYKŁAD 1

### Schemat procesu przetwarzania obrazu



**Przetwarzanie obrazów** jest to proces składający się z następujących operacji:

1. Pozyskanie (*akwizycja*) obrazu i przetworzenie do postaci cyfrowej;
2. Wstępne przetworzenie obrazu, jego filtracja i wyostanie, a także jego binaryzacja;
3. Segmentacja obrazu i wydzielenie poszczególnych obiektów oraz ich fragmentów (np. krawędzi i innych linii);
4. Analiza obrazu i wyznaczenie cech obiektów oraz informacji o ich lokalizacji;
5. Rozpoznanie i rozumienie obrazu (identyfikacja klasy).

**Grafika komputerowa** jest to tworzenie obrazów metodami cyfrowymi

Opis obrazu → Obraz cyfrowy

## Podstawowe definicje

**Obraz**  $\Rightarrow$  dwuwymiarowa funkcja intensywności światła  $f(x,y)$ ; wartość  $f$  w przestrzennych współrzędnych  $x,y$  określa **intensywność** (jasność) obrazu w tym punkcie, gdzie:

$$0 < f(x,y) < \infty$$

$l$  - **Poziom szarości** - intensywność obrazu czarno-białego  $f$  w punkcie  $(x,y)$

$$L_{\min} < l < L_{\max}$$

gdzie:  $[L_{\min}, L_{\max}]$  - skala szarości,

$$M - \text{liczba poziomów szarości; } M = L_{\max} - L_{\min} + 1$$

Przesunięcie skali do zakresu:  $[0, L]$

gdzie:  $l = 0$  - czerń

$l = L$  - biel (w rozważanej skali szarości)

**Dyskretyzacja obrazu**  $\Rightarrow$  dyskretyzacja funkcji  $f(x,y)$ :

- przestrzenna (próbkowanie obrazu)
- amplitudowa (kwantyzacja poziomu szarości)

**Obraz cyfrowy**  $\Rightarrow$  tablica  $N \times N$  próbek wynikających z dyskretyzacji obrazu (przestrzennej); każdy element tablicy przechowuje skwantowany poziom szarości (jeden spośród  $M$  poziomów).

$$f(x, y) = \begin{matrix} \rightarrow \\ \downarrow \end{matrix} \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, N-1) \end{bmatrix}$$

**Piksel (pel)** - element obrazu (*picture element*)  $\Rightarrow$  każdy z elementów tablicy

Przykład:  $N=4$ ,  $0 \leq l \leq 15$ , tzn.  $M=16$

15	14	10	0
12	11	5	0
11	4	3	2
3	2	0	1

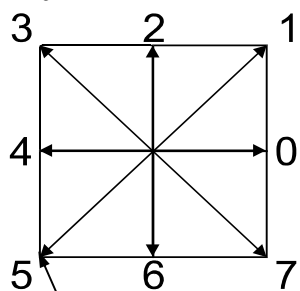
**Rozdzielczość przestrzenna** - określa stopień rozróżnialności detali; tym lepsza, im większa wartość  $N$ .

**Rozdzielczość poziomów szarości** - tym lepsza, im większa wartość  $M$ .

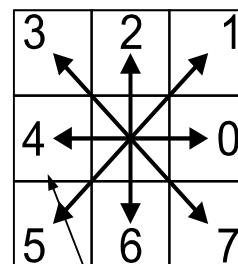
- **Siatka dyskretna** (*discrete net*): wzorzec według którego dokonywana jest *dyskretyzacja przestrzenna* obrazu; linie, oczka, węzły
- **Siatka prostokątna** – najczęściej stosowana : oczko siatki jest kwadratem
- **Piksel** – podstawowy element obrazu; odniesienie do oczka lub węzła siatki

**Rodzaje sąsiedztwa:** np. 8-spójne, 4-spójne

**Dualizm oczko - punkt** (siatka prostokątna)  
zachowuje zasady sąsiedztwa np. ośmiospójnego.



węzły (punkty)  
siatki prostokątnej ,



oczka siatki  
prostokątnej

**Piksel** może być skojarzony z **węzłem** lub z **oczkiem** siatki

## Paradoks spójności

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

1 - obiekt spójny  
2 - tło: spójne(?)  
-niespójne(?)

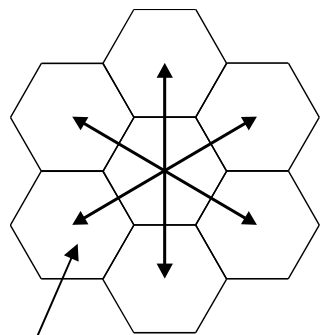
**Przeciwdziałanie:**  
przypisanie różnych rodzajów sąsiedztw pikselom obiektu i tła

Rzadziej stosowane siatki:

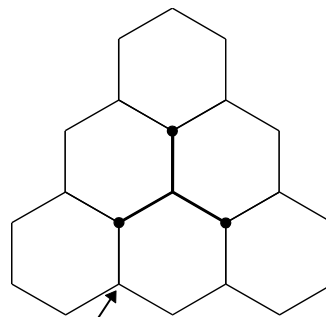
- **Siatka sześciokątna** (heksagonalna)
- **Siatka trójkątna.**

## Siatka heksagonalna

Nie zachowuje zasady dualizmu oczko – punkt siatki (sąsiedztwo 6-spójne przechodzi w 3-spójne)

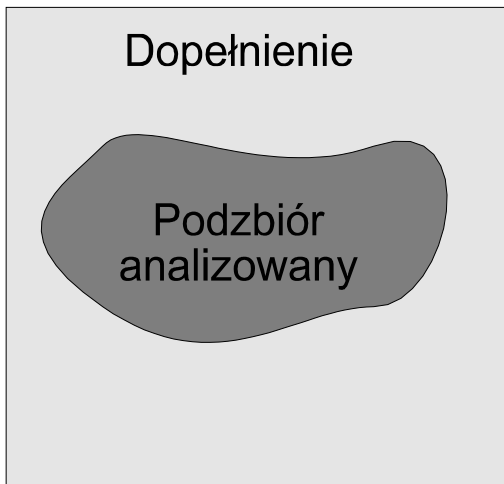


oczka(sąsiedztwo 6-spójne)

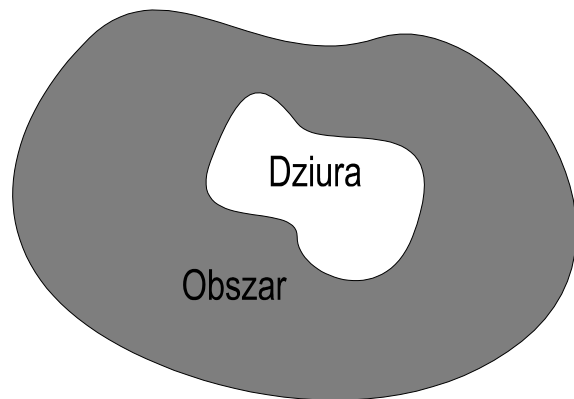


węzły (sąsiedztwo 3-spójne)

**Dopełnienie** - wszystkie piksele obrazu nie należące do danego podzbioru obrazu



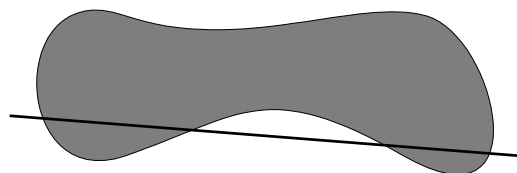
**Dziura** - spójna składowa dopełnienia obszaru otoczona przez ten obszar



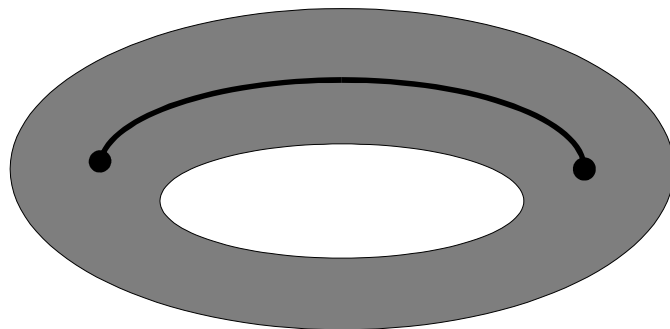
**Obszar** - spójny podzbiór



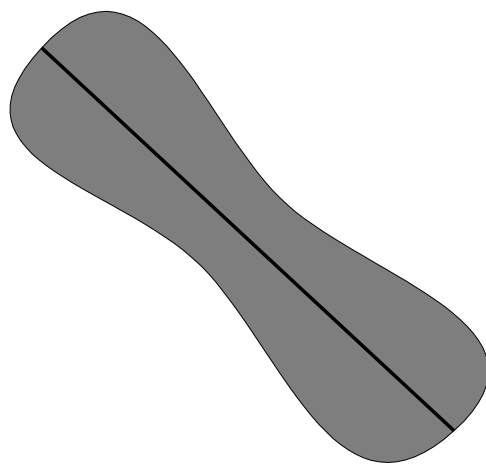
**Przekrój** - przecięcie linią prostą obszaru lub obrazu.



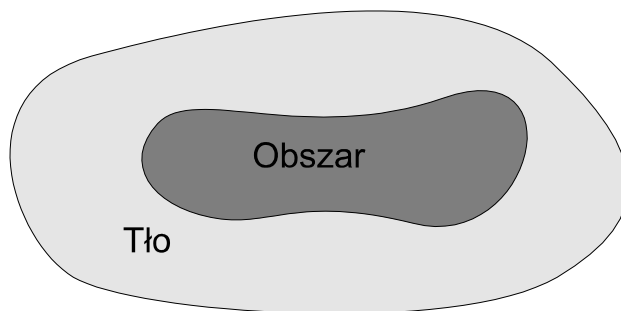
**spójny** - dotyczący podzbioru obrazu, którego dwa dowolne punkty można połączyć łukiem całkowicie zawartym w tym podzbiorze



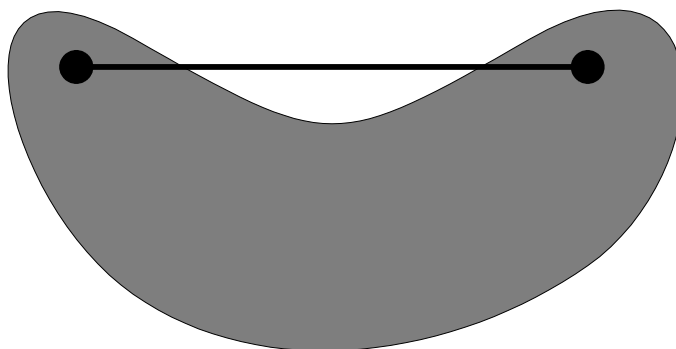
**średnica podzbioru** - maksymalna odległość między dwoma dowolnymi pikselami w podzbiorze obrazu



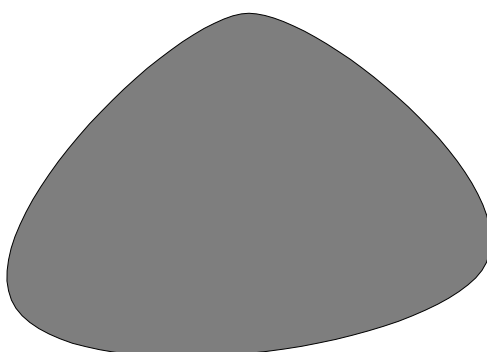
**tło** - spójne składowe obrazu, które leżą wewnątrz dopełnienia obszaru i otaczają go



**Obszar wklęsły** - co najmniej jeden odcinek prostej między dwoma punktami obszaru nie leży całkowicie w tym obszarze.



**Obszar wypukły** - odcinek prostej między dwoma dowolnymi punktami obszaru jest całkowicie zawarty w tym obszarze.





**Binaryzacja obrazu** - zamiana obrazu  $f(x,y)$ , którego piksele przyjmują wartości z przedziału  $\langle L_{min}, L_{max} \rangle$  na obraz  $b(x,y)$ , którego piksele przyjmują wyłącznie wartości 0 lub 1 (1 bit) (pojęcia „obiekt - tło”).

Realizacja binaryzacji: progowanie, tzn. zadanie progu o wartości  $\Theta$ ; piksele, których poziom szarości przekracza  $\Theta$  kwalifikowane są do jednej grupy, reszta zaś do drugiej.

**Segmentacja obrazu (etykietowanie)** - rozbitcie obrazu (uprzednio przefiltrowanego i zbinaryzowanego) na fragmenty odpowiadające poszczególnym, widocznym na obrazie obiektom; wydzielenie obszarów obrazu spełniających pewne kryteria jednorodności, np. kolor obszaru, poziom jasności, faktura. Indeksacja wydzielonych obiektów obrazu, tzn. wypełnianie wydzielonych obszarów odpowiadających obiektom sztucznie wprowadzonymi "poziomami szarości".

Cel segmentacji: Przygotowanie obrazu do etapu właściwego rozpoznawania obiektów, określenia relacji przestrzennych pomiędzy nimi.

Segmentacja stanowi poziom pośredni pomiędzy poziomem *wstępnego przetwarzania* a poziomem *analizy* obrazu.

**Analiza obrazu** - wyznaczenie *cech* obiektów (wyodrębnionych uprzednio w procesie segmentacji) przydatnych w procesie właściwego rozpoznawania;

cechy charakteryzujące kształty; współczynniki *niezmiennicze* względem typowych przekształceń obrazów (obroty, przesunięcia, zmiany, skali)

*współczynniki kształtu,*  
*momenty geometryczne.*

**Rozpoznanie obrazu** - automatyczna identyfikacja klasy, do której można zaliczyć nieznaną obiekt (np. obraz).

# AKWIZYCJA I PRZETWARZANIE WSTĘPNE

## Akwizycja (pozyskiwanie) obrazu

**Akwizycja obrazu** - przetworzenie *obrazu obiektu fizycznego* ( $f(x,y)$ ) do postaci zbioru danych dyskretnych (*obraz cyfrowy*) nadających się do dalszego przetwarzania.

### Elementy procesu akwizycji:

1. Oświetlenie obrazu.
2. Formowanie obrazu (optyczne).
3. Detekcja obrazu.
4. Formowanie wyjściowego sygnału z urządzenia (kamera, skaner)

Postaci obrazu na poszczególnych etapach procesu akwizycji:

- optyczna,
- elektryczna,
- cyfrowa.

Obraz cyfrowy:  $N \times N$  pikseli.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix}$$

## **Wstępne przetwarzanie obrazu**

Celem wstępnego przetwarzania obrazu jest **redukcja zniekształceń** obrazu powstałych w procesie **akwizycji**

### **Rodzaje zniekształceń:**

1. Zniekształcenia *radiometryczne*
2. Zniekształcenia *geometryczne*

### **Korekcja zniekształceń radiometrycznych**

Zniekształcenia *radiometryczne*, są spowodowane:

- nierównomiernością oświetlenia,
- błędami konwersji oświetlenie – sygnał elektryczny (tzn. błędami detekcji)

## Proces korekcji radiometrycznej:

### 1. Korekcja sumacyjna jednorodnego jasnego obrazu odniesienia $[P_{od}(x,y)]$ :

$[KORA(x,y)]$

0	1	2	0
0	1	1	0
1	1	0	0
1	2	0	1

$[P_{od}(x,y)]$

10	11	12	12
12	10	11	11
13	10	12	10
10	11	11	10

$[P(x,y)]$

8	8	2	1
8	7	2	3
4	3	3	1
3	2	1	1

$$P_{KORA}(x,y) = P_{od}(x,y) - KORA(x,y) \quad \text{dla } x=1,\dots,N, y=1,\dots,N,$$

$KORA(x,y)$  - wartość (poziom jasności) piksela obrazu przy zasłoniętym obiektywie (dla tzw. *prądu ciemnego*)

$P_{od}(x,y)$  - wartość piksela jednorodnego jasnego obrazu odniesienia

$P_{KORA}(x,y)$  - wartość piksela jednorodnego jasnego obrazu odniesienia po korekcji sumacyjnej

### 2. Korekcja iloczynowa.

$$P_{KORM}(x,y) = [P(x,y) - KORA(x,y)] * KORM(x,y)$$

$P(x,y)$  - wartość piksela obrazu wejściowego

$KORM(x,y)$  - wartość współczynnika korekcji dla piksela o współrzędnych  $(x,y)$  obliczona według wzoru:

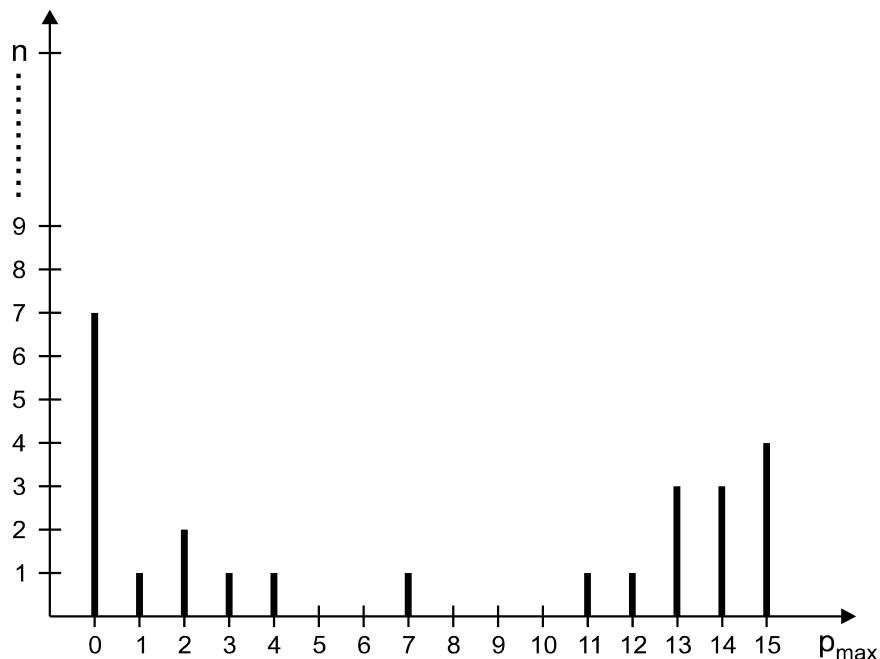
$$KORM(x,y) = \frac{P_{KORA \max}}{P_{KORA}(x,y)}$$

$P_{KORA \max}$  - maksymalna wartość piksela w obrazie  $[P_{KORA}(x,y)]$

$P_{KORM}(x,y)$  - wartość piksela obrazu wynikowego

## Histogram – rozkład częstości pojawiania się w obrazie pikseli o zadanych poziomach jasności

15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11



### Operacje na histogramie:

a) *rozciąganie*

b) *wyrównywanie* → spłaszczenie; cel: normalizacja obrazu przy porównywaniu

**efekt rozciągania:** *wyostrzenie* obrazu

## Praca domowa

### 1. Przeczytać następujące rozdziały ze skryptu:

**M. Doros, Przetwarzanie obrazów, skrypt WSISIZ Warszawa 2005.**

1.2 Typowe systemy wizyjne (str.16-19),

2.1 Akwizycja (pozyskiwanie) obrazu (str.20-30),

### 2. Rozwiązać zadania

#### Korekcja zniekształceń radiometrycznych

##### **Zadanie 1**

Przeprowadzić korekcję zniekształceń radiometrycznych obrazu o parametrach:  $N=4$ ,  $M=16$ ,  $L_{min}=0$ ,  $L_{max}=15$

Dane:

$[P(x,y)]$

8	8	2	1
8	9	2	3
4	3	3	1
3	2	1	1

$P_{od}(x,y)$

10	11	12	12
12	14	11	11
13	10	12	10
10	11	11	10

$[KORA(x,y)]$

0	0	2	0
0	1	1	0
1	1	0	0
1	2	0	1

Obliczyć:  $[P_{KORM}(x,y)]$

Przebieg obliczeń:

$[P_{KORA}(x,y)]$

$[P(x,y)-KORA(x,y)]$

$[KORM(x,y)]$




$[P_{KORM}(x,y)]$


## Zadanie 2

Obraz o parametrach:  $N=4$ ,  $M=16$ ,  $L_{\min}=0$ ,  $L_{\max}=15$

Dane:

$[P(x,y)]$

5	6	6	6
6	6	6	6
6	6	6	6
6	6	6	8

$P_{od}(x,y)$

13	15	15	15
15	15	15	15
15	15	15	15
15	15	15	15

$[KORA(x,y)]$

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	2

Obliczyć:  $[P_{KORM}(x,y)]$

Przebieg obliczeń:

$[P_{KORA}(x,y)]$     $[P(x,y)-KORA(x,y)]$     $[KORM(x,y)]$




$[P_{KORM}(x,y)]$


**Uwaga:** ww zadania rozwiązać także dla **innych wartości** elementów tablic  $[P_{od}(x,y)]$  i  $[KORA(x,y)]$ .



## Parametry opisujące charakter obrazu i jego histogramu

### Zadanie

Dla dwóch utworzonych obrazów w gradacji stopni szarości (szaroodcieniowych) o rozdzielczościach  $N=4$  i  $M=16$ :

- o niejednorodnym rozkładzie poziomów szarości,
  - o jednorodnym rozkładzie poziomów szarości
- obliczyć medianę ( $m_e$ ) oraz odchylenie standardowe ( $\sigma$ ).

Zbadać 2 przypadki:

- Element populacji – piksel obrazu, cecha liczbowa – poziom szarości.
- Element populacji – numer poziomu szarości obrazu, cecha liczbowa – liczba pikseli o takim samym poziomie szarości.

### Informacje pomocnicze:

Populacja generalna – zbiór  $n$  elementów podlegający badaniu lub szacowaniu ze względu na jedną cechę liczbową.

Liczność populacji generalnej -  $n$

Cechy liczbowe elementów populacji:  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,

a po uporządkowaniu ich w porządku niemalejącym:  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$

Wartość średnia: 
$$m = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

Mediana ( $m_e$ ):

1)  $n$  nieparzyste:  $n = 2k - 1$ , to  $m_e = x_k^*$

2)  $n$  parzyste:  $n = 2k$ , to  $x_k^* \leq m_e \leq x_{k+1}^*$

przyjmujemy zazwyczaj: 
$$m_e = \frac{x_k^* + x_{k+1}^*}{2}$$

Odchylenie standardowe: 
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - m)^2}$$
 ;

## LITERATURA & ZASOBY SIECIOWE

1. **M. Doros, Przetwarzanie obrazów, Skrypt WSISIZ, Warszawa 2005.**
2. **T.Pavlidis, Grafika i Przetwarzanie Obrazów, WNT Warszawa 1987.**
3. **R.Tadeusiewicz, Systemy Wizyjne Robotów Przemysłowych, WNT Warszawa, 1992.**
4. **C.D.Watkins at al., Nowoczesne metody przetwarzania obrazu, WNT Warszawa 1995.**
5. **R.Tadeusiewicz, M.Fłasiński, Rozpoznawanie Obrazów, PWN Warszawa,1991 (Uwaga: książka znajduje się na stronie: <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty/5/>)**
6. **W.Skarbek, Metody Reprezentacji Obrazów Cyfrowych, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1993.**
7. **M.Jankowski, Elementy Grafiki Komputerowej, WNT Warszawa 1990.**
8. **M.Ostrowski, Informacja Obrazowa, WNT Warszawa, 1992.**
9. **A.K.Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall International, 1990.**
10. **L.J.Galbiati, Machine Vision and Digital Image Processing Fundamentals, Prentice - Hall International, 1990.**
11. **R.O.Duda, P.E.Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, J.Wiley, New York 1973.**
12. **J.D.Foley at al., Wprowadzenie do grafiki komputerowej, WNT Warszawa 1995.**
13. **J.Zabrodzki (ed), Grafika komputerowa, metody i narzędzia, WNT, Warszawa, 1994.**
14. **Russ J., 1995 Image Processing Handbook, CRC Press 1995, ISBN 0-8493-2516-1.**
15. **Grafika PC bez Tajemnic, Intersoftland 1995.**
16. **Höhne K.H., Fuchs H., Pizer S.M.(Eds.): 3D imaging in medicine, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990.**
17. **E.Piętka, Image processing in picture archiving and communication systems, habilitation thesis, Katowice 1995.**
18. **J.Wojdyła, Kompresja danych w systemach informatycznych, PWE, Warszawa 1988.**
19. **N.Abramson, Teoria informacji i kodowania, PWN Warszawa 1969.**

20. L. Wojnar, M. Majorek, Komputerowa analiza obrazu, Kraków 1994.
21. J. Levine, Programowanie plików graficznych w C/C++, Translator s.c. Warszawa 1997.
22. M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, Snakes: active contour models, International Journal of Computer Vision, 1, 1988, pp.321-331.
23. W. Mokrzycki, Encyklopedia Przetwarzania Obrazów, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1992.
24. R. Latham, Leksykon grafiki komputerowej i rzeczywistości wirtualnej, WNT, Warszawa 1997.
25. R. Tadeusiewicz, P. Korohoda, Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997. <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty2/0098/>
26. J.C. Russ, Image Processing Handbook, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo 1995.
27. E. Angel, *Computer Graphics*, p.369. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1990). (algorytm z buforem głębokości; Z-buffer algorithm, depth buffer algorithm).
28. R. Sedgewick, *Algorithms*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1990). (algorytmy sortowania elementów).
29. Gonzalez, Image processing (transformacje obrazu)
30. A. Bovik (ed.), Handbook of Video & Image Processing, Academic Press, London 2000.
31. Io. Pitas, **Digital image processing, algorithms and applications, Feb 2000, John Wiley & Sons, Multimedia material can be obtained from: [ftp://ftp.wiley.com/public/sci\\_tech\\_med/image\\_processing](ftp://ftp.wiley.com/public/sci_tech_med/image_processing) EIKONA software can be found in <http://www.alphatecltd.com>**
32. N. Nikolaidis, I. Pitas, 3-D image processing algorithms, Hardcover - 200 pages (October 2000) John Wiley & Sons; ISBN: 0471377368, EIKONA3D software can be downloaded from <http://www.alphatecltd.com>
33. J. Illingworth, J. Kittler, A survey of the Hough transform, Computer Vision, graphics, and Image processing 44, pp. 87-116 1988.
34. W. Skarbek, Multimedia. Algorytmy i standardy kompresji. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Problemy Współczesnej Nauki. Teoria i Zastosowania. Warszawa 1998.
35. R. Tadeusiewicz. "Spolecznosc Internetu", streszczenie i spis tresci sa dostępne pod adresem sieciowym: <http://www.exit.pl/#Spis16>

36. B. Cyganek, Komputerowe przetwarzanie obrazów trójwymiarowych, (format B5, 6 stron w kolorze), objętość: 310 str., cena: 55,00 zł; streszczenie i spis treści są dostępne pod adresem sieciowym:  
<http://www.exit.pl/> - Spis33
37. Z. Wróbel, R. Koprowski, Przetwarzanie obrazu w programie Matlab, 242 s., 170x240 mm, cena: 28 PLN, Katowice, 2001, streszczenie i spis treści są dostępne pod adresem sieciowym:  
<http://www.us.edu.pl/universytet/jednostki/ogolne/wydawnictwo/index.php>  
Istotnym ułatwieniem w posługiwaniu się książką jest utworzenie strony, na której zamieszczono wszystkie przykłady:  
<http://metro1.tech.us.edu.pl/matlab>.
38. M. Domański: Zaawansowane techniki kompresji obrazów i sekwencji wizyjnych, ISBN 83-7143-030-2 Dział Wydawnictw Politechniki Poznańskiej, Stron 149 Cena: 20 PLN

## MATERIAŁY

### Wykład:

1. Skrypt WSISiZ: Marek Doros, „Przetwarzanie obrazów”, Warszawa 2005.
2. Folie z wykładów: *UBI: Marek Doros – udostępniane materiały dydaktyczne / POBD/ Wykłady*

### Ćwiczenia:

1. Skrypt WSISiZ: „Przetwarzanie Obrazów, materiały pomocnicze do ćwiczeń” Warszawa 2004.
2. katalogi na serwerze „Oceanic”:

*0:/opt/windows/staff/doros/dor06\_07/Obrazy*

*0:/opt/windows/staff/doros/dor06\_07/Programy*

3. Instrukcje do ćwiczeń: *UBI: Prowadzacy ćwiczenia z POB – udostępniane materiały dydaktyczne / POBD/Ćwiczenia*