

Algorytmy Przetwarzania Obrazów

Klasyczne metody rozpoznawania obrazów

WYKŁAD 5
Dla studiów stacjonarnych 2022/2023

Dr hab. Anna Korzyńska, prof. IBIB PAN

1

Rozpoznawanie obrazów

Sztuka odpowiedzi na pytanie:

Co przedstawia obraz w kontekście celu rozpoznawania?

Cel rozpoznawania:

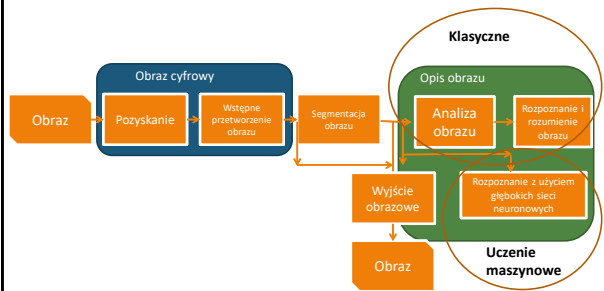
Wspomaganie ludzkich decyzji za pomocą informacji obrazowej lub informacji ekstrahowanej z obrazów

Dwa podejścia:

- 1. Klasyczne** oparte na **cechach wybranych przez programistę** i składające się z dwóch etapów:
 - **Analizy** - czyli ekstrakcja cech wybranych na etapie programowania i konstrukcja wielowymiarowej **przestrzeni cech**
 - **Właściwego rozpoznawania** - zastosowania matematycznych formalizmów do oceny **podobieństwa/odległości/korelacji** lub innych metod klasyfikacji
- 2. Uczenie maszynowe** - bazujące na **cechach automatycznie wybranych przez oprogramowanie** w procesie optymalizacji zwanym również procesem uczenia.

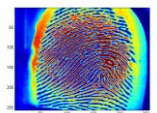
2

Schemat procesu rozpoznawania obrazu



3

- Rozpoznawanie obrazów jest związane z innymi dziedzinami nauk komputerowych: uczeniem maszynowym UM, sztuczną inteligencją, komunikacją człowiek-komputer i naśladuje rozpoznawanie obrazów wykonywana przez ludzki mózg
- Zastosowania:
 - Bioidentyfikacja (oczy, uszy, odciski palców, głos)
 - Kontrola jakości produktów, kontrola samochodów na drogach (rozpoznawanie tablic rejestracyjnych), roboty i manipulatory
 - Badania przesiewowe (w diagnostyce medycznej)
 - Symulatory do nauki prowadzenia pojazdów (samolotów, pojazdów kosmicznych, samochodów wyścigowych, wieży kontrolnej lotów)
 - Marketing (Yamaha Motor)
 - Rozpoznawanie twarzy



4

Klasyczne rozpoznawanie obrazów

Jest to proces składający się z następujących operacji:

- 1. Pozyskanie (akwizycja)** obrazu i przetworzenie do postaci cyfrowej;
- 2. Wstępne przetwarzanie obrazu**, jego filtracja i wyostrzenie, 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).

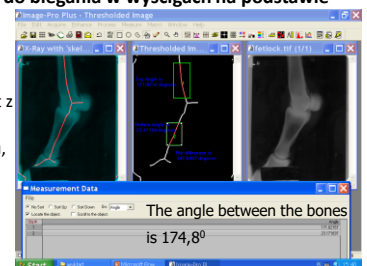
3

Przykład

Jak ocenić zdolność konia do biegania w wyścigach na podstawie zdjęcia rentgenowskiego stawu skokowego?

Podejście klasyczne :

Analiza obrazu związana jest z ilościowym opisem danych zawartych w obrazie, tj. pomiarem wielkości, kształtu, koloru, określeniem relacji między zidentyfikowanymi elementami obrazu lub badaniem rozproszenia elementów w przestrzeni.



Based on the geometric features of space and objects in the image in the process of analysis, we extract "Meaning / information content" of the image considering the goal of image recognition.

Desired value of the angle between the bones should be of 176°

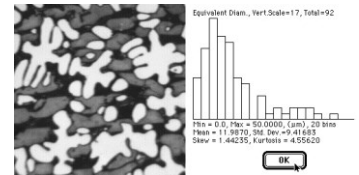
6

Analiza obrazu jako element klasycznego podejścia do rozpoznawania

Aby rozpoznać obraz potrzebna jest analiza

Analiza prowadzi do redukcji informacji opisującej obraz
do informacji istotnej z punktu widzenia celu

- Ilościowe
 - Intensywność
 - Odległość
 - Rozmiary i wielkości
(pole powierzchni, obwód)
 - Rozmiar fraktalny
 - Harmoniczne
- Jakościowe
 - Istnienie wzorców/struktur i symboli
 - Lokalizacja bezwzględna lub wzajemna wzorców/struktur



14

Charakterystyczne cechy obiektów

Analiza kształtu

wskaźniki prezentujące niezmienność, inwariantność
względem obrotów, przesunięć, zmiany skali

Ilość obiektów (lista obiektów)

policzenie przez etykietowanie

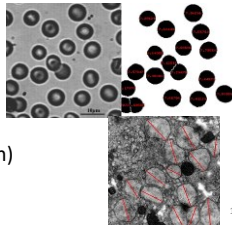
Pole powierzchni

zliczenie pikseli w obiekcie

Osie i długości rzutów

Wzajemne położenia i topologia

(drzewko opisu relacji przestrzennych)



15

Analiza kształtu

Współczynniki kształtu

Liczone na podstawie pola powierzchni S i obwodu L obiektu
stanowią zgrubne przybliżenie kształtu

Momenty geometryczne

Pozwalają na lepsze rozróżnienie obiektów niż współczynniki
kształtu, ale wymagają dłuższych obliczeń

Ani współczynnik kształtu ani moment nie mogą być użyte
jako jedyna miara opisująca kształt obiektów (rozpoznanie
byłoby niejednoznaczne)

16

Laboratorium 6

Zadanie 2.

Opracować algorytm i uruchomić funkcjonalność realizującą
wyznaczanie następujących składowych wektora cech obiektu
binarnego:

- Momenty
- Pole powierzchni i obwód
- Współczynniki kształtu podane na wykładzie: $W1$, $W2$, $W3$, $W9$
 $aspectRatio$, $extent$, solidity - masywność ($W10$),
 $equivalentDiameter$ – średnica równoważna ($W11$),
Przygotować zapis wyników w postaci pliku tekstowego do
wczytanie do oprogramowania ExcelProgram przetestować na
podstawowych figurach znakach graficznych (gwiazdka,
wykrzyknik, dwukropek, przecinek, średnik, itp.).

17

Cechy obiektów

18

Najczęściej wykorzystywane cech

Pomiary lokalne:

1. Tekstura (oparte na statystyce lub wzorze elementarnym)
2. Kontrast globalny i miejscowy
3. Kolor/barwa, jasność i ich rozkład
4. Cechy topologiczne
5. Cechy geometryczne:
 - a. - współczynniki kształtu
 - b. - momenty geometryczne
6. Orientacja i wzajemna lokalizacja
7. Cechy dynamiki zmian w czasie

Pomiary globalne

1. Liczba obiektów na jednostkę powierzchni obrazu
2. Udział powierzchniowy wybranych elementów obrazu
3. Długość linii na jednostkę pola powierzchni obrazu

Cech koloru/barwy, jasności i ich rozkładu

Opis cech obiektów na podstawie barwy lub jasności pikseli (np.: liść - monochromatyczny w różnych tonach zieleni; chmury – jasne tony na niebieskim/szarym tle. Itd.).

Używając sześciiany model RGB lub któregoś z modeli percepcyjnych można utworzyć trójwymiarowy model obrazu wejściowego i z niego zidentyfikować położenie obiektów o znanym kolorze.

Cechy topologiczne

Cechy topologiczne takie jak: **spójność, wklęsłość, wypukłość, liczba Eulera** są niezależne od położenia obiektu względem układu współrzędnych (zaleta), ale opisują zbyt ogólnych własności obiektów (wada).

Cechy topologiczne są użyteczne w analizie obrazów biomedycznych, ponieważ obiekty obserwowane w naturze wykazują znaczne zróżnicowanie kształtów i/lub spójności i pozwalają za pomocą pojęć topologicznych opisać właściwości wspólne dla całej klasy obiektów. Np.: komórki i ich jądra mają kształty cyrkularne, liczba jąder komórkowych zależy od typu komórek: hepatocyty - komórki wątrobowe są wielojądrzaste, a erytrocyty komórki krwi są bez jądrzaste co można liczbą Eulera.

Liczba Eulera

po segmentacji obszarowej

$$E = C - H$$

gdzie:

C - liczba spójnych składników obiektu

H - liczba otworów



$$E = 1 - 2 = -1$$



$$E = 3 - 5 = -2$$



$$E = 2 - 1 = 1$$

po segmentacji obszarowej

$$E = V - S + F$$

gdzie:

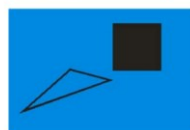
V - liczba wierzchołków

S - liczba krawędzi

F - liczba wypełnionych ścian



$$E = 5 - 7 + 1 = -1$$



$$E = 7 - 7 + 1 = 1$$

Cechy geometryczne

Cechy geometryczne to

- współczynniki kształtu,
- współczynniki momentowe.

Mogą być wyznaczane zarówno w płaszczyźnie samego obrazu, jak i jego reprezentacji widmowej (np. w widmie amplitudowym obrazu) i wówczas mówimy o cechach zwanych deskryptorami fourierowskimi.

Współczynniki kształtu

Współczynniki kształtu

- Wyróżnia się następujące parametry służące do opisu geometrii obiektów:
 - a) **pole powierzchni**, którego pomiar sprowadza się do zliczenia pikseli należących do interesującego nas obszaru wyznaczonego przez zamknięty obrys. Cecha ta jest czuła na błędy wynikłe z niewłaściwej binaryzacji, jednak z drugiej strony jest nieczuła na przesunięcie i obrót obiektu w polu widzenia.
 - b) **obwód, czyli długość brzegu obiektu**. Pomiar tej cechy jest dość trudny z uwagi na konieczność przybliżania ciągłej linii dyskretną kombinacją punktów obrazu.

contourArea() – liczy pole figury zawartej wewnątrz obwodu opisanego wektorem punktów w przestrzeni 2D stanowiących. (zapisany jako std::vector or **Mat**).

```
double
cv::contourArea (           InputArray    contour,
                        bool              oriented = false)
```

contour Wektor punktów w przestrzeni 2D stanowiących obrys obiektu. (zapisany jako std::vector or **Mat**).

oriented Wartość logiczna wskazująca orientację zgodnie lub przeciwnie do wskazówek zegara. Jeśli true oddaje wartość pola z uwzględnieniem znaku jeśli false oddaje wartość bezwzględna

arcLength() – liczy obwód zamkniętego konturu lub długość otwartej krzywej

```
double
cv::arcLength (           InputArray    curve,
                        bool              closed)
```

curve Wektor punktów w przestrzeni 2D stanowiących obrys obiektu. (zapisany jako std::vector or **Mat**).

closed Logiczna wartość wskazująca czy kontur jest zamknięty czy nie.

25

Wydzielenie konturów z obrazu binarnego

FindContours() – znajduje kontury obiektów stanowiących białe plamy na czarnym tle

FindContours(image-source, mode=CV_RETR_LIST, method=CV_CHAIN_APPROX_NONE, offset=[0, 0]) → **contours**

Mode:

enum	cv::ContourApproximationModes {
CV_RETR_LIST	cv::CHAIN_APPROX_NONE = 1,
CV_RETR_EXTERNAL	cv::CHAIN_APPROX_SIMPLE = 2,
CV_RETR_CCOMP	cv::CHAIN_APPROX_TC89_L1 = 3,
CV_RETR_TREE	cv::CHAIN_APPROX_TC89_KCOS = 4

CV_RETR_LIST	Zbiera wszystkie punkty konturu figury bez ustalenia ich hierarchii
CHAIN_APPROX_NONE	Zbiera wszystkie punkty konturu figury według reguły: max(abs(x1-x2), abs(y2-y1))=1.

UWAGA: jednym z odnalezionych konturów jest ramka obrazu!!

26

W obrazie jest wiele obiektów

Preprocessing

```
# pogowienie obrazu pierwotnego aby uzyskać obraz
binarny
ret,thresh = cv2.threshold(img,127,255,0)
```

#Właściwe znajdowanie konturów

```
# funkcja znajdowania konturów w obrazie binarnym
contours,hierarchy = cv2.findContours(thresh,
cv2.RETR_LIST, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
#badanie ilości znalezionych konturów
len(contours) # liczb znalezionych konturów
```

```
# rysujemy pierwszy kontur
kolorem niebieskim
cnt = contours[0]
cv2.drawContours(img2, [cnt],
0, (255,0,0), 3)
```

Rysowanie konturów na obrazie

```
# konwersja z szaroodcieniowego do RGB (właściwie to
kolejność BGR) aby można było rysować kolorowe
kontury
img2 = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_GRAY2RGB)
```

```
# rysujemy drugi kontur
kolorem zielonym
cnt = contours[1]
cv2.drawContours(img2, [cnt],
0, (0,255,0), 3)
```

I tak dalej ..

27

Współczynniki cyrkularności – do implementacji

$$W1 = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

W1 określa średnicę koła o równej powierzchni badanego obiektu S - powierzchnia obiektu

$$W2 = \frac{L}{\pi}$$

W2 określa średnicę koła o długości obwodu równej długości obwodu badanego obiektu L - obwód obiektu,

$$W3 = \frac{L}{2\sqrt{S \cdot \pi}} - 1$$

WM lub W3 - Współczynnik Malinowskiej

Współczynniki W1,2,3 - szybkie obliczanie

28

Współczynniki cyrkularności – do implementacji

$$W9 = \frac{2\sqrt{\pi \cdot S}}{L}$$

Współczynnik Mz
Uproszczony współczynnik
Ma=Malinowskiej

Masywność czyli stosunek pola powierzchni figury do jej wersji wypukłej



Średnica równoważona czyli średnica koła o takiej samej powierzchni jak obiekt



29

Współczynniki cyrkularności – nie będą implementowane

$$W4 = \frac{S}{\sqrt{2\pi} \left[\int (r^2) ds \right]}$$

Współczynnik Blaira-Blissa
(większa wrażliwość na zmiany kształtu);
r – odległość elementu pola ds od środka ciężkości obiektu

$$W5 = \frac{S^3}{\left(\int \int ds \right)^2}$$

Współczynnik Danielssona
l - minimalna odległość elementu ds od konturu obiektu

$$W6 = \sqrt{\frac{(\sum d)^2}{n \sum d^2 - 1}}$$

Współczynnik Haralicka
d - odległość pikseli konturu od jego środka ciężkości
n - liczba punktów konturu.

Współczynniki W4,5,6 - wolniejsze obliczanie niż W1,2,3

30

Współczynniki cyrkularności – nie będą implementowane

$$W7 = \frac{r_{\min}}{R_{\max}}$$

Współczynnik Lp1;

r_{\min} - minimalna odległość konturu od środka ciężkości

R_{\max} - maksymalna odległość konturu od środka ciężkości

$$W8 = \frac{L_{\max}}{L}$$

Współczynnik Lp2

L_{\max} - maksymalny gabaryt obiektu
 L rzeczywisty obrys

31

Momenty geometryczne

Dwuwymiarowy moment geometryczny rzędu (p+q) dla funkcji $f(x,y)$ jest zdefiniowany jako :

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p \cdot y^q \cdot f(x,y) dx dy$$

Moment centralny rzędu (p+q) dla funkcji $f(x,y)$ jest zdefiniowany jako :

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \tilde{x})^p \cdot (y - \tilde{y})^q \cdot f(x,y) dx dy$$

gdzie :

$$\tilde{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$$

$$\tilde{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

Dla cyfrowego obrazu podwójne całki mogą być aproksymowane sumami. W ten sposób dla prostokątnej matrycy o wymiarach $[m \times n]$ składającej się z punktów x_{ij} otrzymujemy :

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i^p \cdot j^q \cdot x_{ij} \quad \text{moment zwykły}$$

$$\tilde{i} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \tilde{j} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad \text{współrzędne środka ciężkości}$$

$$M_{pq} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (i - \tilde{i})^p \cdot (j - \tilde{j})^q \cdot x_{ij} \quad \text{moment centralny}$$

Moment zwykły rzędu zerowego jest równy :

$$m_{00} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

Jest to po prostu suma wartości poszczególnych pikseli, czyli „ciężar” obiektu.

Moment zwykły rzędu pierwszego (1,0) jest równy :

$$m_{10} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i^1 \cdot j^0 \cdot x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i \cdot x_{ij}$$

Moment zwykły rzędu pierwszego (0,1) jest równy :

$$m_{01} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i^0 \cdot j^1 \cdot x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n j \cdot x_{ij}$$

Momenty te służą do wyznaczania środka ciężkości obiektu. Współrzędne tego punktu otrzymujemy obliczając :

$$\tilde{i} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$$

$$\tilde{j} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

Z punktu widzenia rozpoznawania obrazu najbardziej interesują nas tzw. niezmienniki momentowe. Są to takie wartości, obliczone na podstawie momentów niskich rzędów, które są niezmiennicze ze względu na obrót, zmianę skali i przesunięcie.

Aby dogodniej zapisać niezmienniki momentowe, wprowadza się momenty znormalizowane:

$$N_{pq} = \frac{M_{pq}}{m_{00}^{\zeta}}$$

gdzie:

$$\zeta = \frac{p+q}{2} + 1$$

$$p+q=2,3,4,\dots$$

Wartości niektórych niezmienników momentowych:

$$M1 = N_{20} + N_{02}$$

$$M2 = (N_{20} - N_{02})^2 + 4 \cdot N_{11}^2$$

$$M3 = (N_{30} - 3 \cdot N_{12})^2 + (3 \cdot N_{21} - N_{03})^2$$

$$M4 = (N_{30} - N_{12})^2 + (N_{21} - N_{03})^2$$

$$M5 = (N_{30} - 3 \cdot N_{12}) \cdot (N_{30} + N_{12}) \cdot [(N_{30} + N_{12})^2 - 3 \cdot (N_{21} + N_{03})^2] + (3 \cdot N_{21} - N_{03}) \cdot (N_{21} + N_{03}) \cdot [3 \cdot (N_{30} + N_{12})^2 - (N_{21} + N_{03})^2]$$

$$M6 = (N_{20} - N_{02}) \cdot [(N_{30} + N_{12})^2 - (N_{21} + N_{03})^2] + 4 \cdot N_{11} \cdot (N_{30} + N_{12}) \cdot (N_{21} + N_{03})$$

$$M7 = N_{20} \cdot N_{02} - N_{11}^2$$

$$M8 = N_{30} \cdot N_{12} + N_{21} \cdot N_{03} - N_{12}^2 - N_{21}^2$$

$$M9 = N_{20} \cdot (N_{21} \cdot N_{03} - N_{12}^2) + N_{02} \cdot (N_{30} \cdot N_{12} - N_{21}^2) - N_{11} \cdot (N_{30} \cdot N_{03} - N_{21} \cdot N_{12})$$

$$M10 = (N_{30} \cdot N_{03} - N_{12} \cdot N_{21})^2 - 4 \cdot (N_{30} \cdot N_{12} - N_{21}^2) \cdot (N_{03} \cdot N_{21} - N_{12})$$

Momenty

Moments cv::moments (**InputArray** array, bool binaryImage = false)

array

Obraz lub jego fragment (binarny lub monochromatyczny osmiobitowy) lub wektor punktów przestrzeni 2D (1xN or Nx1)

binaryImage





Jeśli prawda to 0 - tło a inne wartości 1 - sprowadzenie szaroodcieniowego do binarnego

_moments()
#include <opencv2/imgproc.hpp>
Liczy momenty do momentów 3-rzędu

Returns

Moments w strukturze wyjściowej **cv::Moments**

Poniższa tabela ilustruje wartości niezmienników momentowych dla przykładowych figur oraz po wykonaniu przekształceń geometrycznych (rotacja, zmiana skali).

		Rot. 180°		Rot. -45°	skalo- wanie		Rot. 90°		Rot. 45°	elipsa	
M1	1,920	1,919	1,867	1,866	1,873	1,986	1,987	2,033	2,033	2,015	x10
M2	4,387	4,371	5,052	5,004	5,170	10,65	10,66	3,014	3,040	15,24	x10 ³
M3	0,715	0,704	1,435	1,434	1,473	0,018	0,024	2,313	2,323	0	x10 ³
M4	0,295	0,270	8,052	8,010	8,600	0,475	0,656	5,641	5,749	0	x10 ³
M5	0,123	0,097	27,34	27,13	30,58	0,004	0,082	20,35	20,97	0	x10 ⁶
M6	0,185	0,162	5,702	5,650	6,162	0,490	0,678	3,096	3,167	0	x10 ⁶
M7	-14,1	-11,10	-15,4	-14,7	0,559	0,004	-0,02	10,23	13,49	0	x10

By Mr. D. Pycock z University of Birmingham

Własności współczynników kształtu:

- zbliżone wartości W dla obiektów o zbliżonym kształcie pozwalają określać stopień podobieństwa nieznanego obiektu do poszczególnych znanych klas,
- identyczne kształty - identyczne wartości W .

Wady współczynników kształtu:

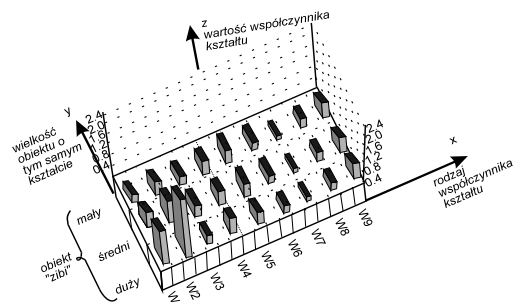
- duże zmiany skali mogą powodować, że współczynniki W dla różnych wielkości tego samego obiektu różnią się między sobą. Pojawia się wtedy możliwość błędnego zakwalifikowania do innej klasy, np. prostokąta do klasy „koło” lub odwrotnie.

Momenty geometryczne:

Pozwalają na lepsze rozróżnienie obiektów niż współczynniki kształtu, ale wymagają dłuższych obliczeń

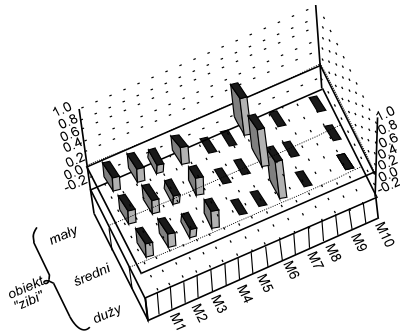
43

Wykresy słupkowe (3D)



Wrażliwość współczynników kształtu na wielkość obiektu

44



Niewrażliwość momentów na zmiany wielkości obiektu

45

Porównanie współczynników kształtu i momentów

Współczynniki kształtu

- wykazują większą czułość na zniekształcenia niż momenty;
- wpływ dyskretyzacji na współczynniki daje błąd rzędu kilku %;
- niektóre współczynniki ($W1, W2$) są silnie zależne od wielkości obiektu (zgodnie z ich definicją) i ich użyteczność jest zależna od stopnia normalizacji;
- zakres przyjmowanych wartości (z wyłączeniem $W1$ i $W2$) 0,01–100,0;
- wszystkie współczynniki mają zbliżoną wrażliwość na deformacje kształtów;

46

Porównanie współczynników kształtu i momentów

Momenty:

- wyrażenia momentowe nie są zbyt wrażliwe na zmiany kształtów obiektów;
- wpływ dyskretyzacji na momenty daje błąd rzędu kilku %;
- błąd rośnie w miarę wzrostu rzędu momentów;
- zakres przyjmowanych wartości momentów: 10^{-22} – 10^0 ;
- w zależności od kształtu obiektów (dla określonej klasy) niektóre momenty przyjmują wartości zbyt małe dla istotności analizy
- (poniżej 10^{-9}), wtedy przy wyborze **wektora cech** można je pominąć;
- największą **inwariantność** wykazują momenty $M1$ i $M7$;
- istnieją szybkie algorytmy obliczania momentów

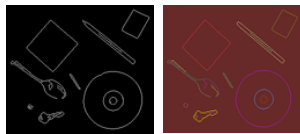
47

Etykietowanie obiekt (indeksacja bezpośrednia)

48

Etykietowanie obiektów wysegmentowanych za pomocą

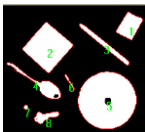
- Koloru (pseudokoloru)



- Szarego odcienia



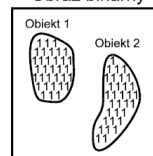
- Numeru



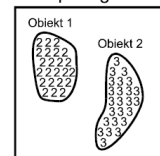
49

Rozróżnienie obiektów znalezionych w obrazie

Obraz binarny



Obraz po 2-gim kroku



50

Indeksacja bezpośrednia obiektów po segmentacji (metoda stosu)

1 krok: *kasowanie* obiektu, zapamiętanie na *stosie*. Analiza kolejnych linii obrazu binarnego $b(x,y)$. Po napotkaniu pierwszego punktu obiektu ($b=1$) następuje przeszukiwanie najbliższego otoczenia wykrytego punktu i **kasowanie** kolejnych punktów należących do tego samego obiektu. Jednocześnie **zapamiętywanie** skasowanych punktów na stosie zlokalizowanym w pamięci komputera.

2 krok: odtwarzanie obiektu polegające na nadaniu pikselom wartości będących kolejnymi identyfikatorami odnalezionych obiektów - automatyczne indeksowanie (do zakodowania indeksu wystarcza w praktyce 1 bajt).

51

Materiał:

- M.Doros, Przetwarzanie obrazów, skrypt WSISIZ
- Materiały wykładowe POBZ z zeszłego roku na UBIKu
- T.Pavlidis, Grafika i Przetwarzanie Obrazów, WNT Warszawa 1987.
- I.Pitas, Digital image processing, algorithms and applications, John Wiley & Sons, Inc. 2000,

52

Gdzie w materiale zgromadzonym na UBIKu znajdziemy algorytmy segmentacji

- Region growing algorithm (pp. 282-285)
- Merging algorithm (pp. 285-289)
- Region splitting algorithm (pp. 289-291)
- Split and merge algorithm (pp. 291-297)
- Relaxation labeling algorithm (pp.297-300)
- Connected component labeling (pp.300-303)
- Texture description (pp.303-317)
- Subroutines for the calculation of the central moments of a histogram (pp.303-306)
- Histograms of gray-level differences (pp.306-308)
- Algorithm for the calculation of horizontal gray-level run lengths (pp.308-311)
- Calculation of co-occurrence matrix (pp.311-313)
- The spectral characterization of the image texture based on the autocorrelation function) of a two-dimensional image or on its power spectrum (pp.313-318)

53

Literatura dodatkowa:

- W.Zieliński, M.Strzelecki: Komputerowa analiza obrazu biomedycznego, PWN Warszawa-Lódź 2002, str. 178-214; segmentacja z wykorzystaniem analizy tekstur, mozaika Voronoi (Voronoi tessellation), segmentacja metodą określenia działów wodnych (watershed transform)
- T.Pavlidis: Grafika i Przetwarzanie Obrazów, WNT Warszawa 1987
- R.Tadeusiewicz, P.Korohoda, Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.
<http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty2/0098/>
- Zasoby sieciowe:
- Segmentacja (w szczególności wododziałowa (watershed))
<https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/the-watershed-transform-strategies-for-image-segmentation.html>
- Definicja tekstury:
http://ai.stanford.edu/~ruzon/tex_seg/node1.html

54

Na ostatnim wykładzie w dniu 14.01.2023 możliwe będzie oddanie projektu egzaminacyjnego (zaliczanie egzaminu) w terminie zerowym przez osoby, które zgłoszą się i uzyskają odpowiednio wysokie zaliczenie na laboratoriach nr. 7 w dniu 7.01.2023. Osoby które zaliczą egzamin są zwolnione z obecności na laboratorium nr. 8 w dniu 21.01.2023.

Czy macie Państwo pytania dotyczące projektów?

55