

Metody kompresji obrazów

Modelowanie koloru, segmentacja obrazu

WYKŁAD 6
Dla studiów niestacjonarnych
2021/2022

Dr hab. Anna Korzyńska, prof. IBIB PAN

KOMPRESJA OBRAZÓW

Cele kompresji

- archiwizacja,
- przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu

$$SK = \frac{KP}{KW}$$

SK - stopień kompresji obrazu.

KP [bajt] - obszar pamięci zajmowany przez *kod pierwotny* obrazu.

Kod pierwotny - reprezentacja rastrowa lub wektorowa.

KW [bajt] - obszar pamięci zajmowany przez *kod wynikowy* obrazu.

Rodzaje kompresji:

- kompresja bezstratna (*lossless compression*)
- kompresja stratna (*lossy compression*)

2

Rodzaje kompresji (kodowania)

- **Bezstratna** (ang. lossless coding) odwracalna (ang. reversible) redukcja redundancji statystycznej (ang. statistical redundancy) w czasie i przestrzeni
- **Stratna** (ang. lossy coding) nieodwracalna (ang. irreversible) redukcja redundancji subiektywnej (ang. subjective redundancy), dotycząca nieistotnej informacji (ang. irrelevancy), z lub bez uwzględnienia charakterystyki słuchu i wzroku człowieka
- „Prawie” bezstratna lub **percepcyjnie bezstratna**, tzn. stratna, ale poziom zmian względem oryginału nie jest odczuwany przez człowieka

3

Kompresja bezstratna i stratna

lossless compression

$$\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = 0$$

lossy compression

$$\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) \neq 0$$

\underline{x}^u - wektor reprezentujący obraz pierwotny

\underline{x}^v - wektor reprezentujący obraz odtworzony (zrekonstruowany)

ρ - wartość metryki

Wybrane metody kompresji bezstratnej obrazów rastrowych:

- Kompresja obrazów z obszarami o jednolitej jasności
- Kompresja obrazów z obszarami o niejednolitej jasności

Wybrane metody kompresji stratnej obrazów rastrowych

- kodowanie różnic,
- kodowanie blokowe

Kompresja stratna - uzyskiwany jest większy stopień kompresji (SK) niż przy stosowaniu kompresji bezstratnej.

Kompresja obrazów z obszarami o jednolitej jasności

Kodowanie ciągów identycznych symboli (RLE)

ciąg identycznych symboli - para zawiera 1 symbol i liczbę jego powtórzeń

Przykład:

Kodowanie dziesiętne:

7,7,8,9,10,10,10,9,9,8,7,7,7

7(2), 8(1), 9(1), 10(4), 9(3), 8(1), 7(3).

Kodowanie binarne: 111, 111

Długość kodu zależy:

- od rozmiaru obrazu ($N_1 \times N_2$),
- od liczby poziomów jasności obrazu (M)

Uwaga: dla obrazów o dużych obszarach o jednolitej jasności przegląd według krzywej Hilberta daje z reguły dłuższe ciągi identycznych symboli niż w przypadku przeglądu „linia po linii”

Praktyczna realizacja

metody kodowania ciągów identycznych symboli:

- formaty obrazowe: *.PCX, *.PIC

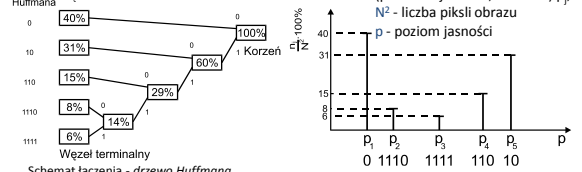
5

Kompresja obrazów z obszarami o niejednolitej jasności

Kod Huffmana - kod o zmiennej długości słowa.

Sposób postępowania:

- Przypisanie każdemu poziomowi jasności częstości występowania pikseli o tym poziomie jasności (utworzenie histogramu).
- Wyszukanie 2 poziomów o najmniejszej częstości występowania i połączenie w jeden o częstości występowania równej sumie tych poziomów.



Schemat łączenia - drzewo Huffmana.

Praktyczna realizacja kodu Huffmana - format obrazowy *.TGA

6

Metody słownikowe

Kodowanie *ciągów symboli* (pikseli) za pomocą odwołań do słownika zawierającego takie ciągi.

Stopień kompresji (SK) rośnie, gdy **długość ciągu pikseli** możliwych do zastąpienia **indeksem** do słownika rośnie.

Podział metod słownikowych:

- *statyczne* (słownik nie zmienia się w trakcie kodowania),
- *adaptacyjne* (słownik zmienia się w trakcie kodowania)

7

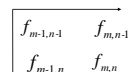
Kodowanie różnic

$$\epsilon_{m,n} = f_{m,n} - f_{m,n-1}$$

gdzie:

$f_{m,n}$ - poziom jasności piksela o współrzędnych m,n ,
 $f_{m,n-1}$ - poziom jasności piksela (**kolejnego**) o współrzędnych $m,n-1$.

Położenie pikseli



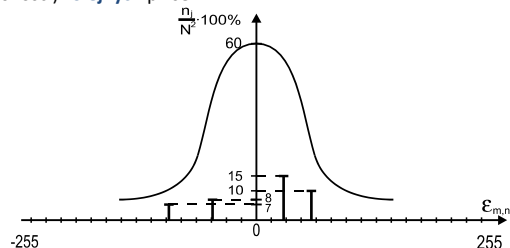
Przykład:

Obraz pierwotny : L = 255 (M = 256)

- kodowanie wartości pikseli: $l = 0, 1, 2, 3, \dots, 255$; zajętość pamięci: 8 bitów/piksel,
- kodowanie różnic pomiędzy wartościami kolejnych pikseli:
 $\epsilon_{m,n} = -255, -254, \dots, 0, \dots, 254, 255$ zajętość pamięci: 9 bitów /piksel.

8

Histogram różnic $\epsilon_{m,n}$ pomiędzy wartościami (poziomymi jasności) **kolejnych** pikseli

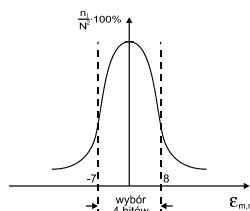


Histogram różnic ma charakter **krzywej Gaussa** z maksimum w okolicy zera.

9

Kompresja wynika z zakodowanie najczęściej występujących różnic

Histogram różnic z zaznaczonym obszarem najczęściej występujących różnic



Kryteria wyboru obszaru:

- wymagania na wielkość stopnia kompresji (SK),
- wymagania na **dokładność rekonstrukcji** (określoną wielkością „p”)

$$KP = 9, \quad KW = 4$$

$$SK = KP/KW = 9/4 = 2,25$$

Obraz zakodowany $\epsilon_{m,n} = -7, -6, \dots, 7, 8$ - 16 symboli zamiast 512

Niepożądany efekt: zależnie od rodzaju obrazu - większe lub mniejsze rozmywanie (**blurring**) ostrych krawędzi.

10

Kodowanie blokowe

Podział obrazu na jednakowe bloki, najczęściej 4x4 piksele. Obliczenie dla każdego bloku **średniej arytmetycznej** jasności. Podział pikseli na dwie grupy:

- o jasności większej lub równej jasności średniej,
- mniejszej niż jasność średnia.

Obliczenie nowej jasności średniej dla każdej z grup (**wartość górna** dla (a) i **wartość dolna** dla (b)). Przypisanie wszystkim pikselom danej grupy obliczonej jasności średniej (górnej lub dolnej), stąd blok zostaje zakodowany jako **mapa bitowa** określająca podział na grupy, plus dwie wartości jasności.

13	11	10	13
8	9	12	15
6	8	11	14
4	7	9	12

Średnia=10,125

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

Wartość górna= 12,625=13
 Wartość dolna = 7,625= 8

11

Kompresje obrazów oparte na transformatach

- Wybieram takie transformaty, które dają w dziedzinie transformacji takie upakowanie informacji, aby **większość współczynników była zerowa (bliska zeru)**
- Po kwantyzacji **niezerowych współczynników** dają minimalne zniekształcenia obrazu
- Prowadzą do **dekorelacji sygnału**
- Są **ortogonalne**, bo to zapewnia pełną transmisję informacji
- Są **separowalne**, bo to zapewnia szybki algorytm dekompozycji

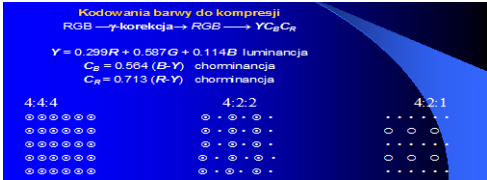
12

Kompresja stratna oparta na transformacjach

- Transformacja kosinusowa w kompresji JPEG
- Transformacja falkowa w kompresji JPEG 2000

Kolejność działań (i):

Konwersja obrazu kanałów (RGB) na jasność (luminancję) i 2 kanały barwy (chrominancje).
Odrzucenie części pikseli kanałów barwy, podział kanałów na bloki 8 × 8 pikseli.



13

Kolejność działań (ii)

Na blokach wykonywana jest dyskretna transformata kosinusowa (DCT).

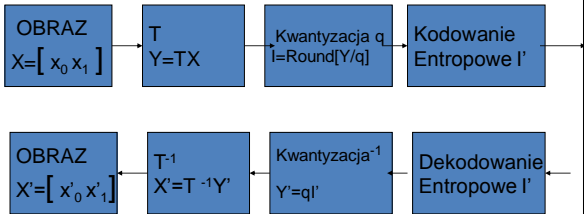
Zastąpienie średnich wartości bloków przez różnice wobec wartości poprzedniej (DPCM). Poprawia to w pewnym stopniu współczynnik kompresji.

Kwantyzacja, czyli zastąpienie danych zmiennooprzecinkowych przez liczby całkowite.

14

Schemat kompresji opartej na transformacjach

Kodowanie (ang. encoder)



Dekodowanie (ang. decoder)

15

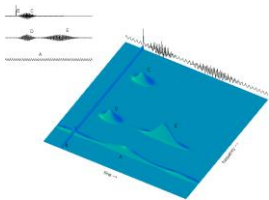
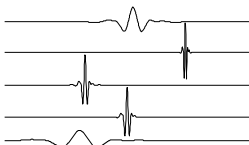
Kompresja JPEG2000

- Koduje różne typy obrazów i filmów: binarne, szare, kolorowe, wielospektralne o różnych właściwościach, transmisja w czasie rzeczywistym, archiwizacja biblioteki obrazów.
- Umożliwia progresywne dekodowanie: pozwala widzowi zobaczyć wersję danego obrazu o niższej jakości, podczas gdy cały plik nie został w pełni odebrany lub pobrany. Jakość obrazu stopniowo się poprawia, gdy więcej bitów danych jest pobieranych ze źródła.
- Zapewnia zachowanie przejrzystości obrazów.
- Daje niezwykle wysoki poziom skalowalności.
- Obrazy mogą być kodowane w dowolnej jakości od bardzo skompresowanych do kompresji bezstratnej.
- Firma udostępnia oprogramowanie open-source tzn. OpenJPEG kod napisany w C do wykorzystania przez programistów.
- Stosuje transformatę falkową

Co to są falki?

Komplet funkcji umożliwiających hierarchiczną wielorozdzielczą reprezentację aproksymowanej funkcji, składający się z :

- Funkcji skalującej $\Phi(x)$
- Rodziny falek generowanych na podstawie falki podstawowej



Falki i transformacja falkowa w przetwarzaniu obrazów

- Kompresja obrazów i sekwencji wideo
- Odszumianie obrazów
- Analiza tekstury
- Segmentacja
- Rozpoznawanie np.: ręcznego pisma, biologicznego wieku dzieci, charakterystycznych cech biologicznego sygnału (EEG)
- Rekonstrukcja obrazów biomedycznych

18

Metody oceny jakości kodowania

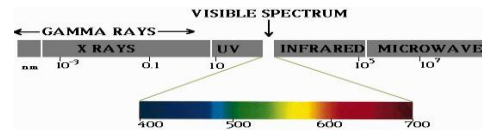
- Subiektywne – notowanie wrażeń widzów lub słuchaczy
- Obiektywne – porównanie ilościowe, na podstawie matematycznie wyznaczonych parametrów, opisujących różnicę między sygnałem oryginalnym i po dekompresji
- Metody oparte na modelach percepcji informacji przez człowieka:
 - perceptualny model, zapewniający wierność percepcji słuchowej
 - modelowanie układu percepcji wzrokowej człowieka (HVS ang. Human Visual System)

19

Barwa

Barwa to zarówno kombinacja fizycznych (spektralnych) własności światła jak i sposób jego interpretacji przez ludzkie oko i mózg.

Różne długości fali elektromagnetycznej z zakresu widma widzialnego (380 - 760 nanometrów) są odbierane jako barwy, a ich mieszanina jako **światło białe**



Uwaga! Jednakowe bodźce barwne wywołują jednakowe wrażenia, ale takie samo wrażenie mogą wywołać bodźce różniące się fizycznym (spektralnym) składem promieniowania elektromagnetycznego (metameryzm)

Barwa

Fizycznie: **długość fali**

Subiektywnie: to co **odróżnia** zieleni od błękitu a jest **wspólne** dla różnych **odcieni** czerwonego.

Jasność

stopień podobieństwa do barwy białej (dla *odcieni* jasnych) lub czarnej (dla *odcieni* ciemnych).

Nasycenie

czystość barwy np. **stopień zbliżenia** do **barw zasadniczych** występujących w widmie słonecznym: czerwona, zielona, niebieska, żółta (RGBY).

Rozróżnialność barw

(uwzględniając jasności) **ok. 400000 kolorów** (przy porównywaniu).

Z pamięci: kilkadziesiąt barw. Subiektywna ocena barw obrazu na monitorze przy różnym oświetleniu pomieszczenia.

21

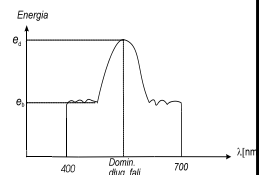
Cechy bodźca świetlnego wywołującego wrażenie barwy

Achromatyczne (widzenie skotopowe)

- Ilość (skuteczność pobudzenia) luminancja/jasność/jaskrawość czyli stopień podobieństwa do białej barwy, dającej maksymalne pobudzenie lub czarnej, dającej pobudzenie minimalne

Chromatyczne (widzenie fotopowe)

- Jasność (intensywność pobudzenia $R+G+B$):
- Barwa/odcieni/walor/Kolor/ (fizycznie: długość dominującej fali)
- Nasycenie/rozbielenie (czystość barwy czyli podobieństwo do barw widma słonecznego, bladeść)



Widzenie pośrednie **mezopowe**; przy słabym świetle

22

Standard barw podstawowych

Standard CIE 1931r. (Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa).

Standardowe barwy podstawowe nie odpowiadają żadnej rzeczywistej barwie, za to **dowolną** widzialną barwę daje się wyrazić jako ich **średnią ważoną**.

A,B,C - ilości poszczególnych barw podstawowych CIE dających w sumie pewną barwę.

Wielkości

$$a = \frac{A}{A+B+C}; \quad b = \frac{B}{A+B+C}; \quad c = \frac{C}{A+B+C}$$

są to **współrzędne tróchromatyczne** tej barwy.

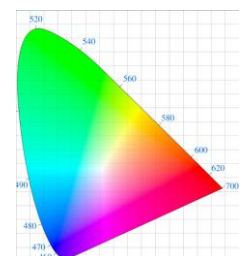
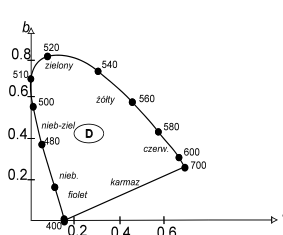
Widać, że **zawsze: $a + b + c = 1$**

tnz. **dowolne dwie** współrzędne wystarczą do określenia barwy.

23

Diagram chromatyczności CIE

wykres współrzędnych **a i b** **wszystkich** barw widzialnych; obszar D - barwa biała

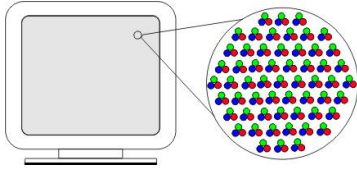


Cel
otrzymanie obiektywnych, jednoznacznych charakterystyk barw.

24

Mieszanie addytywne (synteza barwy)

- Równoczesne działanie trzech światel podstawowych (modele: trzy projektory lub komponowanie z trzech małych punktów)



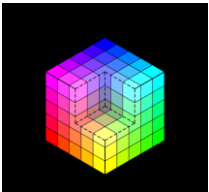
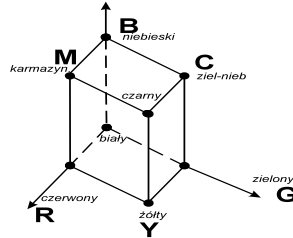
- Naprzemienne rzutowanie bodźców barwnych z częstotliwością większą od progu migotania (synteza w oku odbiorcy)
- Jeżeli obraz cyfrowy ma głębę 24 bity, to każdemu pikselowi można przyporządkować jedną z 16 777 216 barw

25

Model RGB

Opis piksela:
3 bajty → 16777216 barw

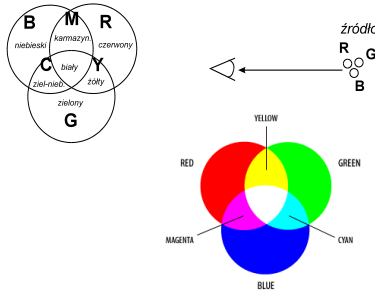
3 bity → $2^3 = 8$ barw
1 piksel na ekranie monitora składa się **fizycznie** z 3 elementów (RGB)



26

Barwy addytywne

Model RGB - opis **addytywnego** procesu otrzymywania barw w wyniku dodawania (mieszania) w różnych proporcjach trzech barw podstawowych.

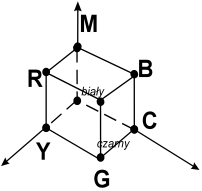


27

Model CMY

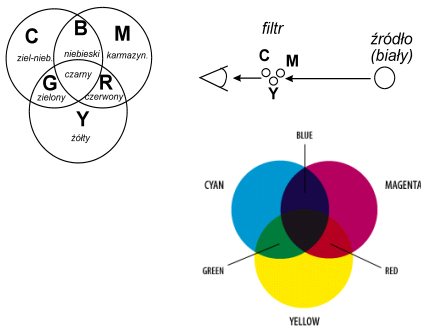
C - cyan (zielono-niebieski), **M** - magenta (karmazynowy), **Y** - yellow (żółty) (są to **dopełnienia** R, G, B).

CMY są podstawowymi barwami **subtraktywnymi**, ponieważ **usuwiają** podstawowe barwy ze źródła białego. Np. przedmiot pokryty **żółtą** farbą pochłania składowe światła słonecznego o długościach odpowiadających barwie **niebieskiej**. Model CMY jest subtraktywny i służy do określenia kolorów obrazów na drukarkach i ploterach.



28

Barwy subtraktywne



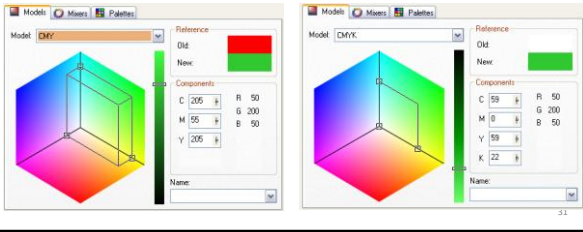
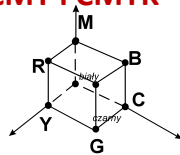
29

Mieszanie subtraktywne (filtrowanie barwy)

- Światło i trzy substancje posiadające własności selektywnej absorpcji barwy, zwane barwnikami (farbami) i działające jak filtry światła
- Możliwość **mieszania roztworów barwników** (farb) lub ich **nakładania na siebie warstwami** (fotografia barwna) albo układania punktowego w postaci **mozaiki o rozmiarach poniżej progu rozróżnialności** (lakiery, druk offsetowy kolorowy)
- Model CMYK
 - C (Cyan czyli zielono niebieski) = $1 - R$
 - M (Magenta czyli purpurowy) = $1 - G$
 - Y (Yellow czyli żółty) = $1 - B$
 - B (Black czyli czarny) = $\min(C, M, Y)$

30

Modele subtraktywne CMY i CMYK



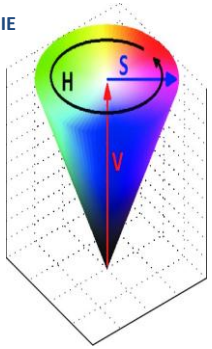
Modele percepcyjne

MODEL HSV POZWALA NA ŁATWE OPISANIE WYMAGANEJ BARWY (czynności malarza przy doborze farby)

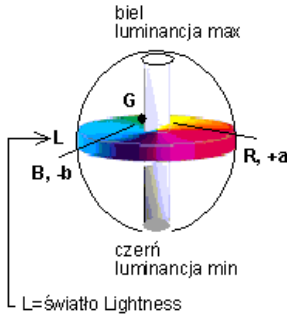
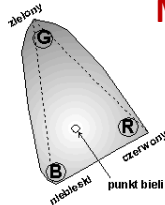
podanie β przy $V=S=1$
-ściemnianie (zmniejszanie V) i/lub rozjaśnianie (zmniejszanie S)

Do wyświetlenia na monitorze barw zdefiniowanych w HSV potrzebne są współrzędne RGB

Dlatego stosuje się:
Algorytm transformacji (przekształcenia) modelu HSV na model RGB



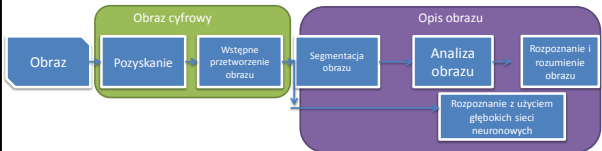
Model CIELAB



Etapy proces przetwarzania i rozpoznawania

Komputerowa analiza obrazów

- Podejście klasyczne
- Segmentacji obrazu
 - Pomiaru i lokalizacji obiektów na obrazie
 - Zrozumienia treści niesionych przez obraz w sensie np. klasyfikacji obiektów, policzenia ich liczby lub określenia ich wzajemnych relacji
- Podejście z użyciem głębokich sieci neuronowych



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*.

Segmentacja

- Segmentacja to podział obrazu na **rozłączne** (nienakładające się) fragmenty.
 - Segmentacja jest **powiązana z semantyką** (znaczeniem i rozumieniem) obrazu.
- bywa rozumiana dwojako:
- Jako podział na jednorodne rejony, które składają się na znaną hierarchię lub strukturę
 - Jako podział na to, co nas interesuje z punktu widzenia celu przetwarzania, pozostałe nieinteresujące obiekty i tło



37

Segmentacja

Wyodrębnienie spośród wybranych fragmentów tych, które stanowią obiekt zainteresowania ze względu na cel analizy obrazu.



Najbardziej skomplikowane algorytmy

38

Klasyfikacja metod segmentacji

Segmentacja może być zarówno operacją kontekstową jak i niekontekstową (punktową), ale najczęściej jest kombinacją metod kontekstowych i punktowych.

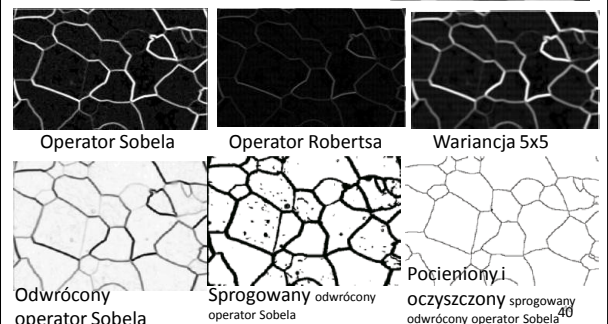
Jeśli metoda:

- Ignoruje zależności między pikslami i klasyfikuje je na podstawie globalnej cechy, np. wartości poziomu szarości – progowania, to jest metodą punktową niekontekstową
- Wykorzystuje zależności między pikslami, np.: podobieństwo wartości poziomu szarości – „dziel i łącz”, to jest metodą kontekstową



39

Etapy procesu segmentacji



Operator Sobela

Operator Robertsa

Wariancja 5x5

Odwrocony operator Sobela

Sprogowany odwrocony operator Sobela

Pocieniony i oczyszczony sprogowany odwrocony operator Sobela

40

Rodzaje segmentacji

(około 1000 algorytmów segmentacji)

- Poszukiwanie nieciągłości czyli poszukiwanie krawędzi, a w konsekwencji wskazanie wnętrza obiektu (np. z wykorzystaniem histogramu dwuwymiarowego),
- Maksymalne obszary wykazujące podobieństwo w kolorze, odcieniu szarości, teksturze (*k-means* lub *graph-cut*)
- Wododziały (ang. *watershed transform*),
- Podziały przeszukujące obszar (*drzewa czwórkowe*, *split and merge –region*)
- Dopasowywanie konturów np. metoda aktywnego konturu, (ang. *Active contour*).

Uwaga

W wyniku stosowania obszarowych metod segmentacji uzyskuje się **zawsze** obszary zamknięte (granice obszarów są ciągłe). Jest to zaleta w porównaniu np. z metodami *detekcji krawędzi*, które na ogół **nie zapewniają** ciągłości wykrytych krawędzi.

41

Techniki segmentacji

Progowanie

Warunki na dobre wyniki segmentacji :

- istnieje **rozdzielność** poziomów szarości lub kolorów obiektu i tła
- gdy wartość minimum lokalnego w histogramie jest jak najmniejsza (ang. *valley method*)

Podobieństwo tekstury

Tekstura reprezentuje, pewną **relatywną jednorodność/jednolitość**, odczuwaną wzrokowo przez odbiorcę lub udowodnianą jako **matematyczna regularność** dzięki analizie sygnału.

42

Progowanie - najprostszy algorytm segmentacji

- Progowanie z pojedynczym progiem segmentacji

- Progowanie przedziałami $q = \begin{cases} L_{\min} & \text{dla } p \leq p_1 \\ L_{\max} & \text{dla } p > p_1 \end{cases}$

$$q = \begin{cases} L_{\max} & \text{dla } p_1 \leq p \leq p_2 \\ L_{\min} & \text{dla } p < p_1 \text{ lub } p > p_2 \end{cases}$$

- Progowanie z warunkiem spójności lub warunkiem nałożonym na wielkość obiektu

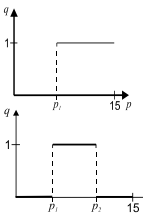
- Progowanie adaptacyjne

- Progowanie rekurencyjne

- Progowanie hierarchiczne (piramidowe, skalowalne)

Progowania dokonujemy na obrazie szaroodcieniowym lub pojedynczej składowej koloru lub na kanale wspólnym, np. luminancji

Operacja punktowa, bezkontekstowa

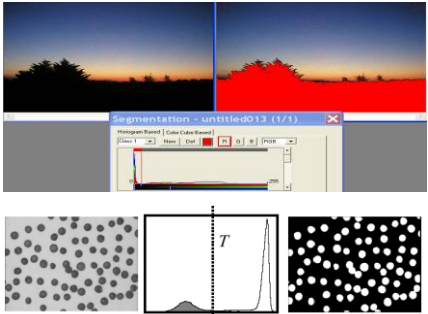


43

Przykład progowania

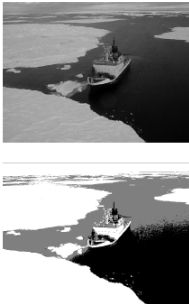
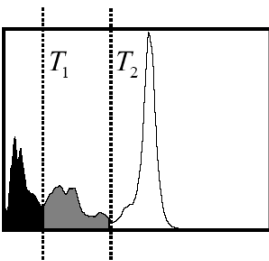
Progowanie dobrze segmentuje tylko wtedy, gdy:

- istnieje rozdzielność poziomów szarości lub kolorów obiektu i tła
- gdy „dolinka” progu jest głęboka (najlepiej zerowa)



44

Progowanie przedziałami

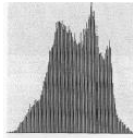


45

Progowanie adaptacyjne



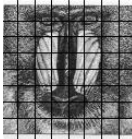
(A)



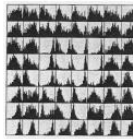
(C)



(E)



(B)



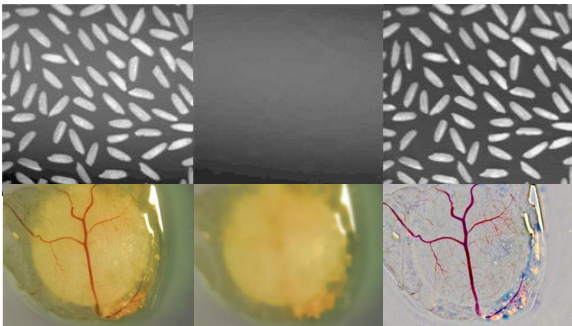
(D)



(F)

46

Wyrównanie nierównomierności tła



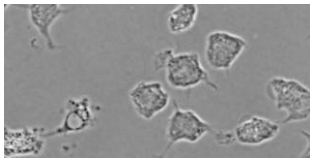
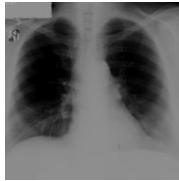
47

Progowanie

- Zalety
 - Prosta procedura zaimplementowana w każdym oprogramowaniu do manipulacji obrazami
 - Szybka realizacja algorytmu
- Wady
 - Trudności dla obrazów o niskim kontraście
 - Trudności przy nierównomiernym oświetleniu
 - Niejednoznaczności wynikające z braku rozdzielności poziomów szarości lub kolorów, występujących w tle i obiekcie

48

Tekstura



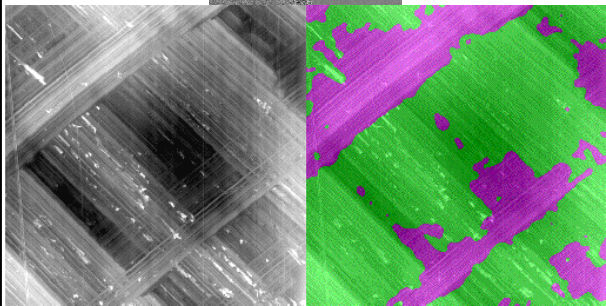
Jednorodność jest oparta na powtarzalności konstrukcyjnego elementu, wewnątrz którego istnieje pewna nierównomierność poziomów szarości (relacja między podelementami elementu konstrukcyjnego, czyli połączonymi grupami sąsiadujących ze sobą pikseli, jest stała) lub organizację lub uporządkowanie elementów w przestrzeni.

49

Analiza tekstury

- oparta na regularności ocenianej metodami statystycznymi, na podstawie macierzy opisującej częstość występowania dwóch pikseli oddalonych od siebie o dystans d w kierunku θ (po angielsku **cooccurrence matrix**), zdefiniowaną przez Haralicka
Cechy: kierunkowość, ziarnistość, ...
- oparta na różnych zaawansowanych modelach matematycznej regularności (np. model powtarzalności/zależności poziomów szarości w różnych kierunkach obrazu, oparty na stochastycznych polach Markowa ang. **random Markov field** lub model fraktalny samopodobieństwa ang. **fractal model**)
- oparta na morfologii matematycznej, która używa różnych transformacji do porównywania struktur w obrazie do znanego elementu konstrukcyjnego tekstury

51



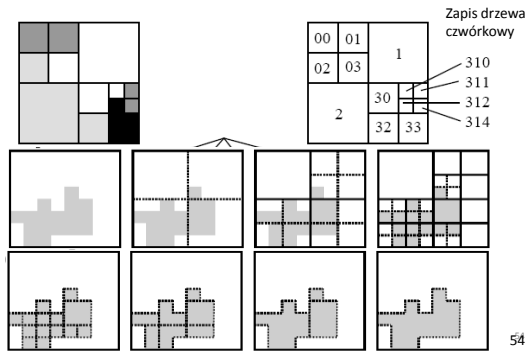
52

Techniki obszarowe segmentacji

- segmentacja przez **podział obszaru** (*region - splitting*)
- segmentacja przez **rozrost obszaru** (*region - growing*)
- segmentacja dziel i łącz

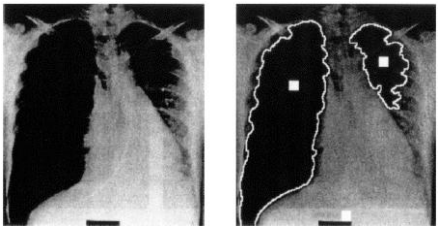
53

Dziel i łącz




54

„Rozrost ziarna”




55


Segmentacja w oparciu o kolor




Obraz



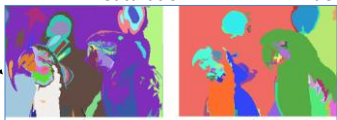
Luminance



Saturation



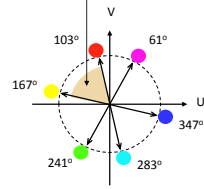
Hue





57

Poszukiwanie ludzi na kolorowych obrazach

Kolor skóry człowieka



Chrominancje w modelu YUV

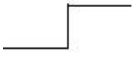


58

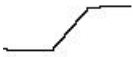
Segmentacja w oparciu o poszukiwanie krawędzi

Typy krawędzi


Skok – stopień




Rampa


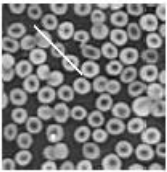


Dach



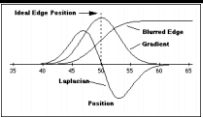
Linia






60

Poszukiwanie krawędzi




61

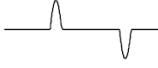
Krawędzie




Pierwsza pochodna gradient




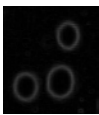
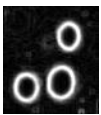

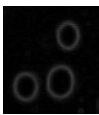
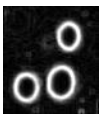
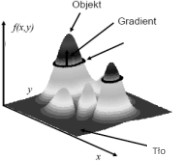
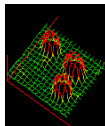
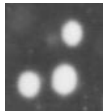
Druga pochodna laplasjan



laplasjan



Krawędziowanie



Gradient w kierunku poziomym

Gradient w kierunku pionowym

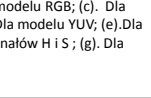
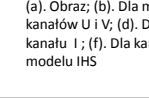


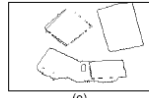
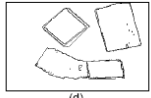
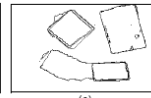

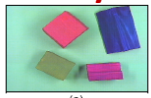
laplasjan

Operator Sobela

Operator Robertsa

62

Porównanie krawędzi segmentowanych na podstawie różnych kanałów koloru



(a). Obraz; (b). Dla modelu RGB; (c). Dla kanałów U i V; (d). Dla modelu YUV; (e). Dla kanału I; (f). Dla kanałów H i S; (g). Dla modelu IHS

63

Histogram 2D

64

Wykorzystanie operacji krawędziujących do segmentacji



65

Obraz pierwotny




0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	2	1	2	2	2	1	0
0	1	2	2	1	1	2	2	2	0
0	1	2	2	7	6	6	2	1	0
0	1	2	7	6	5	6	2	2	0
0	1	7	6	5	5	6	1	2	0
0	1	7	7	6	6	6	2	2	0
0	1	2	1	1	2	2	1	5	0
0	1	2	1	1	1	2	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Obraz wynikowy (metoda gradientowa Sobel'a)


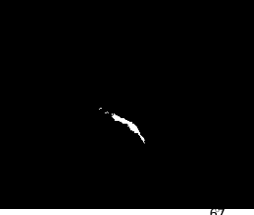
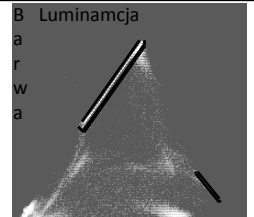
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	2	1	1	2	2	1	0
0	2	2	2	1	1	2	2	2	0
0	2	2	5	5	5	5	1	2	0
0	6	6	6	6	6	6	6	2	0
0	6	6	6	6	6	6	6	2	0
0	6	6	6	6	6	6	6	2	0
0	2	2	2	2	2	2	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	4	1	0	0	0	0	1
5	0	1	2	0	0	0	0	2
0	2	2	2	0	0	0	7	1
0	3	3	1	0	0	0	0	0
2	0	4	12	0	1	0	0	0
1	0	4	5	0	0	3	1	0
0	36	0	1	0	0	1	1	0
0	1	2	2	2	5	6	7	7

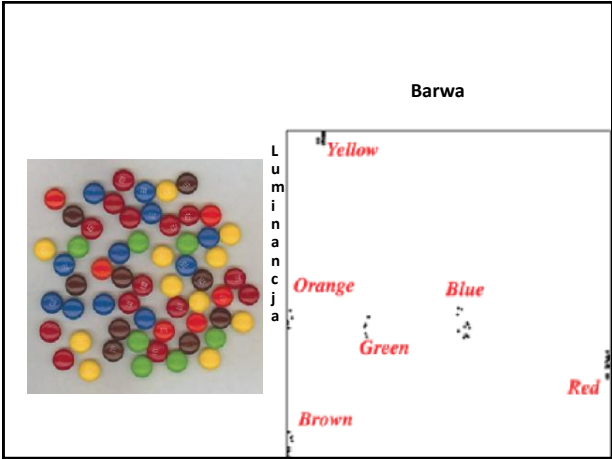
66



B Luminancja

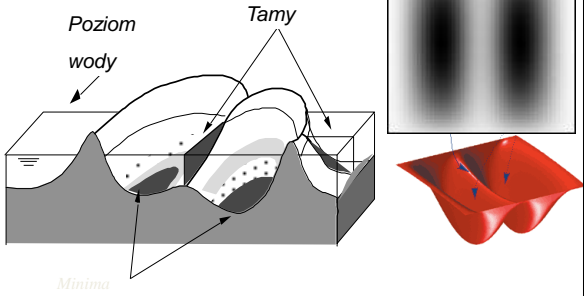


67



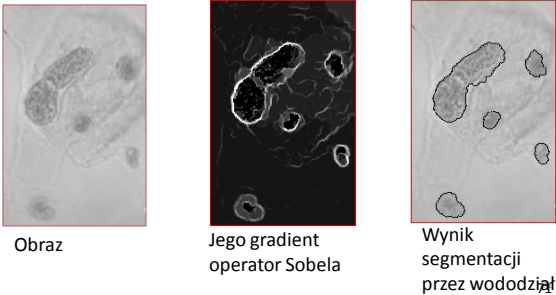
Segmentacja metody zaawansowane

Segmentacja przez wododział



70

Wyniki wododziału na bazie gradientu Sobela

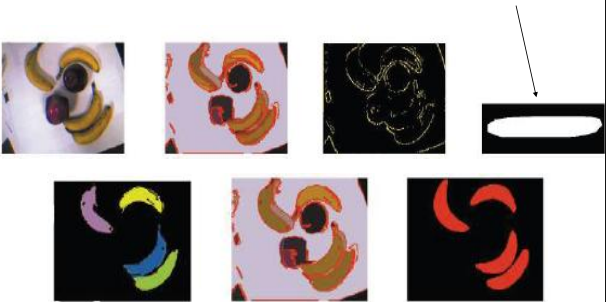


Segmentacja metodami aktywnych konturów



72

Segmentacja według modelu

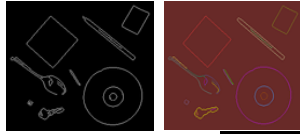


73

Etykietowanie obiektów

Za pomocą:

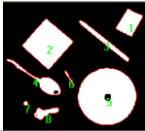
- Koloru
(pseudokoloru)



- Szarego odcienia



- Numeru



74