

Pytania egzaminacyjne z przedmiotu „Przetwarzanie Obrazów”

Wydział Informatyki WSISiZ, studia zaoczne, semestr 5, 99/00 r., prowadzący: dr inż. Marek Doros

1. Definicje obrazu: a) ciągłego, b) cyfrowego, piksel, rodzaje rozdzielczości.

Obraz - dwuwymiarowa funkcja intensywności światła $f(x,y)$, wartość f w przestrzennych współrzędnych x,y określa intensywność (jasność) obrazu w tym punkcie.

Obraz ciągły (analogowy) - zostaje przedstawiony w postaci macierzy pikseli, przy czym od liczby pikseli w tej macierzy zależy rozdzielczość obrazu;

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

$f(x,y) =$

$f(0,0)$	$f(0,1)$...	$f(0,N-1)$
$f(1,0)$	$f(1,1)$...	$f(1,N-1)$
...
$f(N-1,0)$	$f(N-1,1)$...	$f(N-1,N-1)$

Piksel - element obrazu, każdy z elementów tablicy próbek wynikających z dyskretyzacji obrazu; Podstawowy element obrazu, odniesienie do oczka lub węzła siatki; w procesie cyfrowego przetwarzania obrazów element obrazu, reprezentowany przez wartość liczbowa określającą poziom jasności tego elementu;

Rodzaje rozdzielczości:

Rozdzielczość przestrzenna - określa stopień rozróżnialności detali; tym lepsza im większa wartość N

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

2. Siatka dyskretna i jej rodzaje, rodzaje sąsiedztwa. Pojęcie dualizmu punkt – oczko siatki..

Siatka dyskretna - wzorec według którego dokonywana jest dyskretyzacja przestrzenna obrazu; elementami siatki są: oczka, linie, węzły; najczęściej stosowana jest siatka prostokątna, ale można też spotkać się z siatkami sześciokątnymi (heksagonalnymi) i trójkątnymi. Zależnie od rodzaju siatki występują rodzaje sąsiedztw np. w siatce sześciospójnej występuje sąsiedztwo 6 spójne, które przechodzi w 3 spójne.

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

Oczko siatki -

3. 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

4. Dopełnienie obrazu a tło obrazu, średnica podzbioru, spójność itd.

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 otaczającego go

Wklęsły - odnoszący się do obszaru, w którym co najmniej jeden odcinek prostej między dwoma punktami obszaru nie leży całkowicie w tym obszarze

Wypukły - odnoszący się do obszaru, w którym każdy odcinek prostej między dwoma dowolnymi punktami obszaru jest całkowicie zawarty w tym obszarze.

5. Binarizacja obrazu i sposoby jej realizacji.

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

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

Rezultat: Znaczna redukcja ilości informacji zawartej w obrazie; redukcja zajętości pamięci (ośmiokrotna w przypadku przejścia z obrazu 256-poziomowego)

6. Segmentacja obrazu i jej cele.

Segmentacja obrazu - rozbić 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 wprowadzanymi "poziomymi szarości".

Cel: Przygotowanie przygotowanie obrazu do etapu właściwego rozpoznania obiektów, określenia relacji przestrzennych pomiędzy nimi.

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

7. Co to jest analiza obrazu. Podać i omówić odwzorowanie, jakiemu odpowiada analiza obrazu.

Analiza obrazu - realizacja odwzorowania: $B:D \rightarrow X$, gdzie

D - przestrzeń obrazów, X - przestrzeń wektorów cech, B - odwzorowanie;

Wyznaczeni cech obiektów (wyodrębnionych w procesie segmentacji) przydatnych w procesie właściwego rozpoznania; cechy charakteryzujące kształty; współczynniki nieznieńnicze względem typowych przekształceń obrazu.

Analiza obrazu: redukcja obrazu do punktu w n -wymiarowej przestrzeni cech lub do wektora cech \underline{x} w n -wymiarowej przestrzeni cech lub do wektora cech: $\underline{x}=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, $\underline{x} \in X$, x_1, x_2, \dots, x_n - współrzędne (składowe wektora)

8. Co to jest rozpoznanie obrazu. Podać i omówić odwzorowania, jakim odpowiada rozpoznanie obrazu.

Rozpoznanie obrazu realizacja odwzorowań: $C:X \rightarrow R^L$ $F:R^L \rightarrow I$

C - ustalenie miary podobieństwa (dopasowania) nieznanego obiektu $d \in D$ opisanego wektorem cech $\underline{x} \in X$ do jednej z klas
 F -ustawienie ostatecznej decyzji o przynależności obiektu d opisanego wektorem cech \underline{x} do klasy $i \in I$, do której można zaliczyć nieznaną obiekt.

Złożenie 3 odwzorowań: $A:D \rightarrow I$; $A=F \circ C \circ B$

$B:D \rightarrow X$ (cechy)

$C:X \rightarrow R^L$ (dopasowanie)

$F:R^L \rightarrow I$ (decyzja)

gdzie:

X - przestrzeń cech

$C(\underline{x})$ - funkcja przynależności (miara dopasowania \underline{x} do i -tej klasy)

R^L - L liczb rzeczywistych

I - zbiór indeksów klas

Rozpoznanie obrazu jest to automatyczna identyfikacja klasy, do której można zaliczyć nieznaną obiekt o dowolnej naturze, np.:

- rozpoznawanie scen i płaskich obrazów,
- rozpoznawanie mowy.

9. Co to jest metryka (definicja i 3 podstawowe własności).

Metryka - odwzorowanie: $\rho:X \times X \rightarrow R_+$ spełniające dla wszystkich wektorów $\underline{x}^u \in X$ ($\mu = 1, 2, \dots$) założenia (warunki):

$\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = 0 \iff \underline{x}^u \equiv \underline{x}^v$ - tożsamość,

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

$\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) \leq \rho(\underline{x}^u, \underline{x}^n) + \rho(\underline{x}^n, \underline{x}^v)$ - warunek trójkąta,

gdzie R_+ - zbiór liczb nieujemnych

Metryka pozwala na powiązanie odwzorowania C z pojęciem odległości w przestrzeni X .

W praktyce metryka umożliwia obliczyć różnice pomiędzy poszczególnymi obrazami.

10. Podstawowe rodzaje metryk i ich interpretacja w dziedzinie przetwarzania obrazów. Odwzorować dwa obrazy o zadanym charakterze rozkładu poziomów szarości na postać wektorową i obliczyć różnice pomiędzy nimi stosując metrykę a) euklidesową, b) maksymalną. Która z w/w metryk pozwala na lepsze rozróżnienie w/w obrazów i dlaczego?

Metryka Euklidesowa:

$$\rho(x^u, x^n) = \sqrt{\sum_{v=1}^n (x_v^u - x_v^n)^2}$$

Wady i zalety metryki Euklidesowej:

- odpowiada obiegu definicji odległości
- ignorowanie składowych o b. Małych wymiarach, długie czasy obliczeń (pierwiastkowanie, podnoszenie do kwadratu)

Uogólniona metryka Euklidesowa

$$\rho(x^u, x^n) = \sqrt{\sum_{v=1}^n [\lambda_v (x_v^u - x_v^n)]^2}$$

λ_v - mnożniki normalizujące

Metryka uliczna (Manhattan, city block distance):

$$\rho(x^u, x^n) = \sum_{v=1}^n |x_v^u - x_v^n|$$

Uogólniona metryka uliczna

$$\rho(x^u, x^n) = \sum_{v=1}^n \lambda_v |x_v^u - x_v^n|$$

Metryka Czebyszewa:

$$\rho(x^u, x^n) = \max_{1 \leq v \leq n} |x_v^u - x_v^n|$$

$$\underline{x}^u = [x_1^u \dots x_v^u \dots x_n^u]^T$$

$$\underline{x}^n = [x_1^n \dots x_v^n \dots x_n^n]^T$$

11. Co to jest akwizycja obrazu. Podać elementy procesu akwizycji.

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

Elementy procesu akwizycji:

1. Oświetlenie obrazu.
2. Formowanie obrazu
3. Detekcja obrazu
4. Formowanie wyjściowego sygnału z kamery.

12. Przeprowadzić proces korekcji radiometrycznej zadanego obrazu $[P(x,y)]$ (przy zadanym jednorodnym jasnym obrazie odniesienia $[P_{od}(x,y)]$ i przy zadanym obrazie uzyskanym przy zasłoniętym obiektywie $[KORA(x,y)]$). $M=16, N=4$.

13. Na przykładowych obrazach o parametrach $N=4, M=16$ wykazać, w jakich przypadkach istnieje celowość stosowania odsumowania a) czasowego b) przestrzennego.

14. Operacje jednopunktowe (definicja) i ich 2 rodzaje (podać wzory na wartości pikseli obrazu wynikowego dla 1-go i 2-go rodzaju operacji jednopunktowych).

Charakterystyczne dla operacji jednopunktowych jest to, że na wartość piksela o współrzędnych (x,y) obrazu wynikowego nie wpływają wartości pikseli sąsiednich obrazu pierwotnego, a jedynie wartość piksela o współrzędnych (x,y) obrazu pierwotnego.

Wśród operacji jednopunktowych wyróżniamy:

- a) operacje jednopunktowe jednoargumentowe
- b) operacje jednopunktowe dwuargumentowe i wieloargumentowe.

Operacje jednopunktowe jednoargumentowe

Operacje jednopunktowe jednoargumentowe charakteryzują się tym, że o wartości piksela o współrzędnych (x,y) obrazu wynikowego decyduje wartość jednego piksela o współrzędnych (x,y) obrazu pierwotnego.

Ogólna postać operacji przetwarzającej:

$$[q(x,y)] = f[p(x,y)]$$

gdzie: $p(x,y)$ – wartość piksela o współrz. (x,y) obrazu pierwotnego
 $q(x,y)$ – wartość piksela o współrz. (x,y) obrazu wynikowego
 f – operator przetwarzający

Operatory w operacjach jednoargumentowych można podzielić na:

- operatory liniowe (operatory: identyczności i odwrotności),
- operatory częściowo liniowe (operatory progowania z zachowaniem poziomów szarości – liniowe w przedziale p_1 - p_2
- operatory nieliniowe (pozostałe operatory).

Operacje jednopunktowe dwuargumentowe i wieloargumentowe

W operacjach tych o wartości piksela o współrzędnych (x,y) obrazu wyjściowego decydują wartości pikseli o tych samych współrzędnych (x,y) obrazów wejściowych .

Ogólna postać operacji przetwarzającej:

$$[c(x,y)] = f[a(x,y), b(x,y)]$$

gdzie: $c(x,y)$ – wartość piksela o współrz. (x,y) obrazu wyjściowego

$a(x,y), b(x,y)...$ – wartości pikseli o współrz. (x,y) obrazów wejściowych a, b , itd...

f – operator przetwarzający

Operatory w operacjach dwu- i wieloargumentowych możemy podzielić na:

- liniowe (dodawanie, odejmowanie)
- nieliniowe (np. mnożenie, logarytmowanie)

15. Operator progowania (wzór i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

Operator progowania

$q = 0$ dla $p \leq p_1$

1 dla $p > p_1$

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

$p_1 = 5$

16. Odwrotny operator progowania (wzór i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

Odwrotny operator progowania

$q = 0$ dla $p \leq p_1$

1 dla $p > p_1$

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

$p_1 = 5$

17. Operatory progowania przedziałami (wzory i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

18. Operatory progowania z zachowaniem poziomów szarości (wzory i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

$q = p$ dla $p_1 \leq p \leq p_2$;

0 dla $p < p_1, p > p_2$;
 $p_1=2, p_2=12$

0	0	0	0	2
0	0	0	0	0
0	0	7	0	0
0	0	2	3	4
0	0	0	12	11

$q=15-p$ dla $p_1 \leq p \leq p_2$;
0 dla $p < p_1, p > p_2$;
 $p_1=2, p_2=12$

0	0	0	0	13
0	0	0	0	0
0	0	8	0	0
0	0	13	12	11
0	0	0	3	4

19. Operator rozciągania (wzór i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

$$q = 15(p-p_1)/(p_2-p_1) \text{ dla } p_1 < p \leq p_2;$$

$$0 \text{ dla } p \leq p_1, p > p_2;$$

20. Operator redukcji poziomów szarości (wzór i interpretacja graficzna), na zadanym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

$$q = 0 \text{ dla } p \leq p_1$$

$$q_2 \text{ dla } p_1 < p \leq p_2;$$

$$q_3 \text{ dla } p_2 < p \leq p_3;$$

$$q_4 \text{ dla } p_3 < p \leq p_4;$$

$$15 \text{ dla } p_4 < p \leq 15;$$

21. Co to jest histogram obrazu. Jaką wnosi informację o obrazie. Podać przykłady różnych obrazów o takim samym histogramie

Histogram - sposób przedstawienia rozkładu liczebności danego zbioru elementów, klasyfikowanego ze względu na pewną cechę ilościową lub jakościową; na osi poziomej oznacza się wartości (lub przedziały wartości) tej cechy, a na osi pionowej — ich liczebność; jest wykonywany jako wykres słupkowy

22. Operatory dodawania, odejmowania, mnożenia (wzory) i cele ich stosowania.

Dodawanie:

$$c_{ij} = (a_{ij} + b_{ij})/k$$

k - liczba obrazów

cel: odsumowanie;

Odejmowanie:

Wartości bezwzględne różnic pomiędzy kolejnymi obrazami

$$c_{ij} = |a_{ij} - b_{ij}|$$

cel: porównanie

Mnożenie:

cel: korekcja nieliniowości, tworzenie okna

korekcja nieliniowości: $c_{ij} = k[(a_{ij} \times b_{ij}) + a_{ij}]$

tworzenie okna: $c_{ij} = a_{ij} \times b_{ij}$

23. Tablica LUT i jej zastosowania

Operacje punktowe można przedstawić za pomocą tablicy LUT (Look – Up Table). Indeksy tej tablicy stanowi obraz wejściowy, a wartości jej elementów odwzorowują obraz wyjściowy. Tablica LUT ilustruje również histogram. Indeks tablicy opisuje kolejne poziomy szarości, a jej elementy ilość pikseli o danym poziomie szarości.

Jest to tablica obrazująca zasadę szybkiego wyznaczania wielkości będących wynikami realizacji zadanego odwzorowania. W przypadku operacji na obrazach może to być np. odwzorowanie: $[q(i,j)] = f[p(i,j)]$ gdzie:

$[p(i,j)]$ - obraz pierwotny

$[q(i,j)]$ - obraz wynikowy

f - operator odwzorowujący wartość pikseli $p(i,j)$ na $q(i,j)$

Zasada działania tablicy LUT:

Dyskretne wartości argumentu p są indeksami (adresami) elementów tablicy zawierających wartości q.

Tablica może być zastosowana jako:

- uniwersalny operator jednopunktowy (identyczności, odwrotności, progowania, rozciągania itp.)
- histogram

24. Operacje sąsiedztwa i ich podział. Tablica LUT w zastosowaniu do operacji sąsiedztwa.

Operacje sąsiedztwa - na wartość zadanego piksela obrazu wynikowego o współrzędnych (i,j) mają wpływ wartości pikseli pewnego otoczenia piksela obrazu pierwotnego o współrzędnych (i,j) . Operacje sąsiedztwa można podzielić na operacje wygładzania i operacje wyostrażania.

Operacje wygładzania stanowią praktyczną realizację filtracji dolnoprzepustowej i dzielą się na operacje filtracji liniowej i nieliniowej. Operacje filtracji nieliniowej dzielą się na operacje filtracji logicznej i medianowej.

Operacje wyostrażania stanowią praktyczną realizację filtracji górnoprzepustowej i dzielą się na operacje filtracji gradientowej i laplasjanowej.

25. Przeprowadzić operację wygładzania obrazu z użyciem operatora liniowego (wzór) na zadanym przykładzie. Wpływ na histogram.

Metoda konwolucyjna wpływa na wartość piksela obrazu wyjściowego wg. wzoru:

$$g(x,y) = \sum_{k=1}^n w_k p_k(x,y)$$

gdzie:

$g(x,y)$ - wartość piksela o współrzędnych x,y obrazu wynikowego

$p_k(x,y)$ - wartość k-tego piksela o współrzędnych x,y obrazu pierwotnego

w_k - waga k-tego piksela

n – ilość pikseli otoczenia wraz z pikselem przetwarzanym

Wpływ danego piksela k na piksel przetwarzany jest uzależniony od jego wagi w_k .

Wagi poszczególnych pikseli zapisywane są za pomocą:

▪ macierzy wag

a1/b	a2/b	a3/b
a4/b	a5/b	a6/b
a7/b	a8/b	a9/b

gdzie: $a1/b + a2/b + \dots + a9/b = 1$

26. Podać przykładową macierz wag , odpowiadającą jej maskę konwolucyjną, oraz przeprowadzić operację wygładzania zadanego obrazu o parametrach N oraz M. Wpływ na histogram. Jaki operator (liniowy czy nieliniowy)został użyty?

K=1/10

1/10	1/10	1/10
1/10	2/10	1/10
1/10	1/10	1/10

1	1	1
1	2	1
1	1	1

K=1/8

1/8	1/8	1/8
-----	-----	-----

1	1	1
---	---	---

1/8	0	1/8
1/8	1/8	1/8

1	0	1
1	1	1

27. Filtracja logiczna i cel jej stosowania.

Filtracja logiczna

dla 4-spójnego otoczenia punktu sprowadza się do trzech warunków:

	a	
b	x	c
	d	

1. If $a = d$ $x' = a$
Else $x' = x$

Eliminacja izolowanych punktów i poziomych linii o pojedynczej grubości

2. If $b = c$ $x' = b$
Else $x' = x$

Eliminacja izolowanych punktów i pionowych linii o pojedynczej grubości

3. If $a = b = c = d$ $x' = a$
Else $x' = x$

Eliminacja izolowanych punktów

gdzie x' – wartość piksela w obrazie wyjściowym o współrz. piksela x obrazu wejściowego

28. Podać zasadę filtracji medianowej i na zadanym przykładzie podać celowość jej stosowania. Wpływ na histogram.

Filtracja medianowa

Usuwa zakłócenia bez zamazywania krawędzi. W filtracji tej rozważany piksel przyjmuje wartość środkową danego ciągu wartości pikseli uporządkowanych od wartości najmniejszej, do największej, a wartość pikseli brzegowych pozostaje niezmieniona.

Przykład filtracji medianowej:

Obraz wejściowy

15	14	15	12	15
15	12	11	6	9
1	8	7	2	3
0	3	2	9	2
0	0	0	2	3

Filtracja medianowa

15	14	15	12	15
15	12	11	9	9
1	7	7	6	3
0	1	2	2	2
0	0	0	2	3

29. Wyostżanie obrazu. Sposób wyznaczania gradientu i jego własności w odniesieniu do obrazu cyfrowego (cyfrowa wersja gradientu).

Cyfrowa wersja gradientu

Pochodna pionowa G_x funkcji $f(x,y)$:

$$G_x = [f(x+1,y-1)+2f(x+1,y)+f(x+1,y+1)] - [f(x-1,y-1)+2f(x-1,y)+f(x-1,y+1)]$$

maska:

	$y-1$	y	$y+1$
$x-1$	-1	-2	-1
x	0	0	0

$x+1$	1	2	1
-------	---	---	---

Pochodna pionowa G_y funkcji $f(x,y)$:

$$G_y = [f(x-1,y+1)+2f(x,y+1)+f(x+1,y+1)] - [f(x-1,y-1)+2f(x,y-1)+f(x+1,y-1)]$$

maska:

	$y-1$	y	$y+1$
$x-1$	-1	0	1
x	-2	0	2
$x+1$	-1	0	1

Własności:

Wrażliwy na intensywność zmiany; używany tylko do detekcji krawędzi

Symetryczny ze względu na obrót, działa tak samo na wszystkie krawędzie.

30. Wyostrzenie obrazu. Sposób wyznaczania laplasjanu i jego własności (cyfrowa wersja laplasjanu) na zadanym przykładzie obrazu cyfrowego.

Cyfrowa wersja laplasjanu

$$L(x,y) = [f(x+1,y)+f(x-1,y)+f(x,y+1)+f(x,y-1)-4f(x,y)]$$

maska:

	$y-1$	y	$y+1$
$x-1$	0	1	0
x	1	4	1
$x+1$	0	1	0

Własności:

-Symetryczny ze względu na obrót

- zachowuje znak różnicy intensywności

-Podaje dodatkową informację o położeniu piksla względem krawędzi (po jasnej czy po ciemnej stronie)

31. Detekcja krawędzi. Sposób obliczania pikseli obrazu wynikowego dla zadanego obrazu i dla przykładowej maski FG (Filtracji Górnoprzepustowej).

Zasada obliczeń identyczna jak w metodzie konwolucji "Konwolucja plus maska":

$$g(x,y) = w_1f(x-1,y-1) + w_2f(x-1,y) + w_3f(x-1,y+1) + w_4f(x,y-1) + w_5f(x,y) + w_6f(x,y+1) + w_7f(x+1,y-1) + w_8f(x+1,y) + w_9f(x+1,y+1)$$

Przykład

$f(x,y)$

4	4	4	8	8	8	8	8
4	4	4	8	8	8	8	8
4	4	4	8	8	8	8	8
4	4	4	8	8	8	8	8
4	4	4	8	8	8	8	8

$$g(2,2) = -32 + 36 = 4$$

$$g(2,3) = -20 - 24 + 36 = -8$$

$$g(2,4) = -12 - 40 + 72 = 20$$

$$g(2,5) = -64 + 72 = 8$$

$g(x,y)$

X	X	X	X	X	X	X	X
X	4	-8	20	8	X	X	X
X	X	-8	20	8	X	X	X
X	X	-8	20	8	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X

32. Metoda specjalnego gradientu. Omówienie i porównanie metod Roberta i Sobela (wyprowadzenie masek z zadanych wzorów).

Metoda specjalnego gradientu jest stosowana w przypadkach, gdy metody filtracji górnoprzepustowej powodują wzmocnienie zakłóceń w obszarach leżących wewnątrz konturu. Krawędź uznawana jest za istniejącą, gdy wartość gradientu intensywności w pewnych punktach przekracza ustalony próg.

Zalety i wady metody gradientowej:

- nieuwytłumianie zakłóceń (tak jak w FG),
- w obrazach małej kontrastowości kłopoty z interpretacją wyników,

Metoda Roberta:

$$R(i,j) = \sqrt{(f_4 - f_8)^2 + (f_7 - f_5)^2}$$

$R(i,j)$ - specjalny gradient w punkcie (i,j)

$$\alpha = -(\pi/4) + \tan^{-1} [(f_7 - f_5) / (f_4 - f_8)]$$

α - kierunek gradientu intensywności

Metoda Sobela:

$$S_x = (f_2 - 2f_5 + f_8) - (f_0 - 2f_3 + f_6)$$

$$S_y = (f_6 - 2f_7 + f_8) - (f_0 - 2f_1 + f_2)$$

$$S(x,y) = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

33. Metoda uzgadniania wzorca. Sposób obliczania pikseli obrazu wynikowego dla przykładowego obrazu i dla zadanych masek Prewitta i Kirscha.

Metoda uzgadniania wzorca polega na uzgadnianiu (konwolucji) obrazu ze wzorcem danej, idealnej krawędzi, zwanej maską krawędzi. Maski Prewitta i Kirscha, przedstawiają fragmenty krawędzi w formie narożników o ośmiu ustalonych kierunkach. Detekcja krawędzi odbywa się przez splot każdej z tych masek z analizowanym obrazem w każdym jego punkcie. Maski dostarczające w określonym punkcie największej wartości funkcji splotu wskazują na obecność w tym punkcie krawędzi w formie narożnika o określonej orientacji.

Najczęściej stosuje się maski o rozmiarze 3 x 3. Można też użyć masek o większych rozmiarach, np. 5 x 5 czy 7 x 7. Takie maski charakteryzowałyby się mniejszą wrażliwością na zakłócenia - jednocześnie jednak powstałyby kłopoty przy wykrywaniu krawędzi leżących blisko siebie.

Metoda Prewitta:

maski do detekcji krawędzi w formie narożników o różnych ustalonych kierunkach

N

1	1	1
1	2	1
-1	-1	-1

NE, E, SE, S, SW, W

NW

1	1	1
1	2	-1
1	-1	-1

Metoda Kirscha:

Wartość pikseli (i,j) jest zmieniana według wzoru

$$g(i,j) = \max_{k=0}^7 \{1, \max[(5S_k - 3T_k)]\}$$

$$\text{gdzie } S_k = f_k + f_{k+1} + f_{k+2}$$

$$T_k = f_{k+3} + f_{k+4} + f_{k+5} + f_{k+6} + f_{k+7}$$

f - obraz źródłowy, g - obraz wynikowy

34. Detektory wzrostu. Podać sposób lokalizacji krawędzi metodami: a) różnicy bezpośredniej, b) różnicy bezwzględnej.

Różnica bezpośrednia:

$$r(x,y) = 1 \text{ gdy } f(x,y) - f(x,y+1) \geq T$$

$$0 \text{ gdy } f(x,y) - f(x,y+1) < T$$

gdzie: 1- wartość konturu; 0 - wartość tła

Różnica bezwzględna:

$$R(x,y) = 3f(x,y) - f(x,y+1) - f(x+1,y) - f(x+1,y+1)$$

$$r(x,y) = 1 \text{ gdy } R(x,y) \geq T$$

$$0 \text{ gdy } R(x,y) < T$$

35. Podać zasadę detekcji krawędzi na podstawie histogramów 2D na przykładzie 2 obrazów: a) pierwotnego b) przetworzonego przy użyciu zadanej metody detekcji krawędzi.

Metoda ta ułatwia selekcję punktów pośrednich i ich klasyfikację do punktów brzegowych.

Sposób postępowania:

1. Odpowiednio przygotowany obraz źródłowy (po korekcji radiometrycznej, geometrycznej i po przetworzeniu metodami jednopunktowymi) zostaje przekształcony gradientowo lub za pomocą laplasjanu.
2. Tworzenie histogramu 2D na podstawie odpowiednich histogramów jednowymiarowych (1d) obrazu źródłowego i przetworzonego.
3. Wyodrębnienie na histogramie dwuwymiarowym grup skupień punktowych „należących do tła, obiektu i konturu (promieniste przeszukiwanie okolic centrów poszczególnych grup z uwzględnieniem gradientu przyrostu wartości).
4. Współrzędne obszarów wyodrębnionych jako kontur tworzą dalej zbiór wartości według którego tworzony jest końcowy, zbinaryzowany obraz zawierający poszukiwane kontury.

Efekt: poprawa ciągłości linii brzegowej

36. Omówić następujące techniki: a) logicznej analizy otoczenia, b) poprawy ciągłości linii brzegowej, c) pocieniania (erozji) linii brzegowej, pogrubiania (dylatacji) linii brzegowej.

Technika logicznej analizy otoczenia:

- stosowana do obrazów binarnych,
- wykorzystuje metodę różnicy bezwzględnej,
- działa na zasadzie sprawdzania wartości poszczególnych punktów obrazu i zaznaczania jako punktów brzegowych tych, które zawierają w swoim otoczeniu równocześnie w mniej więcej równej ilości punkty obiektu i tła.

Oznaczanie otoczenia punktu x_0 :

	x_2	
x_3	x_0	x_1
	x_4	

Implementacja metody - formuła logiczna:

$$x_0' = x_0 \wedge \sim(x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4)$$

Poprawa ciągłości linii brzegowej:

Filtr pionowy

$$x_0' = x_2 \text{ dla } x_2 = x_4$$

$$x_0 \text{ dla } x_2 \neq x_4$$

Filtr poziomy

$$x_0' = x_1 \text{ dla } x_1 = x_3$$

$$x_0 \text{ dla } x_1 \neq x_3$$

Pocienianie (zmniejszanie szerokości linii brzegowej obiektu):

$$x_0' = x_0 \wedge x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4 - \text{z wykorzystaniem operatora koniunkcji.}$$

Wielokrotne wykonywanie operacji zależnie od potrzebnej szerokości linii

Pogrubianie:

$$x_0' = x_0 \vee x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 - \text{z wykorzystaniem operatora alternatywy.}$$

Efekt operacji:

Wzmocnienie zachowanych linii, usunięcie drobnych przerw (uciąglenie); oznacza to radykalne polepszenie jakości obrazu (w sensie przygotowania do kolejnych etapów procesu rozpoznawania obrazu tzn. segmentacja, analiza, rozpoznawanie właściwe)

37. Omówić a) metodę maskową badania zakrzywień linii w oknie 3x3, b) metodę badania ciągłości linii brzegowej przy użyciu filtru logicznego .

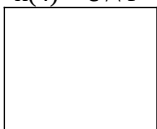
Badanie zakrzywień

Metoda maskowa - detekcja krzywych w oknie 3x3

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$k(1) = a \wedge b \quad k(5) = h \wedge i$$

$$\begin{aligned} k(2) &= b \wedge c & k(6) &= g \wedge h \\ k(3) &= a \wedge d & k(7) &= f \wedge i \\ k(4) &= c \wedge f & k(8) &= d \wedge g \end{aligned}$$



$$e' = e \text{ jeśli } [k(1) \neq 0 \wedge k(5) \neq 0] \vee [k(2) \neq 0 \wedge k(6) \neq 0] \vee \dots \vee [k(4) \neq 0 \wedge k(8) \neq 0]$$

0 w przeciwnym wypadku

Zaleta: wykrywa zadane krzywizny niezależnie od kierunku przeszukiwania.

Badanie ciągłości linii brzegowej

Metoda filtru logicznego

filtr pionowy:

$$e' = M \text{ dla } e \neq (b=h) \vee e=h \neq b$$

e w przeciwnym wypadku

filtr poziomy:

$$e' = M \text{ dla } e \neq (d=f) \vee e=f \neq d$$

e w przeciwnym wypadku

gdzie: M znacznik nieciągłości

Efekty: krawędzie skuteczniej i doskonale wydobywane za pomocą operatorów ekstrakcji, pocieniania, uciągłania niż laplasjanem.

38. Omówić transformatę Hougha w odniesieniu do wykrywania linii prostych.

Transformacja Hough'a jest metodą detekcji krzywych (nie punktów krzywych - co jest realizowane przez detekcję krawędzi lub segmentację oparta na dualności pomiędzy punktami na krzywej a parametrami tej krzywej).

Właściwości transformaty Hough'a :

- punkt obrazu koresponduje z sinusoidą w przestrzeni parametrów;
- punkt w przestrzeni parametrów koresponduje z linią prostą na obrazie;
- punkty leżące na tej samej prostej w obrazie korespondują z krzywymi (sinusoidami) przechodzącymi przez wspólny punkt w przestrzeni parametrów (φ, ρ);
- punkty leżące na tej samej krzywej (sinusoidzie) w przestrzeni parametrów korespondują z liniami prostymi przechodzącymi przez ten sam punkt na obrazie.

Algorytm detekcji linii oparty na TH:

Dane: n punktów na obrazie, dla których $f(x,y) > 0$

Stąd: n krzywych w przestrzeni parametrów przecina się w $n(n-1)/2$ punktach, które korespondują z prostymi łączącymi pary punktów na obrazie. Np. $n=3$ $3(3-1)/2=3$ - 3 proste, 3 punkty niewspółliniowe.

Znalezienie punktów współliniowych \rightarrow znalezienie punktów przecięcia w przestrzeni parametrów.

39. Wymienić znane klasy obrazów i na jakich etapach przetwarzania występują. Podać odwzorowania odpowiadające poszczególnym etapom przetwarzania obrazu.

Klasa1:

Obrazy o pełnej skali jasności, typowe rozmiary: $N=512$, $M=256$ -liczba stopni jasności. Reprezentacja rastrowa: tablica 512×512 jednobajtowych elementów (true color -3 bajty $N \times N$)

Klasa2:

Obrazy binarne: tablica $N \times N$ np. 512×512 elementów jednobitowych (również reprezentacja rastrowa)

Klasa3:

Krzywe dyskretne: zbiór punktów (pikseli) rastru prostokątnego z których każdy (oprócz punktów końcowych) posiada nie mniej niż 2 i nie więcej niż 3 sąsiadów odpowiednio skonfigurowanych. Punkty końcowe 1-2 sąsiadów. Krzywe otwarte, krzywe zamknięte.

Klasa4:

Punkty lub wieloboki. Punkty tak od siebie oddalone, że nie mogą być reprezentowane przez kod łańcuchowy. Reprezentacja: tablica współrzędnych punktów. Łączenie prostymi lub krzywymi o zadanych parametrach.

40. Podać definicję krzywej dyskretnej i sposoby jej reprezentacji (kodowania) na zadanym przykładzie.

Krzywa dyskretna - zbiór punktów (piksli) siatki prostokątnej (rastru prostokątnego), z których każdy (oprócz punktów końcowych) posiada nie mniej niż 2 i nie więcej niż 3 sąsiadów odpowiednio skonfigurowanych (w sensie sąsiedztwa 8-mio lub 4 -spójnego). Punkty końcowe: 1-2 sąsiadów.

Reprezentacja krzywych:

Ciąg par współrzędnych x,y kolejnych punktów krzywej

$(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$

Kod łańcuchowy (chain code) o stałej długości (3 bity/ punkt)

(0,5) 001001000010001000...000

(0,5) - współrzędne punktu początkowego krzywej

001 -kod kierunku "1"

Długość kodu nie zależy od kształtu krzywej (określonego zmianami kierunków pomiędzy kolejnymi punktami krzywej).

Różnicowy kod łańcuchowy

(o zmiennej długości, średnio 2 bity/punkt, długość kodu zależy od kształtu krzywej).

41. Zrealizować dyskretyzację zadanej krzywej ciągłej według schematu dyskretyzacji Freemana. Odtworzyć krzywą ciągłą (zgodnie z dyskretyzacją Freemana) na podstawie zadanej krzywej dyskretnej. Omówić problemy niejednoznaczności występujące w trakcie dyskretyzacji i odtworzenia krzywej.

Dyskretyzacja Freemana

Zasada: badanie każdego punktu przecięcia się krzywej z linią łączącą dwa kolejne węzły siatki (rastru). Wybór węzła rastru leżącego bliżej punktu przecięcia. Wybrany węzeł należy do piksli tworzących krzywą dyskretną.

Punkt niejednoznaczności (ambiguity point) - punkt przecięcia jednakowo odległy od obu rozważanych węzłów siatki (rastru). W tym przypadku wybór węzła do utworzenia krzywej dyskretnej następuje według dodatkowej reguły (np. prawa z dwóch węzłów tworzących odcinek poziomy lub górny z dwóch węzłów tworzących odcinek pionowy)

42. Omówić wady i zalety reprezentacji rastrowej i wektorowej na przykładzie danego obrazu 16x16.

Grafika rastrowa - tworzenie obrazów wielo-lub dwu poziomowych (binarnych), czyli klasy 1 i 2.

Rastrowe urządzenia obrazowe- brak możliwości wyświetlania wektorowego

W tym przypadku stosowana jest symulacja grafiki wektorowej

Cechy urządzeń rastrowych: duża pamięć, jedna komórka pamięci odpowiada jednemu pikselowi (pamięć obrazu).

Zajętość pamięci nie zależy od rodzaju obiektów na obrazie.

Reprezentacja rastrowa:

Jeden piksel obrazu zajmuje jedną komórkę (jednobajtową) pamięci. Zawartość pamięci 16x16x1 bajt =256 bajtów.

Na oddzielne przechowywanie zarówno obiektu A jak i obiektu B potrzeba 256 bajtów.

Tablica jednowymiarowa: Obiekt A

Nr elementu: 1 2 ...16 17 18 19...256

Wartość elementu: 0 0 ... 0 0 4 5 ... 0

43. Omówić technikę wprowadzania, modyfikacji i adresowania punktów (reprezentujących obrazy klasy 4) za pomocą listy elementów czteroskładnikowych.

44. Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Przeprowadzić kompresję metodą kodowania ciągów identycznych symboli na przykładzie danego obrazu. Sposoby przeglądu obrazu Cel stosowania przeglądu obrazu według krzywej Hilberta.

Kompresja bezstratna - rodzaj kompresji, przy której utrzymana zostaje jakość obrazka poddawanego kompresji. W procesie kompresji i dekompresji jakość obrazka często ulega pogorszeniu. W przypadku kompresji bezstratnej, obrazek zdekompresowany jest prawie identyczny z obrazkiem oryginalnym.

Cele kompresji: archiwizacja, przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu SK definiujemy jako stosunek obszaru pamięci zajmowanego przez kod pierwotny obrazu (reprezentację rastrową lub wektorową) KP do obszaru pamięci zajmowanego przez kod wynikowy obrazu KW.

$SK = KP / KW$

Przeglądanie obrazu:

- linia po linii,

- krzywa Hilberta, czyli ciąg łamanych H_k zbudowanych na siatce kwadratowej o rozdzielczości $2^k \times 2^k$.

Krzywa Hilberta rzędu k

Rekurencyjny algorytm generowania krzywych Hilberta. Z czterech krzywych rzędu $k-1$ budowana jest krzywa rzędu k .

45. Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Przeprowadzić kompresję metodą drzewa czwórkowego na przykładzie zadanego obrazu.

Kompresja bezstratna - rodzaj kompresji, przy której utrzymana zostaje jakość obrazka poddawanego kompresji. W procesie kompresji i dekompresji jakość obrazka często ulega pogorszeniu. W przypadku kompresji bezstratnej, obrazek zdekompresowany jest prawie identyczny z obrazkiem oryginalnym.

Cele kompresji: archiwizacja, przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu SK definiujemy jako stosunek obszaru pamięci zajmowanego przez kod pierwotny obrazu (reprezentację rastrową lub wektorową) KP do obszaru pamięci zajmowanego przez kod wynikowy obrazu KW .

$$SK = KP / KW$$

Drzewa czwórkowe:

Obraz - postać macierzy kwadratowej A o wymiarach $2^n \times 2^n$.

Powtarzany rekursywnie n razy proces podziału A na 4 macierze kwadratowe aż do osiągnięcia poziomu pojedynczego elementu obrazu. Przedstawienie podziału w postaci drzewa, którego wierzchołki (węzły) odpowiadają kwadratom.

0

1

2

Wszystkie wierzchołki oprócz liści (wierzchołki stopnia 1) są stopnia dolnego 4, stąd : drzewo czwórkowe.

Długość etykiety pojedynczego elementu wynosi n (np. dla $n=3$ obraz 8×8)

Poziom k zawiera 4^k kwadratów. Stąd liczba wierzchołków drzewa:

$$N = \sum_{k=0}^n 4^k = (4^{n+1} - 1) / 3 \approx 4^{n+1} / 3$$

Tzn. ok. $1/3$ więcej wierzchołków niż elementów.

Tak więc w przypadku, gdy w odwzorowaniu obrazu w drzewo jeden wierzchołek drzewa odpowiada jednemu pikselowi, tzn. gdy nie ma obszarów (złożonych z więcej niż jednego piksela) o takiej samej jasności, występuje ekspansja obrazu - przeciwna kompresji.

Typowe algorytmy:

- Algorytm tworzenia drzewa czwórkowego z obrazu przeglądane wiersz po wierszu.

- Konstrukcja obrazu na podstawie drzewa czwórkowego

Wyświetlanie zgrubne np. w czasie $T_c/2$ gdzie T_c - całkowity czas odtwarzania obrazu. W reprezentacji macierzowej w czasie $T_c/2$ wyświetli się połowa obrazu.

- Kompresja obrazu za pomocą drzewa czwórkowego (przy dostatecznie dużych obszarach o jednolitej jasności).

46. Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Omówić zasadę stosowania kodu Hufmana. Przeprowadzić kompresję metodą Huffmana na zadanym przykładzie.

Kompresja bezstratna - rodzaj kompresji, przy której utrzymana zostaje jakość obrazka poddawanego kompresji. W procesie kompresji i dekompresji jakość obrazka często ulega pogorszeniu. W przypadku kompresji bezstratnej, obrazek zdekompresowany jest prawie identyczny z obrazkiem oryginalnym.

Cele kompresji: archiwizacja, przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu SK definiujemy jako stosunek obszaru pamięci zajmowanego przez kod pierwotny obrazu (reprezentację rastrową lub wektorową) KP do obszaru pamięci zajmowanego przez kod wynikowy obrazu KW .

$$SK = KP / KW$$

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 gęstości występowania i połączenie w jeden o częstości występowania równej sumie tych poziomów.

Schemat łączenia - drzewo Huffmana

Praktyczna realizacja kodu Huffmana - format obrazowy *.TGA

Wada kodu: konieczność przyłączenia do zakodowanego obrazu biblioteki użytych kodów (odpowiadających zadanym poziomom jasności). Rozmiar biblioteki może przewyższyć redukcję rozmiaru obrazu.

47. Kompresja stratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, miara różnicy pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Omówić metodę kodowania różnic. Przeprowadzić kompresję metodą kodowania różnic na zadanym przykładzie.

Kompresja stratna - rodzaj kompresji, przy której następuje zauważalne obniżenie jakości obrazka. Wybranie kompresji bezstratnej daje w wyniku bardzo małe straty widocznej informacji. Im większa stratność kompresji, tym gorzej będzie wyglądać obrazek po dekompresji. Metody: kodowanie różnic, kodowanie blokowe.

Cele kompresji: archiwizacja, przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu SK definiujemy jako stosunek obszaru pamięci zajmowanego przez kod pierwotny obrazu (reprezentację rastrową lub wektorową) KP do obszaru pamięci zajmowanego przez kod wynikowy obrazu KW.

$$SK = KP / KW$$

Kodowanie różnic:

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

gdzie

$f_{m,n}$ - poziom jasności piksela o współrzędnych m,n

$f_{m,n-1}$ - poziom jasności kolejnego piksela o współrzędnych $m,n-1$

Realizacja kompresji - zakodowanie najczęściej występujących różnic

Kryteria wyboru obszaru:

-Wymagania na wielkość stopnia kompresji (SK),

-Wymagania na dokładność rekonstrukcji (określoną wielkością p)

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

Niepożądanym efektem: zależnie od rodzaju obrazu mniejsze lub większe zamazywanie (blurring) ostrych krawędzi.

48. Kompresja stratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Przeprowadzić kompresję metodą kodowania blokowego na zadanym przykładzie.

Kompresja stratna - rodzaj kompresji, przy której następuje zauważalne obniżenie jakości obrazka. Wybranie kompresji bezstratnej daje w wyniku bardzo małe straty widocznej informacji. Im większa stratność kompresji, tym gorzej będzie wyglądać obrazek po dekompresji. Metody: kodowanie różnic, kodowanie blokowe.

Cele kompresji: archiwizacja, przesyłanie.

Stopień kompresji obrazu SK definiujemy jako stosunek obszaru pamięci zajmowanego przez kod pierwotny obrazu (reprezentację rastrową lub wektorową) KP do obszaru pamięci zajmowanego przez kod wynikowy obrazu KW.

$$SK = KP / KW$$

Kodowanie blokowe:

Podział obrazu na jednakowe bloki, najczęściej 4x4 piksele. Obliczanie dla każdego bloku średniej arytmetycznej jasności. Podział pikseli na dwie grupy: a) o jasności większej lub równej jasności średniej, b) mniejszej niż jasność średnia. Obliczanie nowej jasności średniej dla każdej z grup (wartość górna dla (a) i wartość dolna dla (b)). Przypisanie wszystkim pikselom danej grupy obliczanej jasności średniej (górnej lub dolnej), stąd blok zostaje zakodowany jako mapa bitowa określająca podział na grupy, plus dwie wartości jasności.

13	11	10	13	→	1	1	1	1
8	9	12	15		0	0	1	1
6	8	11	14		0	0	1	1
4	7	9	12		0	0	0	1

Średnia = 10

wart. górna = 12

wart. dolna = 7

49. Kompresja krzywych dyskretnych; definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy krzywą pierwotną a odtworzoną (błąd interpolacji LD). Na podstawie zadanej krzywej pierwotnej (interpolowanej) i odtworzonej (interpolującej) obliczyć stopień kompresji oraz błąd interpolacji.

Współczynnik redukcji pamięci WRP określający stopień kompresji SK krzywej; $WRP=SK$

$WRP=N/IMEMS$ - dla krzywych otwartych

$WRP=(N+1)/(IMEMS+1)$ - dla krzywych zamkniętych,

gdzie: N- liczba punktów (piksli) krzywej interpolowanej

IMEMS -liczba węzłów interpolacji

IMEMS= M -dla krzywych zamkniętych

IMEMS= M+1 -dla krzywych otwartych

Błąd interpolacji będący miarą stratności kompresji

$LD=LU-LW$

gdzie:

LD - błąd interpolacji

LU - liczba piksli (w tym przypadku punktów) siatki (rastru) zawartych pomiędzy krzywą interpolowaną (pierwotną) i interpolującą (odtworzoną) wraz z punktami należącymi do tych krzywych

LW - liczba punktów wspólnych, czyli należących zarówno do krzywej interpolowanej jak i interpolującej

50. Sposoby liczenia różnic pomiędzy obrazami na zadanych przykładach z wykorzystaniem a)wektorów, b)tablic.

51. Na przykładzie zadanej krzywej dyskretniej omówić wybrany algorytm interpolacji równomiernej

Złożoność obliczeniowa:

Interpolacja równomierna (INTR1): $T= a * N$; ($O(N)$);

Interpolacja równomierna (INTR3): $T= a * N^2$; ($O(N^2)$);

Interpolacja równomierna (INTR5): $T= a * n * N$; ($O(N^2)$);

N - liczba punktów krzywej

a -współczynnik proporcjonalności

n - liczba punktów pierwszego odcinka krzywej interpolowanej

Interpolacja równomierna (INTR1):

Węzły S_1, S_2, \dots, S_{10} dzielą krzywą pierwotną na odcinki o równej liczbie punktów "n" każdy (takie same długości).

Stałe położenie węzła początkowego S_1 .

Interpolacja równomierna (INTR3):

Działanie algorytmu:

Wyznaczanie węzłów interpolacji dla różnych, zadanych kolejno we wszystkich punktach krzywej pierwotnej, położenia węzła początkowego S_1 .

Wybór położenia węzła S_i , gdzie WLD jest minimalne.

Interpolacja równomierna (INTR5):

Działanie algorytmu:

Wyznaczanie węzłów interpolacji dla różnych, zadanych kolejno we wszystkich "n" punktach pierwotnego odcinka krzywej pierwotnej, położenia węzła początkowego S_1 ;

Wybór położenia, dla którego WLD jest minimalne.

52. Na przykładzie zadanej krzywej dyskretniej omówić algorytm interpolacji nierównomiernej.

Złożoność obliczeniowa:

Interpolacja nierównomierna (INTR3): $T= a * \sum_{i=1}^M n_i^2$; ($O(\sum_{i=1}^M n_i^2)$)

N - liczba punktów krzywej

M - liczba odcinków interpolacji

a -współczynnik proporcjonalności

n_i - liczba punktów i-tego odcinka krzywej interpolowanej

Interpolacja nierównomierna (INTR3)

Algorytm: Zadanie położenia węzła początkowego S_1 , dołączenie kolejnych punktów krzywej S_{11}, S_{12}, \dots ; łączenie ich z punktem S_1 odcinkiem linii prostej dyskretniej i obliczanie błędu interpolacji LD. Jeżeli LD osiągnie wartość dopuszczalną to końce aktualnego odcinka stają się węzłami interpolacji.

Dane: położenie węzła początkowego S_1 , dopuszczalny błąd interpolacji LD dla jednego odcinka krzywej.

53. Na podstawie zadanych przebiegów zależności WLD(WRP) dla rodziny zamkniętych krzywych dyskretnych i dla różnych algorytmów interpolacji dokonać oceny efektywności działania w/w algorytmów.

Miara efektywności: przebieg zależności WLD(WRP)

gdzie:

WLD - błąd interpolacji,

WRP - współczynnik redukcji pamięci (stopień kompresji).

$WRP = SK = KP/KW$

Dane: zbiór podzbiorów krzywych dyskretnych o różnych kształtach wyróżniających się różnymi stopniami zmienności krzywizny:

Ocena efektywności na podstawie przebiegów dla czteroelementowych podzbiorów krzywych o kształtach 2 i 7.

1. Krzywe o mało zmiennej krzywiznie: małe różnice między wartościami błędów dla różnych algorytmów. Pozwala to na wybranie algorytmu o najmniejszej złożoności obliczeniowej (INTR1).

2. Krzywe o bardziej zmiennej krzywiznie: duża różnica między wartościami błędów dla różnych algorytmów. Należy wybrać algorytm INTN3.

Uwaga: Z obu wykresów wynika, że przy dostatecznie małej wartości WRP omawiana metoda interpolacji realizuje kompresję typu lossless.

54. Omówić proces analizy i rozpoznania obrazu jako realizację trzech odwzorowań.

55. Omówić dwie podstawowe techniki segmentacji obrazu (przez podział, przez rozrost).

Segmentacja przez podział - ma charakter iteracyjny i polega na stopniowym podziale dużych obszarów na mniejsze, w których piksele mają odpowiednią własność (kolor, jasność), znacznie różniące się od własności cech w innych obszarach.

Zastosowanie metody progowania, wybór progu dyskryminacji Θ (poziom szarości). Dołączanie pikseli spełniających warunki progowania i będących sąsiadami jednego lub więcej pikseli należących już do obszaru (otrzymanego już w poprzednim kroku w wyniku podziału)

Wadą tej metody segmentacji jest duża złożoność obliczeniowa. Zmniejszenie złożoności obliczeniowej: przeprowadzenie segmentacji wstępnej na obrazie o zredukowanej rozdzielczości (przestrzennej) a następnie przeprowadzenie segmentacji dokładnej przy pełnej rozdzielczości obrazu.

Segmentacja przez rozrost obszaru - polega na grupowaniu sąsiednich pikseli, w których określona własność czyli atrybut mieści się w przyjętym zakresie. Grupy te stanowią obszary atomowe. Następnie testowanie sąsiadujących ze sobą obszarów atomowych pod względem ich własności i relacji przestrzennych w celu ich połączenia (scalenia). W tym przypadku własnościami sąsiadujących obszarów może być długość ich wspólnej granicy oraz długość obwodów, a także wzajemne usytuowanie tych obszarów.

Własności segmentacji przez rozrost: silna zależność wyników segmentacji od wyboru progu.

Nieskomplikowane sceny - dobre wyniki. Sceny złożone - tendencje do tworzenia małych obszarów.

56. Współczynniki kształtu i cele ich stosowania. Omówić własności współczynników cyrkularności (W_1 , W_2). Obliczyć wartości W_1 i W_2 dla dwóch zadanych obiektów. Dokonać zobrazowania ww współczynników.

Współczynniki kształtu W

Własności współczynników kształtu W:

- 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" i odwrotnie.

Współczynniki cyrkularności:

$W1=2\sqrt{S/\pi}$ - określa średnicę koła o powierzchni równej powierzchni badanego obiektu

$W2=L/\pi$ - określa średnicę koła o długości obwodu równej długości obwodu danego obiektu

L - obwód obiektu

S - powierzchnia obiektu

$W1, W2$ - szybkie obliczanie,

Współczynniki cyrkularności są silnie zależne od wielkości obiektu (zgodnie z ich definicją) i ich użyteczność jest zależna od stopnia normalizacji;

57. Współczynniki kształtu i cele ich stosowania. Na podstawie zadanych przykładów omówić własności współczynników Malinowskiej ($W3, W9$).

Współczynniki kształtu W

Własności współczynników kształtu W :

- 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" i odwrotnie.

Współczynniki Malinowskiej:

$W3 = L/(2\sqrt{S\pi}) - 1$ - szybkie obliczanie

$W9 = (2\sqrt{S\pi})/L$ - (Malinowskiej uproszczony)

L - obwód obiektu

S - powierzchnia obiektu

58. Współczynniki kształtu i cele ich stosowania. Na podstawie zadanych przykładów omówić własności współczynników $W4, W5, W6, W7, W8$.

Współczynniki kształtu W

Własności współczynników kształtu W :

- 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" i odwrotnie.

Współczynniki $W4, W5, W6, W7, W8$:

$W4 = S/[\sqrt{2\pi} \int (r^2) ds]$ - wsp. Blaira-Blissa (większa wrażliwość na zmiany kształtu)

$W5 = S^3/(\int_S l ds)^2$ - wsp. Danielssona

$W6 = \sqrt{[(\sum d)^2/(n \sum d^2 - 1)]}$ - wsp. Haralicka

$W7 = r_{\min}/R_{\max}$ - wsp. Lp1

$W8 = L_{\max}/L$ - wsp. L2

L - obwód obiektu

L_{\max} - maksymalny gabaryt obiektu

S - powierzchnia obiektu

l - minimalna odległość elementu ds od konturu obiektu

d - odległość pikseli konturu od jego środka ciężkości

n - liczba punktów konturu

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

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

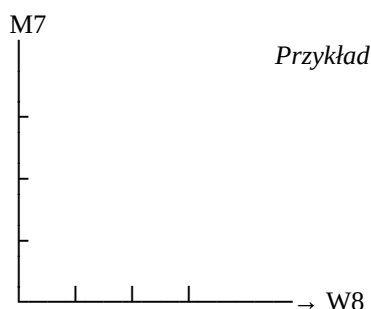
$W4, 5, 6$ - wolniejsze obliczanie niż $W1, 2, 3$

$W7, 8$ - określają cechy pośrednie

59. Obraz jako wektor w n-wymiarowej przestrzeni cech. Przedstawienie zadanych wektorów dwuskładowych i trójskładowych w 2 i 3-wymiarowej przestrzeni cech.

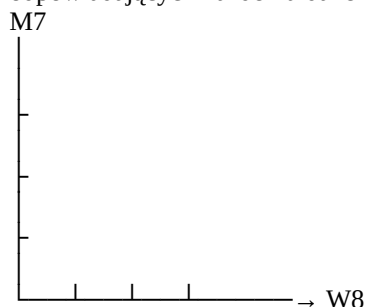
Proces analizy prowadzi do redukcji obrazu do punktu w n-wymiarowej przestrzeni lub wektora cech \underline{x} w n-wymiarowej przestrzeni cech X gdzie

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}; x \in X$$



60. Podać przykłady podziału 2D przestrzeni cech na 2 lub więcej obszarów odpowiadających zadanym klasom obiektów.

Procedura podziału przestrzeni cech jest to procedura znajdowania linii podziału na 2 lub więcej obszarów odpowiadających każdemu danemu zbiorowi wektorów cech i jednocześnie danej klasie.



\underline{x}_k - kwadrat \underline{x}_t - trójkąt

\underline{x}_p - prostokąt \underline{x}_o - okrąg

Idealny podział to taki, że wszystkie wektory cech znajdują się w odpowiadających im obszarach.

Jeśli jest to niemożliwe stosowany jest podział minimalizujący prawdopodobieństwo błędu, lub podział minimalizujący błąd średni.

61. Rodzaje cech i zasady ich nadawania. Podać przykłady.

Recepcja i struktura przestrzeni cech:

$B: D \rightarrow X$ - zamiana obiektów $d \in D$ w punkty przestrzeni cech, recepcja (przyjmowanie) obrazów do X, czyli przestrzeni cech.

Elementami przestrzeni cech X są wektory o n współrzędnych (składowych):

$\underline{x} = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \in X$

składowe x_v tych wektorów - liczby $x_v \in \mathbb{R}$ określające ilościową miarę określonej cechy;

stąd: X - n-wymiarowa przestrzeń, np. Euklidesowa,

czyli $(X \subseteq \mathbb{R}^n)$

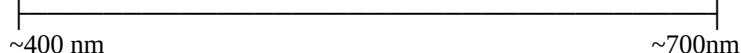
Zasada Brawermanna wyboru cech:

Taki dobór cech x_v aby w przestrzeni X punkty \underline{x} odpowiadające obiektom d należącym do jednej klasy ($d \in D$) grupowały się w postaci skupisk (clusters) możliwie maksymalnie zwartych wewnętrznie i możliwie najbardziej oddalonych od podobnych skupisk dla innych klas.

62. Modelowanie koloru; wykres rozkładu energii światła, definicje: kolor, barwa, jasność, nasycenie, dominująca długość fali, barwy addytywne, barwy subtraktywne.

Wykres rozkładu energii światła

fiolet, indygo, niebieski, zielony, żółty, pomarańczowy, czerwony



definicje: kolor, barwa, jasność, nasycenie, dominująca długość fali, barwy addytywne, barwy subtraktywne

63. Omówienie standardu barw podstawowych CIE. Operacje na barwach w ramach diagramu chromatyczności CIE.
64. Omówienie modeli RGB, HSV, CMY. Kolor a barwa. Porównać położenia wektora obrazującego zadaną barwę i kolor w bryłach poszczególnych modeli.
65. Cele stosowania techniki roztrząsania (dithering). Zastosowanie ww techniki z wykorzystaniem wzorca $n \times n = 3 \times 3$ dla obrazu w poziomach szarości oraz dla wzorca $n \times n = 2 \times 2$ dla modelu RGB. Sposoby rozmieszczenia pikseli we wzorcach, liniowa i nieliniowa zmiana liczby pikseli we wzorcu (na przykładach). Rozwiązanie problemu dla różnych rozmiarów wzorców i dla różnych stopni nieliniowości zmian liczby pikseli we wzorcu.

Uwaga:

Obowiązuje znajomość podstaw terminologii stosowanej w dziedzinie przetwarzania obrazów i grafiki komputerowej (Materiały Pomocnicze – Słownik Terminów).

Wpływ na wysokość oceny będzie miał także stopień znajomości terminów z zakresu przetwarzania obrazów podanych w trakcie wykładu i zamieszczonych w materiałach pomocniczych.

Materiały:

- arkusze A4 w **kratkę**, oraz opcjonalnie kalkulator (będące w posiadaniu egzaminowanego),
- macierze wag, maski, obrazy przykładowe, wzory na współczynniki kształtu (dostarczone przez egzaminującego)