

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 liczbową 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 .

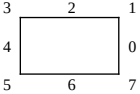
2. Siatka dyskretna i jej rodzaje, rodzaje sąsiedztwa. Pojęcie dualizmu punkt – oczko siatki..

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

Dualizm punkt - oczko siatki - siatka prostokątna zachowuje zasady sąsiedztwa np. ośmiospójnego. Piksel może być skojarzony z węzłem lub oczkiem siatki.

węzły (punkty siatki prostokątnej



oczka siatki prostokątnej

| | | |
|---|---|---|
| 3 | 2 | 1 |
| 4 | | 0 |
| 5 | 6 | 7 |

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. Binaryzacja obrazu i sposoby jej realizacji.

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

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

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;
Wyznaczenie cech obiektów (wyodrębnionych w procesie segmentacji) przydatnych w procesie właściwego rozpoznania; cechy charakteryzujące kształty; współczynniki niezmiennicze 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: $\underline{x}=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, $x \in X$, 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 $x \in X$ do jednej z klas
 F -ustawienie ostatecznej decyzji o przynależności obiektu d opisanego wektorem cech \underline{x} do klasy i.e.f, 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.:
- rozpoznanie 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 $\underline{x}^u \in X$ ($u = 1, 2, \dots$) założenia (warunki):
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^u) = 0 \leftrightarrow \underline{x}^u \equiv \underline{x}^u$ - tożsamość,
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \rho(\underline{x}^v, \underline{x}^u)$ - symetria,
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) \leq \rho(\underline{x}^u, \underline{x}^w) + \rho(\underline{x}^w, \underline{x}^v)$ - warunek trójkąta,
gdzie R - zbiór liczb nieujemnych
Metryka pozwala na powiązanie odwzorowania C ($C:X \rightarrow R^L$ (dopasowanie)) 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:
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sqrt{\sum_{i=1}^L (x_i^u - x_i^v)^2}$
Wady i zalety metryki Euklidesowej:
- odpowiada obiegowej definicji odległości
- ignorowanie składowych o b. Małych wymiarach, długie czasy obliczeń (pierwiastkowanie, podnoszenie do kwadratu)
Uogólniona metryka Euklidesowa
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sqrt{\sum_{i=1}^L [\lambda_i (x_i^u - x_i^v)]^2}$
 λ_i - mnożniki normalizujące

Metryka uliczna (Manhattan, city block distance):
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sum_{i=1}^L |x_i^u - x_i^v|$
Uogólniona metryka uliczna
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sum_{i=1}^L \lambda_i |x_i^u - x_i^v|$

Metryka Czebyszewa:
 $\rho(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \max_{1 \leq i \leq L} |x_i^u - x_i^v|$
 $\underline{x}^u = [x_1^u, \dots, x_L^u]^T$
 $\underline{x}^v = [x_1^v, \dots, x_L^v]^T$

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.

Postaci obrazu na poszczególnych etapach akwizycji:
- optyczna
- elektryczna
- cyfrowa

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 zastąpieniu obiektywie $[KORA(x,y)]$). $M=16$, $N=4$.

1. Korekcja sumacyjna jednorodnego jasnego obrazu odniesienia P_{od} :
 $P_{KORA}(x,y) = P_{od}(x,y) - KORA(x,y)$ dla $x=1, \dots, N$; $y=1, \dots, M$;
 $KORA(x,y)$ - wartość (poziom jasności) piksla obrazu przy zastąpieniu obiektywie (dla tzw. prądu ciemnego)
 $P_{KORA}(x,y)$ - wartość piksla jednorodnego jasnego obrazu odniesienia po korekcji sumacyjnej
 $P_{od}(x,y)$ - wartość piksla jednorodnego jasnego obrazu odniesienia
2. Korekcja iloczynowa
 $P_{KORM}(x,y) = [P(x,y) - KORA(x,y)] * KORM(x,y)$
 $P(x,y)$ - wartość piksla obrazu wejściowego
 $KORM(x,y)$ - wartość współczynnika korekcji dla piksla o współrzędnych (x,y) obliczona według wzoru:
 $KORM(x,y) = [P_{KORA_{max}}] / [P_{KORA}(x,y)]$
 $P_{KORA_{max}}$ - maksymalna wartość piksla w obrazie $[P_{KORA}(x,y)]$
 $P_{KORA}(x,y)$ - wartość piksla obrazu wynikowego

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

Szum - zjawisko przypadkowe; zakłócenia wartości pikseli a) w czasie, b) w przestrzeni. Sposoby redukowania szumu: odszumianie czasowe i przestrzenne.

Odszumianie czasowe: (dotyczy obrazów statycznych)

$$P = [\Sigma^n P_i] / n$$

n - liczba pojawień się obrazu

Odszumianie przestrzenne: (obrazy statyczne oraz zmienne w czasie)

filtracja dolnoprzepustowa

| | | |
|----|----|----|
| 15 | 13 | 15 |
| 14 | 0 | 15 |
| 12 | 12 | 14 |

→

| | | |
|----|----|----|
| 15 | 13 | 15 |
| 14 | 14 | 15 |
| 12 | 12 | 14 |

$$P = [\Sigma^n P_i] / n$$

n - liczba punktów otoczenia (wraz z pikselem przetwarzanym)

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

Operacje jednopunktowe - że na wartość pikseli o współrzędnych (x,y) obrazu wynikowego nie wpływają wartości pikseli sąsiednich obrazu pierwotnego, a jedynie wartość pikseli o współrzędnych (x,y) obrazu pierwotnego.

Wśród operacji jednopunktowych wyróżniamy:

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

Operacje jednopunktowe jednoargumentowe - o wartości pikseli o współrzędnych (x,y) obrazu wynikowego decyduje wartość jednego pikseli o współrzędnych (x,y) obrazu pierwotnego.

Ogólna postać operacji przetwarzającej:

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

gdzie: $p(x,y)$ - wartość pikseli o współrz. (x,y) obrazu pierwotnego
 $q(x,y)$ - wartość pikseli 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

- o wartości pikseli 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 pikseli 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 danym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

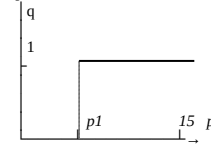
Operator progowania

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

$$1 \text{ dla } p > p_1$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 |

$$p_1 = 5$$



Histogram ma postać dwu słupków na 0 i na 1.

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

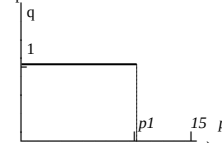
Odwrotny operator progowania

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

$$1 \text{ dla } p > p_1$$

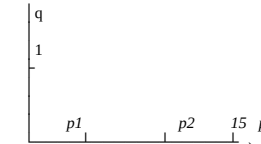
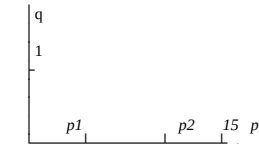
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$p_1 = 5$$



Histogram ma postać dwu słupków na 0 i na 1. Wartości słupków są odwrotne niż przy zwykłym progowaniu.

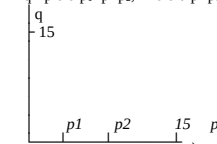
17. Operatory progowania przedziałami (wzory i interpretacja graficzna), na danym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.



Histogramy mają postać dwu słupków na 0 i na 1.

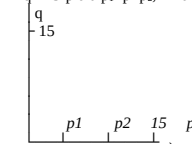
18. Operatory progowania z zachowaniem poziomów szarości (wzory i interpretacja graficzna), na danym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

$$q = p \text{ dla } p_1 \leq p \leq p_2; \quad 0 \text{ dla } p < p_1, p > p_2;$$



| | | | | |
|---|---|---|----|----|
| 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 |

$$q = 15 - p \text{ dla } p_1 \leq p \leq p_2; \quad 0 \text{ dla } p < p_1, p > p_2;$$



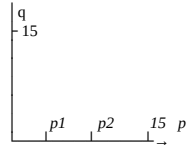
| | | | | |
|---|---|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 8 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 13 | 12 | 11 |
| 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |

Histogramy mają postać następującą: słupki są na 0 i pomiędzy podanymi parametrami progów.

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

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

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



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

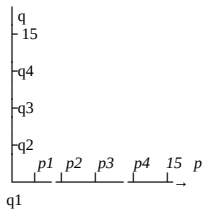
$$q = 0 \text{ dla } p \leq p_1;$$

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

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

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

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



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
Operacje na histogramie: rozciąganie, wyrównywanie.

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

Operacje jednopunktowe dwuargumentowe i wieloargumentowe

- 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
 $a(x, y), b(x, y), \dots$ – wartości pikseli o współrz. (x, y) obrazów wejściowych a, b ;
 f – operator przetwarzający

Operatory w operacjach dwu- i wieloargumentowych możemy podzielić na:
- liniowe (dodawanie, odejmowanie)
- nieliniowe (np. mnożenie, logarytmowanie)

Dodawanie:

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

k - liczba obrazów

cel: odsumianie;

Odejmowanie:

Wartości bezwzględne różnic pomiędzy kolejnymi obrazami

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

cel: porównanie

Mnożenie:

cel: korekcja nieliniowości, tworzenie okna

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|-----|
| 0 | 12 | 142 | 255 |
| 1 | 6 | 40 | 254 |
| 24 | 0 | 20 | 255 |
| 30 | 2 | 10 | 240 |
| Obraz $[a_{ij}]$ | | | |
| ,3 | ,4 | ,1 | ,1 |
| ,3 | 0 | 0 | ,1 |
| ,3 | 0 | 0 | 0 |
| ,4 | ,1 | 0 | ,1 |
| wsp. korekcji b_{ij} | | | |
| 0 | 17 | 157 | 255 |
| 2 | 6 | 40 | 255 |
| 32 | 0 | 20 | 255 |
| 42 | 3 | 10 | 255 |
| Obraz $[c_{ij}]$ | | | |

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

| | | | |
|------------------------------|----|-----|-----|
| 0 | 12 | 142 | 255 |
| 1 | 6 | 40 | 254 |
| 24 | 0 | 20 | 255 |
| 30 | 2 | 10 | 240 |
| Obraz $[a_{ij}]$ | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| wsp. tworzenia okna b_{ij} | | | |
| 0 | 0 | 142 | 0 |
| 0 | 6 | 40 | 0 |
| 0 | 0 | 20 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| Obraz $[c_{ij}]$ | | | |

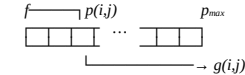
23. Tablica LUT i jej zastosowania

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 szerokości, 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

W tym przypadku wartościami indeksów tablicy są wartości kolejnych poziomów szarości obrazu pierwotnego a wartościami elementów tablicy są w przypadku (a) odpowiednie poziomy jasności pikseli obrazu wynikowego, a w przypadku (b) liczby pikseli (lub względna zawartość pikseli) o zadanym poziomie jasności.

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 wyostrzania.

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 wyostrzania 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 danym przykładzie. Wpływ na histogram.

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

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

gdzie:

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

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

w_k - waga k -tego piksela

n – ilość pikseli otoczenia wraz z pikselem przetwarzanym

$$g(x,y) = w_1 f(x-1,y-1) + w_2 f(x-1,y) + w_3 f(x-1,y+1) + w_4 f(x,y-1) + w_5 f(x,y) + w_6$$

$$f(x,y+1) + w_7 f(x+1,y-1) + w_8 f(x+1,y) + w_9 f(x+1,y+1)$$

| | | |
|----|----|----|
| w1 | w2 | w3 |
| w4 | w5 | w6 |
| w7 | w8 | w9 |

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

cdn.

25. cd

Przykład filtracji liniowej:

obraz $\{f(x,y)\}$

| | | | |
|----|----|----|----|
| 14 | 15 | 13 | 15 |
| 12 | 14 | 0 | 15 |
| 13 | 12 | 12 | 14 |
| 15 | 14 | 14 | 12 |

Otoczenie 3x3

| | | |
|--------------|----|--------------|
| $\{f(x,y)\}$ | | $\{g(x,y)\}$ |
| 15 | 13 | 15 |
| 14 | 0 | 15 |
| 12 | 12 | 14 |

$$g(x,y) = w_1 f(x-1,y-1) + w_2 f(x-1,y) + w_3 f(x-1,y+1) + w_4 f(x,y-1) + w_5 f(x,y) + w_6$$

$$f(x,y+1) + w_7 f(x+1,y-1) + w_8 f(x+1,y) + w_9 f(x+1,y+1)$$

26. Podać przykładową macierz wag , odpowiadającą jej masce konwolucyjną, oraz przeprowadzić operację wygładzania danego 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 |
| 1/8 | 0 | 1/8 |
| 1/8 | 1/8 | 1/8 |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

27. Filtracja logiczna i cel jej stosowania.

Filtracja logiczna

dla 4-spójnego otocznia 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

Przykład zastosowania w obrazach binarnych:

| | | |
|---------|---------|---------|
| 1) | 2) | 3) |
| 1 1 1 0 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 |
| 1 1 0 1 | 1 0 1 1 | 1 0 1 1 |
| 0 0 0 0 | 1 1 0 1 | 1 1 0 1 |
| 1 1 1 1 | 1 1 0 1 | 1 1 0 1 |

28. Podać zasadę filtracji medianowej i na danym 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:

$w_k=1$

$$p_{k(i,j)} = [\sum_{k=1}^9 p_k]/9$$

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

Wyostrzenie obrazu:

Metoda: konwolucja + maska filtracji górnoprzepustowej (FG)

W wyostrzaniu stosuje się metody numeryczne aproksymujące pochodną.

Zadania wyostrzania:

- podkreślenie na obrazie konturów obiektów

- podkreślenie na obrazie punktów informatywnych (np. wierzchołki dla wielokątów)

Cel wyostrzania: wydobycia i uwypuklenie krawędzi obiektu.

Opis matematyczny operacji wyostrzania:

Model krawędzi: linia prosta separująca dwa obszary o różnej intensywności (jasności) I_1 i I_2 .

Użycie funkcji $u(z)$ do matematycznego opisu krawędzi:

$$u(z) = 1 \text{ dla } z > 0; \quad 1/2 \text{ dla } z = 0; \quad 0 \text{ dla } z < 0$$

Jeśli $\delta(t)$ - impuls Diraca to: $u(z) = \int_{-\infty}^z \delta(t)dt$

Gradient intensywności (poziomów jasności): Wektor: $[(\delta f)/(\delta x), (\delta f)/(\delta y)]^T$.

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

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 pozioma 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

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

Wyostczenie obrazu:
Metoda: konwolucja + maska filtracji górnoprzepustowej (FG)
W wyostczeniu stosuje się metody numeryczne aproksymujące pochodną.
Zadania wyostczania: podkreślenie na obrazie konturów obiektów, podkreślenie na obrazie punktów informatywnych (np. wierzchołki dla wielokątów). Cel wyostczania: wydobycia i uwypuklenie krawędzi obiektu.
Opis matematyczny operacji wyostczania:
Model krawędzi: linia prosta separująca dwa obszary o różnej intensywności (jasności) I_1 i I_2 .
Użycie funkcji $u(z)$ do matematycznego opisu krawędzi:
 $u(z) = 1$ dla $z > 0$; $1/2$ dla $z = 0$; 0 dla $z < 0$
Jeśli $\delta(t)$ - impuls Diraca to: $u(z) = \int_{-\infty}^z \delta(t)dt$
Laplasjan obrazu
 $[(\delta^2 f)/(\delta x^2)] + [(\delta^2 f)/(\delta y^2)] = (I_2 - I_1) \delta' (x \sin \varphi - y \cos \varphi + \rho)$
Własności:
- symetryczny ze względu na obrót
- zachowuje znak różnicy intensywności
- operator liniowy → częściej stosowany niż inne - wyostczanie, - inne zastosowania
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 |

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).

Cele detekcji:
Znalezienie: lokalnych nieciągłości w pewnych atrybutach obrazu (np. intensywności lub kolorze), granic obiektów znajdujących się w scenie.
Krawędzie rzeczywiste na ogół nie odpowiadają funkcji skokowej.
Detekcja krawędzi - podejście odwrotne nizw przypadku filtracji dolnoprzepustowej realizującej wygładzanie.
Zasada obliczeń identyczna jak w metodzie konwolucji "Konwolucja plus maska":
 $w(x,y)= w_1f(x-1,y-1)+ w_2f(x-1,y)+ w_3f(x-1,y+1)+ w_4f(x,y-1)+ w_5f(x,y)+ w_6f(x,y+1)+ w_7f(x+1,y-1)+ w_8f(x+1,y)+ w_9f(x+1,y+1)$

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:
- nieuwytłnianie zakłóceń (tak jak w FG),
- w obrazach małej kontrastowości kłopoty z interpretacją wyników,
Metoda Roberta:
 $R(i,j) = \sqrt{(f_4 - f_0)^2 + (f_7 - f_3)^2}$
 $R(i,j)$ - specjalny gradient w punkcie (i,j)
 $\alpha = -(\pi/4) + \text{tg}^{-1} [(f_7 - f_3)/ (f_4 - f_0)]$
 α - kierunek gradientu intensywności
Metoda Sobela:
 $S_x = (f_2 - 2f_3 + f_6) - (f_0 - 2f_5 + f_8)$
 $S_y = (f_6 - 2f_5 + f_8) - (f_0 - 2f_1 + f_2)$
 $S(x,y) = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$

Maski

Roberts

| | |
|---|----|
| 1 | 0 |
| 0 | -1 |

 G_x

| | |
|---|----|
| 0 | -1 |
| 1 | 0 |

 G_y

Sobel

| | | |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

 G_x

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |

 G_y

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. Maska dostarczająca w określonym punkcie największej wartości funkcji splotu wskazuje 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

Maski Prewitta

| | | |
|----|----------------|----|
| N | NE,E,SE,S,SW,W | NW |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | -2 | 1 |
| -1 | -1 | -1 |

| | | |
|---|----|----|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | -2 | -1 |
| 1 | -1 | -1 |

cdn.

33. cd

Metoda Kirscha:
Wartość piksela (i,j) jest zmieniana według wzoru
 $g(i,j) = \max_{k=0^7} \{1, \max\{(5S_k - 3T_k)\}\}$
gdzie $S_k = f_k + f_{k+1} + f_{k+2}$
 $Tk = f_{k+3} + f_{k+4} + f_{k+5} + f_{k+6} + f_{k+7}$
 f - obraz źródłowy, g - obraz wynikowy
numeracja pikseli:

| | | |
|---|-------|---|
| 0 | 1 | 2 |
| 7 | i,j | 3 |
| 6 | 5 | 4 |

Maski Kirscha

| | | |
|----|----------------|----|
| N | NE,E,SE,S,SW,W | NW |
| 3 | 3 | 3 |
| 3 | 0 | 3 |
| -5 | -5 | -5 |

| | | |
|---|----|----|
| 3 | 3 | 3 |
| 3 | 0 | -5 |
| 3 | -5 | -5 |

Operator Kirsch'a jest bardziej czuły na zmiany wartości piksli niż operator Prewitta.

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

Różnica bezpośrednia:
 $r(x,y) = 1$ gdy $f(x,y) - f(x,y+1) \geq T$
 0 gdy $f(x,y) - f(x,y+1) < T$
gdzie: 1- wartość konturu; 0 - wartość tła

Różnica bezwzględna:
 $R(x,y) = 3f(x,y) - f(x,y+1) - f(x+1,y) - f(x+1,y+1)$
 $r(x,y) = 1$ gdy $R(x,y) \geq T$
 0 gdy $R(x,y) < T$

- Efekt operaciji:

Np. $n=3$ $3(3-1)/2=3$ - 3 proste, 3 punkty niewspółliniowe.

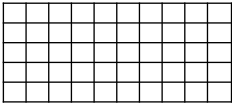
Różnicowy kod łańcuchowy

(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 pikseli 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)



punkt przecięcia krzywej z linią siatki
punkt krzywej dyskretnej

42. Omówić wady i zalety reprezentacji rastrowej i wektorowej na przykładzie zadanego 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

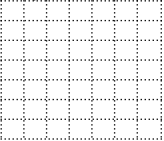
43. Omówić technikę wprowadzania, modyfikacji i adresowania punktów (reprezentujących obrazy klasy 4) za pomocą listy elementów czterokładnikowych.

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 zadanego 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.

Przykład k=3

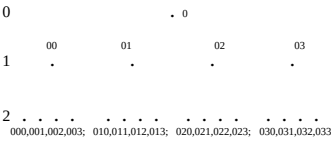


45. Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Przeprowadzić kompresję metodą drzewa czwórkowego na przykładzie zadanego obrazu.

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. $SK = KP / KW$

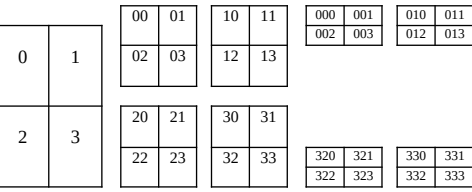
Drzewa czwórkowe:
Obraz - postać macierzy kwadratowej A o wymiarach $2^n \times 2^n$.
Powtarzany rekursywnie n razy proces podziału A na 4 macierze kwadratowe aż do osiągnięcia poziomu pojedynczego elementu obrazu. Przedstawienie podziału w postaci drzewa, którego wierzchołek (węzły) odpowiadają kwadratam.



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

45. cd.

Długość etykiety pojedynczego elementu wynosi n (np. dla n=3 obraz 8x8)
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.
System adresowania kwadratów



Typowe algorytmy:
- Algorytm tworzenia drzewa czwórkowego z obrazu przeglądane wiersz po wierszu.
- Konstrukcja obrazu na podstawie drzewa czwórkowego
Wyświetlanie zgrubne np. w czasie $T_1/2$ gdzie T_1 - całkowity czas odtwarzania obrazu. W reprezentacji macierzowej w czasie $T_1/2$ wyświetli się połowa obrazu.
- Kompresja obrazu za pomocą drzewa czwórkowego (przy dostatecznie dużych obszarach o jednolitej jasności).

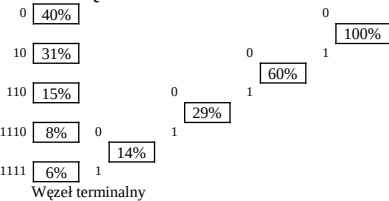
46. Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym (obraz jako wektor, obraz jako tablica). Omówić zasadę stosowania kodu Hufmana. Przeprowadzić kompresję metodą Huffmana na zadanym przykładzie.

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

cdn.

46. cd.

Kod Częstość



Histogram
(n_i/N^2)*100%



$p_1 \ p_2 \ p_3 \ p_4 \ p_5$
0 1110 1111 110 10
 n_i - liczba pikseli o jasności p_i ,
 N^2 - liczba pikseli obrazu
 p - poziom jasności
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:
 $\epsilon_{m,n} = f_{m,n} - f_{m,n-1}$
gdzie
 $f_{m,n}$ - poziom jasności piksla o współrzędnych m,n
 $f_{m,n-1}$ - poziom jasności kolejnego piksla 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: $\epsilon_{m,n} = -7, -6 \dots 7, 8$ - 16 symboli zamiast 512

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

cdn.

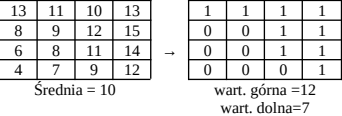
47. cd.

Przykład:
Obraz pierwotny: L=255 (M=256)
- kodowanie wartości pikseli: l=0,1,2,3...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

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.



cdn.

48. cd.

Przykład:
Obraz o 256 poziomach jasności, bloki o wymiarach 4x4 piksele.
Obszar pamięci zajmowany przez blok przed kompresją: $KP = 4 \times 4 \times 8 = 128$ bitów.
Obszar pamięci zajmowany przez blok po kompresji: $KW = 4 \times 4 \times 1 + 2 \times 8 = 32$ bity
gdzie: 4x4x1 -obszar pamięci zajmowany przez mapę bitową, 2x8 - obszar pamięci zajmowany przez dwie wartości jasności
stąd $SK = KP / KW = 4$

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.

Krzywe dyskretnie:

Krzywa pierwotna (interpolowana)

Krzywa odtworzona (zdekompresowana) - jest to zbiór kolejnych odcinków linii prostej dyskretniej: $S_1-S_2, S_2-S_3, \dots, S_9-S_{10}$.

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

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

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_i ;

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 błędów 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 odzworowań.

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:

$W_1 = 2\sqrt{S}/\pi$ - określa średnicę koła o powierzchni równej powierzchni badanego obiektu

$W_2 = L/\pi$ - określa średnicę koła o długości obwodu równej długości obwodu danego obiektu

L - obwód obiektu

S - powierzchnia obiektu

W_1, W_2 - 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 (W_3 , W_9).

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:

$W_3 = L/(2\sqrt{S}\pi) - 1$ - szybkie obliczanie

$W_9 = (2\sqrt{S}\pi)/L$ - (Malinowskiej uproszczony)

L - obwód obiektu

S - powierzchnia obiektu

58. Współczynniki kształtu i cele ich stosowania. Na podstawie zadanych przykładów omówić własności współczynników W_4, W_5, W_6, W_7, W_8 .

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 W_4, W_5, W_6, W_7, W_8 :

$W_4 = S/[\sqrt{2\pi} \int (r^2) ds]$ - wsp. Blaira-Blissa (większa wrażliwość na zmiany kształtu

$W_5 = S^3/[(\int_0^1 ds)]^2$ - wsp. Danielssona

$W_6 = \sqrt{[(\sum d^2)/(n \sum d^2 - 1)]}$ - wsp. Haralicka

$W_7 = r_{min}/r_{max}$ - wsp. Lp1

$W_8 = L_{max}/L$ - 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

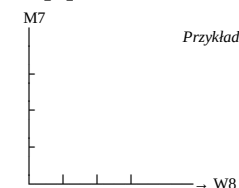
W_4, W_5, W_6 - wolniejsze obliczanie niż W_1, W_2, W_3

W_7, W_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.

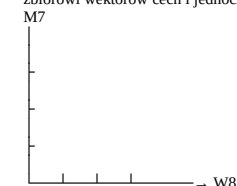
Proces analizy prowadzi do redukcji obrazu do punktu w n-wymiarowej przestrzeni lub wektora cech \underline{x} w n-wymiarowej przestrzeni cech X gdzie

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



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}_L - trójkąt

\underline{x}_a - 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 $x_v \in R$ określające ilościową miarę określonej cechy;

stąd: X - n -wymiarowa przestrzeń, np. Euklidesowa, czyli $(X \leq R^n)$

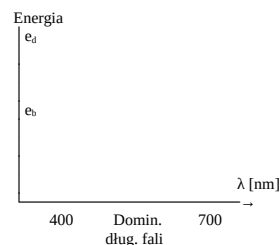
Zasada Brawermanna wyboru cech:

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.

Komputerowe modelowanie koloru - celem jest otrzymanie obiektywnych jednoznacznych charakterystyk barw.

Wykres rozkładu energii światła



Rozkład energii światła z dominującą długością fali:

e_d - poziom składowej dominującej

e_b - Wypadkowy poziom wszystkich pozostałych składowych dających światło białe

Nasycenie rośnie, gdy e_d/e_b rośnie

$e_d = e_b$ nasycenie zerowe

$e_b = 0$ nasycenie 100%

Światło białe np. R:G:B=26:66:8

cdn.

62. cd.

Kolor - Rozróżnialność kolorów u człowieka (przy porównaniu) wynosi: - ok. 400000 (uwzględniając jasności), - ok. 150 (nie uwzględniając jasności). Rozróżnialność kolorów (z pamięci) wynosi kilkadziesiąt barw.

Barwa - fizycznie: długość fali; subiektywnie: to co odróżnia zieleń od błękitu a jest wspólne dla różnych odcieni czerwonego.

Jasność - stopień podobieństwa d 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)

Barwy addytywne - barwy dopełniające: trójki lub pary barw dających światło białe; czerwono-zielono-niebieska RGB

Barwy subtraktywne - barwy dopełniające: trójki lub pary barw dających światło białe; żółto-niebieska CMY

63. Omówienie standardu barw podstawowych CIE. Operacje na barwach w ramach diagramu chromatyczności CIE.

Standardowe barwy podstawowe nie odpowiadają żadnej rzeczywistej barwie za to dowolną widzialną barwę daje się wyrazić jako ich średnią ważoną. Niech A,B,C - ilości poszczególnych barw podstawowych CIE dających w sumie pewną barwę.

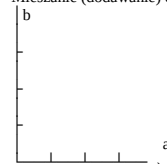
Wielkości:

$$a = A/(A+B+C); b = B/(A+B+C); c = C/(A+B+C);$$

są to współrzędne trójkątne tej barwy. Widać, że zawsze $a+b+c=1$ tzn. dołne dwie współrzędne wystarczą do określenia barwy.

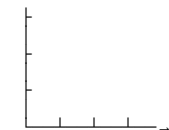
Operacje na barwach

Mieszanie (dodawanie) dwóch barw K_1 i K_2



Dopełniająca par barw; K_1 i K_2 dowolne barwy;

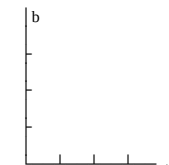
b



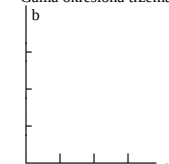
Dominująca długość fali i nasycenie koloru. S - domin. Dług. Fali barwy K. Nasycenie określone jest ilorazem: KD/KS

cdn.

63. cd.



Gama określona trzema kolorami (odpowiada trójkątowi $K_1K_2K_3$)



Gama określona skończoną liczbą kolorów nie wyznacza wszystkich barw widma (spektrum widzialnego) 400-700 nm.

64. Omówienie modeli RGB, HSV, CMY. Kolor a barwa. Porównać położenia wektora obrazującego zadaną barwę i kolor w bryłach poszczególnych modeli.

Model barw jest to określony trójwymiarowy system współrzędnych barw wraz z widzialnym podzbiorem, w którym leżą wszystkie barwy z określonej gamy barw.

Model barw RGB - stosowany jest w kolorowych monitorach kineskopowych i w barwnej grafice rastrowej, wykorzystuje on układ współrzędnych kartezjańskich. Barwy podstawowe R, G, B są mieszane addytywnie; co oznacza, że indywidualne udziały każdej barwy podstawowej są sumowane razem w celu uzyskania wyniku. Początkowi układu współrzędnych odpowiada barwa czarna, natomiast wierzchołek sześcianu, w którym wszystkie składowe mają maksymalne wartości odpowiada barwie białej. Model RGB jest sześcianem będącym podzbiorem trójwymiarowego układu współrzędnych kartezjańskich.

Model barw CMY - barwy wchodzące w skład tego modelu to cyjan, magenta i żółta, barwy te są barwami dopełniającymi odpowiednio dla barw czerwonej, zielonej i niebieskiej. Barwy filtrów używanych w celu odjęcia barwy od światła białego są określone jako podstawowe barwy subtraktywne. Podzbiór układu współrzędnych kartezjańskich dla modelu CMY jest taki sam, jak sam jak modelu RGB z wyjątkiem tego, że barwa (pełne światło) znajduje się w początku układu współrzędnych. Barwy są określane przez to, co zostało usunięte albo odjęte od światła białego, a nie to co zostało dodane do czerni (jak w poprzednim modelu).

cdn.

64. cd.

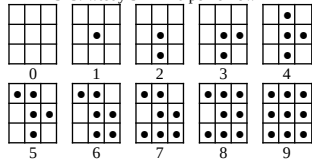
Model barw HSV - model HSV (odcień barwy, nasycenie i wartość) jest zorientowany na użytkownika i wykorzystuje intuicyjne wrażenie modelu artysty, a więc tinty, tony i cienie. Układ współrzędnych jest układem cylindrycznym, a podzbiór przestrzeni, w którym jest zdefiniowany model, stanowi ostrosłup o podstawie sześciokąta. Ostrosłup ma wysokość wyznaczoną przez współrzędną V, przy czym maksymalna wartość tej współrzędnej odnosi się do podstawy w której zawarte są względnie jasne barwy. Odcień barwy H jest mierzony za pomocą kąta wokół osi pionowej - przy czym barwie czerwonej odpowiada kąt 0° i 360° , barwie zielonej kąt 120° itd. Barwy dopełniające w ostrosłupie HSV znajdują się naprzeciwko siebie w odległości 180° . Wartość S jest zwiększa się w miarę oddalania od osi. Wierzchołek ostrosłupa znajduje się w początku układu współrzędnych i odpowiada mu barw czarna, natomiast maksymalnej wartości V i S = 0 odpowiada barwa biała. Pośrednie wartości V między początkiem układu współrzędnych i wartością maksymalną V dla S = 0 odpowiadają poziomy szarości. Podstawa ostrosłupa HSV odpowiada rzutowi, jaki się obserwuje patrząc wzdłuż głównej przekątnej sześcianu barw RGB od strony wierzchołka odpowiadającego barwie białej w kierunku wierzchołka odpowiadającego barwie czarnej. Główna przekątna modelu RGB odpowiada osi V modelu HSV.

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 piksli we wzorcach, liniowa i nieliniowa zmiana liczby piksli we wzorcu (na przykładach). Rozwiązanie problemu dla różnych rozmiarów wzorców i dla różnych stopni nieliniowości zmian liczby piksli we wzorcu.

W monitorach o wielu poziomach szarości - jasność pojedynczego piksela odpowiada jasności obliczonej. W monitorach o niewystarczającej liczbie poziomów szarości zamiast pojedynczych piksli stosowane są wzorce $n \times n$ piksli co daje $n^2 + 1$ poziomów jasności dla każdego wzorca (dla monitorów o 2 poziomach jasności według zasady: 0 - zgaszony, 1 - zapalony)

Przykład1:

$n \times n = 3 \times 3$; wtedy $3^2 + 1 = 10$ poziomów



Wada: gorsza rozdzielczość obrazu.

Przykład2:

Model RGB: dla R,G,B przyjmujących 0,1 (8 barw) wzorzec 2×2 piksle daje 128 barw

| | | | |
|---|---|---|---|
| R | | R | |
| G | B | G | B |
| R | | R | |
| G | B | G | B |

cdn.

65. cd.

Efekt liniowej zmiany jasności wzorców:

Efektom liniowej zmiany jasności wzorców jest wrażenie mniejszych różnicowań części ciemniejszych obrazów niż części jaśniejszych.

Wzrok ludzki reaguje w sposób liniowy na przyrosty ilorazu różnicy między kolejnymi poziomami jasności i poziomem niższym a nie na różnice bezwzględne. Dlatego poziomy jasności I_k powinny mieć rozkład logarytmiczny (stałą wartość następnego poziomu do wartości poprzedniego poziomu) tzn: $[I_k + 1]/I_k = \text{const}$

Wniosek: Przy liniowej zmianie jasności wzorców obserwator odnosi wrażenie, że ciemniejsze fragmenty obrazu są mniej zróżnicowane od jaśniejszych fragmentów obrazu.