

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, gdzie  $0 < f(x,y) < \text{niesk.}$
- **obraz cyfrowy** - obraz powstały wskutek przekształcania obrazu ciągłego na tablicę pixeli (greli), którym przypisano wektory cech takich jak poziom jasności, barwa, nasycenie czy jaskrawość.
- **pixel** - najmniejszy element (niepodzielny) obrazu cyfrowego, który może mieć przypisane atrybuty różniące się od atrybutów elementów sąsiednich.
- **rozdzielczość** - stopień odróżnialności szczegółów na obrazie.
- **rozdzielczość przestrzenna** - tym lepsza, im większa wartość  $N$  (wielkość obrazu).
- **rozdzielczość poziomów szarości** - tym lepsza, im większa wartość  $M$  (liczba poziomów szarości).

2. Siatka dyskretna i jej rodzaje, rodzaje sąsiedztwa. Pojęcie dualizmu punkt-oczek siatki..

- **siatka dyskretna** - wzorec wg którego dokonywana jest *dyskretyzacja przestrzenna* obrazu; linie, oczka, węzły.  
- **siatka prostokątna** (oczek jest kwadratem), **sześciokątna**, **trójkątna**
- **rodzaje sąsiedztwa** - dla pixeli lub punktów (3,4,6,8 -spójne)
- **dualizm oczko-punkt** - (siatka prostokątna) zachowuje zasady np. 8-spójnego; siatka sześciokątna - nie zach. zasad sąsiedztwa (6 przech. w 3 spójne)

3. Paradoks spójności.

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

- **spójny** - dotyczący podzbioru obrazu, którego dwa dowolne punkty można połączyć łukiem całkowicie zawartym w tym podzbiorze
- **obszar** - spójny podzbiór obrazu
- **przekrój** - przecięcie linią prostą obszaru obrazu
- **dopelnienie** - wszystkie pixele obrazu nie należące do danego podzbioru obrazu
- **tło** - spójne składowe obrazu, które leżą wewnątrz dopelnienia obrazu i otaczając go
- **dziura** - spójna składowa dopelnienia obszaru otoczona przez ten obszar
- **średnica podzbioru** - maksymalna odległość między dwoma dowolnymi pixelami w podzbiorze obrazu

5. Binarizacja obrazu i sposoby jej realizacji.

- **binaryzacja obrazu** - zmiana obrazu, którego pixele przyjmują wartość z przedziału  $\langle l_{min}, l_{max} \rangle$ , na obraz o wartościach 0,1 (obiekt, tło)
- **realizacja** : progowanie - zadanie progu o takiej wartości, że w wyniku jedne pixele są kwalifikowane do jednej grupy, reszta zaś do drugiej

6. Segmentacja obrazu i jej cele.

- **segmentacja (etykietowanie)** - rozbić obrazu na fragmenty odpowiadające poszczególnym, widocznym na obrazie obiektom; wydzielanie obszarów obrazu spełniających pewne kryteria jednorodności : kolor obszaru, poziom jasności, faktora)
- **cel** : przygotowanie obrazu do etapu właściwego rozpoznawania obiektów; segmentacja stanowi poziom pośredni pomiędzy poziomem *wstępnego przetwarzania* a poziomem *analizy* obrazu.

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

- **analiza** - proces opisywania lub definiowania obrazu za pomocą jego składowych, właściwości i zależności (wyznaczanie cech obiektów)
- **odwzorowanie** :  $B: D \rightarrow X$  - przypisanie przestrzeni obrazu odpowiadającej przestrzeni wektorów cech (poziomy jasności, współczynniki kształtu)

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

- **rozpoznawanie** - analizowanie, opisywanie, identyfikowanie o klasyfikowanie obiektów, zdarzeń lub innych znaczących regularności za pomocą automatycznych lub półautomatycznych środków; efekt rozpoznawania - automatyczna identyfikacja klasy, do której można zaliczyć obiekt.
- **odwzorowanie** :  $C: X \rightarrow R^L$        $F: R^L \rightarrow I$       ( $X$ =przestrzeń cech,  $C$  - funkcja przynależności (ustalenie miary podobieństwa – dopasowania,  $R^L$  -  $L$  liczb rzeczywistych,  $I$  - zbiór indeksów klasy)

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

- **metryka** - pozwala obliczyć różnice pomiędzy poszczególnymi obrazami; odwzorowanie :  $q: X \times X \rightarrow R^*$  spełniające dla wszystkich wektorów  $\underline{x}^u \in X (u=1,2,...)$  założenie (warunki) :
  - **tożsamość** -  $q(u,v)=0 \Leftrightarrow u=v$
  - **symetria** -  $q(u,v)=q(v,u)$
  - **warunek trójkąta** -  $q(u,v) \leq q(u,z) + q(z,v)$
- $R^*$  zbiór liczb nieujemnych

10. Podstawowe rodzaje metryk i ich interpretacja w dziedzinie przetwarzania obrazów.

- **euklidesowa**

$$\rho_1(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sqrt{\sum_{v=1}^n (x_v^u - x_v^v)^2}$$

- wady i zalety:
  - odpowiada obiegu definicji odległości
  - ignorowanie składowych o b. małych wymiarach, długie czasy obliczeń (pierwiastkowanie, podnoszenie do kwadratu)

- **uliczna (Manhattan)**

$$\rho_3(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \sum_{v=1}^n |x_v^u - x_v^v|$$

- **Czebyszewa (maksymalna)**

$$\rho_5(\underline{x}^u, \underline{x}^v) = \max_{1 \leq v \leq n} |x_v^u - x_v^v|$$

11. Co to jest system wizyjny. Podstawowe różnice pomiędzy systemem wizyjnym człowieka a komputerowym systemem wizyjnym.

- **system wizyjny** - system realizujący proces przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazu (wzrok, skaner)
  - **różnice** : w zdolność adaptacji rozpoznawanego obrazu, oszacowania i pomiaru obrazu 3D, interpretacja koloru, rozpoznawanie obiektów w przestrzeni 2D i 3D.

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

- **akwizycja** - przetworzenie *obrazu obiektu fizycznego* do postaci zbioru danych dyskretnych (obraz cyfrowy) nadających się do dalszego przetwarzania.
  - **elementy procesu akwizycji** : oświetlenie obrazu (kierunek oświetl.), formowanie obrazu (optyczne), detekcja obrazu (skaner...), formowanie wyjściowego sygnału z urządzenia detekcyjnego.

13. Podać rodzaje oświetlenia stosowane w procesie akwizycji obrazu.

- **od przodu** : światło odbite - rozróżniane są wymiary i tekstura obiektu
- **kierunkowe i rozproszone** - wykrywanie defektów na powierzchni obiektu (jasne obszary / ciemne obszary)
- **strukturalne** - wyznaczanie rozmiarów i lokalizacji obiektów 3D na podstawie ich odwzorowań 2D (rzut na płaszczyznę)
- **stroboskopowe** - zatrzymanie ruchomego obrazu, redukcja efektu niepożądanego oświetlenia,

14.

- **wstępne przetwarzanie obrazów** - celem jest redukcja zniekształceń obrazu powstałych w procesie akwizycji
- **rodzaje zniekształceń** :
  - **radiometryczne** - spowodowane: nierównomiernością oświetlenia, błędami konwersji oświetlenia na sygnał elektryczny (błąd detekcji)
  - **geometryczne** - spowodowane: nieliniowością układów przeglądania, nierównoległością płaszczyzn obrazu i elementu fotoczułego

**ZADANIE 14.** Przeprowadzić proces korekcji radiometrycznej zadanego obrazu  $(P(xy))J$  (przy zadanym jednorodnym jasnym obrazie odniesienia  $P(x,y)J$  i przy zadanym obrazie uzyskanym przy zasłoniętym obiektywie  $(KORA(x,y))J$ ).  $M.=16, N=4$

**ZADANIE 15.** Na przykładowych obrazach o parametrach  $N=4, M.=16$  wykazać, w jakich przypadkach istnieje celowość stosowania odsumiania a) czasowego b) przestrzennego.

**16.** 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** - na wartość pixela obrazu wynikowego o współrz. (i,j) ma wpływ wartość tylko jednego pixela obrazu pierwotnego o współrzędnych (i,j)
- **operacje jednopunktowe jednoargumentowe** - na wartość pixela obrazu wynikowego o współrz. (i,j) ma wpływ wartość tylko jednego pixela obrazu pierwotnego o współrzędnych (i,j)
- **operacje jednopunktowe wieloargumentowe** - na wartość pixela obrazu wynikowego o współrz. (i,j) mają wpływ tylko wartości pixela obrazów pierwotnych o współrzędnych (i,j)

**17.** Operatory (wzór i interpretacja graficzna), na danym przykładzie podać celowość jego stosowania. Wpływ na histogram.

- **operator progowania (binaryzacji)** - wartość 0 dla odcieni mniejszych niż wartość progu (np.10), wartość 1 dla większych niż wartość progu
- **operator odwrotności (negacji)** - wartość pixela obrazu wyjściowego równa się próg minus wartość pixela wejściowego  $q=15-p$
- **operator progowania przedziałami** - określamy dolną granicę i górną progu... wartości z przedziału przyjmują wartość 1 pozostałe 0
- **operator progowania przedziałami z zach. poziomów szarości** - określamy dolną granicę i górną progu... wartości z przedziału przyjmują wartości poziomów szarości z wydzielonego przedziału pozostałe 0
- **operator rozciągania** - (poprawa kontrastu obrazu)  $(p-p_1)*próg/(p_2-p_1)$ , reszta 0
- **operator redukcji poziomów szarości** -

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

- **histogram** - graficzna prezentacja liczby pikseli obrazka na poszczególnych poziomach jasności.
- **informacja** : można dzięki niemu skontrolować, czy obrazek zawiera dosyć szczegółów, aby zrobić dobrą korektę. Zbyt mała ilość szczegółów może być wynikiem złej jakości skanu lub fotografii albo też zbyt wieloma korektami kolorów, co powoduje utratę wartości poszczególnych pikseli.

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

- **dodawanie** – odsumowanie

$$c_{ij} = (a_{ij} + b_{ij}) / k, \quad k - \text{liczba obrazów; przykład: } k=2$$

0	12	142	255	41	11	9	253	7	12	76	254
1	6	40	254	3	5	39	254	2	6	40	254
24	0	20	255	11	1	19	255	18	1	20	255
30	2	10	240	18	2	11	256	23	2	11	248
$a_{ij}$				$b_{ij}$				$c_{ij}$			

- **odejmowanie** – porównywanie

-14	1	133	2
-2	-19	-60	254
15	-1	-60	254
0	0	-100	-15
$c_{ij} =  a_{ij} - b_{ij} $			

- **mnożenie**

- **!** korekcja nieliniowości  $c_{ij} = k[(a_{ij} \times b_{ij}) + a_{ij}]$
- **!** tworzenie okna  $c_{ij} = (a_{ij} \times b_{ij})$

**25.** Tablica LUT i jej zastosowania.

- **LUT (look-Up Table)** - obrazuje zasadę szybkiego wyznaczania wielkości będących wynikiem realizacji zadanego odwzorowania. np: obraz pierwotny na obraz wynikowy
- **zastosowania** : uniwersalny operator jednopunktowy (identyczność, odwrotność, progowanie, rozciąganie...) lub jako histogram.

**! 26.** Operacje sąsiedztwa i ich podział. Tablica LUT w zastosowaniu do operacji sąsiedztwa.

- **operacje sąsiedztwa** - na wartość zadanego pixela obrazu wynikowego o współrz. (i,j) mają wpływ wartości pixeli pewnego otoczenia pixela obrazu pierwotnego o w spółrzędnych (i,j)
- **operacje wygładzania** - realizacja filtracji dolnoprzepustowej dzielona na **liniowe** i **nieliniowe**.
- **liniowe (konwolucyjne)** - uwzględniające pewne otoczenie przetwarzanego pixela
- **nieliniowe** : **logiczne** i **medianowe**
- **operacje wyostrzania** - realizacja filtracji górnoprzepustowej dzielona na **gradientowe** i **laplasjanowe**.
- **gradientu** - gradient intensywności (poziomów szarości) - wrażliwy na intensywność zmiany; używany tylko do detekcji krawędzi.
- **laplasjanu** - podaje dodatkową informację o położeniu pixla względem krawędzi (po jasnej czy po ciemnej stronie)

**ZADANIE WYK3. 27.** Przeprowadzić operację wygładzania obrazu z użyciem operatora liniowego (wzór) na danym przykładzie. Wpływ na histogram.

**ZADANIE WYK3. 28.** Podać przykładową macierz wag, odpowiadającą jej masce konwolucyjną, oraz przeprowadzić operację wygładzania zadanego obrazu o parametrach N oraz M. Wpływ na histogram. Jaki operator (liniowy czy nieliniowy) został użyty?

**29.** Filtracja logiczna i cel jej stosowania.

- filtracja logiczna** – (1) eliminacja izolowanych punktów i poziomych linii o pojedynczej grubości, (2) eliminacja izolowanych punktów i pionowych linii o pojedynczej grubości, (3) eliminacja izolowanych punktów (trzy warunki)

1       $x'=a$               if  $a=d$               else  $x$   
 2       $x'=b$               if  $b=c$               else  $x$   
 3       $x'=c$               if  $a=b=c=d$           else  $x$

	a	
b	x	c
	d	

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

- filtracja medianowa** - usuwanie zakłóceń bez zamazywania krawędzi

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

**32.** Wyostrażanie obrazu. Sposób wyznaczania laplasjanu i jego własności (cyfrowa wersja laplasjanu) na zadanym przykładzie obrazu cyfrowego.

- operacje wyostrażania** - realizacja filtracji górnoprzepustowej dzielona na **gradientowe** i **laplasjanowe**.

- gradientu** - gradient intensywności (poziomów szarości) - wrażliwy na intensywność zmiany; używany tylko do detekcji krawędzi.
- zastosowanie **cyfrowej wersji gradientu** daje efekt w postaci widocznych wyraźnych, grubych krawędzi.

Gx			Gy		
-1	2	-1	-1	0	-1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

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

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

czyli

$$G_{xy} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

- laplasjanu** - podaje dodatkową informację o położeniu pixla względem krawędzi (po jasnej czy po ciemnej stronie)
- zastosowanie **cyfrowej wersji Laplasjanu** daje efekt w postaci widocznych krawędzi (mniej wyraźnych niż przy zastosowaniu metody gradientu)  $L(x, y) = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)]$

**ZADANIE 33.** Detekcja krawędzi. Sposób obliczania pikseli obrazu wynikowego dla zadanego obrazu i dla przykładowej maski FG (Filtracji Górnoprzepustowej).

- detekcja krawędzi** - technika segmentacji obrazu, polegająca na znajdowaniu pixeli krawędziowych przez sprawdzanie sąsiedztwa

**34.** Metoda specjalnego gradientu. Omówienie i porównanie metod Roberta i Sobela (wzory).

**35.** Metoda specjalnego gradientu. Omówienie i porównanie metod Roberta i Prewitta (wzory).

- metoda specjalnego gradientu** - krawędź jest uznawana za istniejącą, jeśli wartość gradientu intensywności w pewnych punktach przekracza ustalony próg.

- zastosowanie** : w przypadkach, gdy metody filtracji górnoprzepustowej powodują wzmocnienie zakłóceń w obszarach leżących wewnątrz konturu; detekcja odbywa się przez konwolucję (splot) każdej z masek z analizowanym obrazem w każdym jego punkcie; każda maska może wykryć w jednym z kierunków krawędzi w formie narożnika o danej orientacji. Można też stosować maski o większych wymiarach - 5x5, 7x7 itd.; większe maski charakteryzują się mniejszą wrażliwością na zakłócenia, ale są mniej dokładne, jeżeli chodzi o wykrycie krawędzi leżących blisko siebie.

- metoda Roberta** –
- metoda Sobela** –
- metoda Prewitta** –

MASKA SOBELA

Gx		
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Gy

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

MASKA ROBERTSA

Gx

1	0
0	-1

Gy

0	-1
1	0

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

- metoda uzgadniania wzorca** - uzgadnianie obrazu metodą konwolucji ze wzorcem danej, idealnej krawędzi. tzn. z maską krawędzi

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

- detektory wzrostu** –

### różnica bezpośrednia

$$r(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{gd}y f(x, y) - f(x, y + 1) \geq T \\ 0 & \text{gd}y f(x, y) - f(x, y + 1) < T \end{cases}$$

1- wartość konturu

0 – wartość tła

### różnica bezwzględna

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

$$r(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{gd}y R(x, y) \geq T \\ 0 & \text{gd}y R(x, y) < T \end{cases}$$

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

### detekcja krawędzi na podstawie histogramów 2D

sposób postępowania :

1. odpowiednio przygotowany obraz źródłowy (po korekcji radiometr., geometr. i po przetw. metodami jednopunkt.) zostaje przekształcony gradientowo lub za pomocą laplasjanu.
2. tworzenie histogramu 2D na podstawie odpowiednich histogramów jednowymiarowych obrazu źródłowego i przetworzonego
3. wyodrębnienie na histogramie dwuwymiarowych grup skupień punktów należących do tła, obiektu i konturu.
4. współrzędne obszarów wyodrębnionych jako kontur tworzą dalej zbiór wartości, wg. którego tworzony jest końcowy zbinaryzowany obraz zawierający kontury.

39. 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** - sprawdza wartości poszczególnych punktów obrazu i zaznacza jako punkty brzegowe te, które zawierają w swoim otoczeniu równocześnie w mniej więcej równej ilości punkty obiektu i tła.
- **technika poprawy ciągłości linii brzegowej** - filtracja *pionowa* i *pozioma*
- **pocieniania / pogrubiania** - wielokrotne wykonywanie tych operacji zależne od potrzebnej szerokości linii; kilkakrotne pocienianie ("erozja") likwiduje izolowanych punktów ciemnych i "odgałęzień"; po kilkakrotnym pocienianiu wykonuje się tyle samo razy pogrubianie
- **efekty** : wzmocnienie zachowanych linii, usunięcie drobnych przerw - polepszenie jakości obrazu (do dalszej analizy)

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

- **badanie zakrzywień** - wykrywa zadane krzywizny niezależnie od kierunku przeszukiwania na zasadzie czy zakrzywienia mieszczą się w granicach tolerancji

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$k(1)=a^b$$

$$k(2)=b^c$$

$$k(3)=a^d$$

$$k(4)=c^f$$

$$k(5)=h^i$$

$$k(6)=g^h$$

$$k(7)=f^i$$

$$k(8)=d^g$$

		1 1
	1	1
1		
1		
	1	
1	1	
1		

metoda maskowa

$$e' = \begin{cases} e & \text{je} \acute{s}e [k(1) \neq 0] \wedge [k(2) \neq 0] \wedge \dots \wedge [k(4) \neq 0 \wedge k(8) \neq 0] \\ & \text{je} \acute{s}e \text{powy} \acute{z}szy \acute{z}warunek nie jest speniony \end{cases}$$

- **badanie ciągłości linii brzegowej** - krawędzie skuteczniej i doskonale wydobywane za pomocą operatorów ekstrakcji linii, pocieniania, uciągłania... niż laplasjanu; śledzenie linii brzegowej, różnicy bezwzględnej, filtra logicznego

$$e' = \begin{cases} M & \text{dla } e \neq (b = h)^\vee e = h \neq b \\ e & \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases} \quad (\text{filtr pionowy})$$

$$e' = \begin{cases} M & \text{dla } e \neq (d = f)^\vee e = f \neq d \\ e & \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases} \quad (\text{filtr poziomy})$$

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

- **aproxymacja linii** - jest następnym etapem wyodrębniania elementów po detekcji linii dającej pojedyncze efekty
- **transformata Hougha** - metoda detekcji krzywych (nie punktów krzywych - jak przy detekcji krawędzi lub segmentacji) oparta na **dualności** między punktami na krzywej a parametrami tej krzywej.
- **algorytm** oparty o transformatę Hough'a ma dużą złożoność obliczeniową - rzędu:  $O(n^2)$ , gdzie  $n$  - liczba punktów niezerowych obrazu; jest to oczywiście wadą tego algorytmu; w celu redukcji złożoności obliczeniowej w programie *hugh\_new* zastosowano dyskretyzację przestrzeni parametrów  $(\varphi, \rho)$  - utworzenie regularnej siatki ich wartości.
- zdyskretyzowana przestrzeń Hough'a będzie w tym przypadku dwuwymiarową tablicą „akumulatorów” zawierających wartości odpowiadające ilości przechodzących przez nie krzywych; tworzenie tablicy można opisać w dwóch krokach :
  1. Dla każdego punktu  $(x_1, y_1)$  obrazu korespondująca sinusoida (dana równaniem  $\rho = x_1 \cdot \cos\varphi + y_1 \cdot \sin\varphi$ ) jest wprowadzana do tablicy poprzez powiększenie o 1 wartości oczek siatki (akumulatorów) leżących wzdłuż tej krzywej.
  2. Przeszukiwanie tablicy w celu znalezienia akumulatorów o największych wartościach (miejsca przecięć największej liczby krzywych). Jeżeli pewne okno w tablicy  $(\varphi, \rho)$  ma wartość **k**, oznacza to, że dokładnie k punktów obrazu leży wzdłuż linii, której parametrami są  $(\varphi_1, \rho_1)$ . W tym stwierdzeniu założyliśmy, że błąd kwantyzacji jest pomijalny.

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

- **klasa 1** - obraz o pełnej skali stopni jasności, typowe rozmiary:  $N=512$ ,  $M=256$ ; reprezentacja rastrowa: tablica  $512 \times 512$  jednobajtowych elementów (true color)
- **klasa 2** - obrazy binarne: tablica  $N \times N$  elementów jednobitowych
- **klasa 3** - krzywe dyskretne - zbiór punktów (pixeli) rastu prostokątnego z których każdy (oprócz końcowych) posiada nie mniej niż 2 i nie więcej niż 3 sąsiadów odpowiednio skonfigurowanych; punkty końcowe: 1-2 sąsiadów.
- **klasa 4** - punkty lub wieloboki; punkty tak od siebie oddalone, że nie mogą być reprezentowane przez kod łańcuchowy

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

- **krzwa** - ślad zaznaczony przez punkt poruszający się w przestrzeni lub skończony zbiór oixeli reprezentujących ten ślad
- **reprezentacja krzywych** :
  - **ciągła parwspółrzędnych x,y kolejnych punktów krzywej**
  - **kod łańcuchowy o stałej długości**
  - **różnicowy kod kierunku**

! 44. 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** - badanie każdego punktu przecięcia się krzywej z linią łączącą dwa kolejne węzły siatki; wybór węzła leżącego bliżej punktu przecięcia - wybrany węzeł należy do pixeli tworzących krzywą dyskretną.
- **punkt niejednoznaczności** - w przypadku punktu przecięcia jednakowo oddalonego od obu rozważanych węzłów siatki korzystamy z regół (prawy z dw oich węzłów tworzących odcinek poziomy lub górny z dwóch tworzących odcinek pionowy)

**ZADANIE 45.** Omówić wady i zalety reprezentacji rastrowej i wektorowej na przykładzie zadanego obrazu  $16 \times 16$ .

- **grafika wektorowa** - tworzenie obrazów klas 3 i 4 - zajętość pamięci zależy od obrazu
- **grafika rastrowa** - tworzenie obrazów klas 1 i 2 (wielu lub dwupoziomowych) - jedna komórka pamięci odpowiada jednemu pixelowi - nie zależy od rodzaju obrazu

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

- **technika wprowadzania, modyfikacji i adresowania punktów** - do tego służy edytor obrazu
- **lista elementów czteroskładnikowych** -  $(x, y, p, n)$  -  $x, y$  - współrzędne punktu,  $p/n$  - adres poprzedniego/następnego elementu na liście -  $(x, y, 0, 4); (x, y, 4, 3); (x, y, 2, 0); (x, y, 1, 2)$

47. Interpretacja częstotliwościowa filtracji obrazu. Transformata Fouriera.

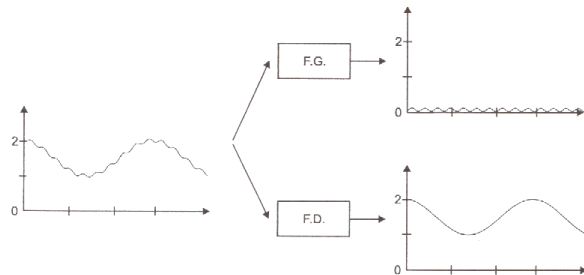
- **transformata Fouriera**

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp\left(-\frac{j2\pi ux}{N}\right)$$

gdzie :  $u = 0, 1, \dots, N - 1$ ,  $j = \sqrt{-1}$

( $u$  - argument widma)

**interpretacja częstotliwości filtracji obrazu:**  $u, v$  częstotliwość przestrzenna obrazu  $f(x, y)$  odpowiednio wzdłuż osi  $x, y$ . Oznacza to, że drobne przedmioty i gwałtowne przejścia od czerni do bieli widoczne na obrazie są odpowiedzialne głównie za fragmenty funkcji  $F(u, v)$  występujące dla dużych wartości jej argumentów. Przeciwnie składowe  $F(u, v)$  odpowiadają małym wartościom  $u, v$  kodują duże obiekty lub obszary tła obrazu.



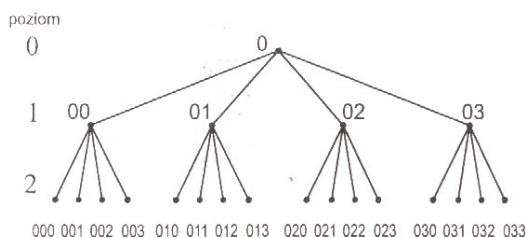
FG - filtracja górnoprzepustowa  
FD - filtracja dolnoprzepustowa

**! 48.** Kompresja bezstratna; cel kompresji, definicja stopnia kompresji, wzór .na odległość pomiędzy obrazem pierwotnym a odtworzonym. Przeprowadzić kompresję metodą kodowania ciągów identycznych symboli na przykładzie zadanego obrazu. Sposoby przeglądania obrazu Cel stosowania przeglądania obrazu według krzywej Hilberta.

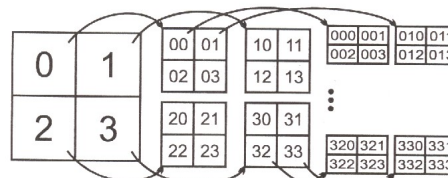
- kompresja bezstratna**
- cel kompresji:** archiwizacja, przesyłanie.
- definicja stopnia kompresji:  $SK = KP / KW$ 
  - SK-stopień kompresji obrazu
  - KP [bajt]-obszar pamięci zajmowany przez **kod pierwotny** obrazu.
  - KW [bajt]-obszar pamięci zajmowany przez **kod wynikowy** obrazu.
- kod pierwotny** - krzywej jest ciąg par współrzędnych  $x, y$  kolejnych punktów krzywej.
- kod wynikowy** - kod łańcuchowy o stałej długości (3 bity/punkt) lub różnicowy kod łańcuchowy ta kompresja jest bezstratna.
- sposób **przeglądania obrazu:** linia po linii
- krzywa Hilberta** - czyli ciąg łamanych  $H_k$  zbudowanych na siatce kwadratowej o rozdzielczości 2 do  $k \times 2$  do  $k$ . Krzywa Hilberta rzędu  $k$  - rekurencyjny algorytm generowania krzywych Hilberta. Z czterech krzywych rzędu  $k-1$  budowana jest krzywa rzędu  $k$ . Dla obrazów o dółych obrazach o jednolitej jasności przegląd według krzywej Hilberta daje z reguły dłuższe ciągi identycznych symboli niż w przypadku przeglądania "linia po linii"
- kodowanie ciągów identycznych symboli** - (ciąg identycznych symboli - para zawiera 1 symbol i liczbę jego powtórzeń)

**! 49.** Przeprowadzić kompresję metodą drzewa czwórkowego na przykładzie zadanego obrazu.

- kodowanie drzewiaste**-odwzorowanie obrazu w drzewo, czyli odwzorowanie pikseli lub podzbioru pikseli w węzły (wierzchołki) drzewa. Przegląd siatki dyskretnej obrazu realizowany poprzez przegląd drzewa będącego odwzorowaniem tego obrazu.
- piramidy - drzewa czwórkowe** - obraz - postać macierzy kwadratowej  $A$  o wymiarach 2 do  $n \times 2$  do  $n$ . Powtarzamy 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. Wszystkie wierzchołki oprócz liści są stopnia dolnego 4 dlatego drzewo czwórkowe.



System adresowania kwadratów:



**! 50.** Omówić zasadę stosowania kodu Hufmana. Przeprowadzić kompresję metodą Hufmana na zadanym przykładzie.

- kod Hufmana** -kod o zmiennej długości słowa.
- sposób postępowania:**



1. przypisanie każdemu poziomowi jasności częstości występowania piksela o tym samym poziomie jasności (utworzenie histogramu)
2. wyszukanie 2 poziomów o najmniejszej częstości występowania i połączenie w jeden o częstości występowania równej sumie tych poziomów.

! 51. Kompresja stratna; Omówić metodę kodowania różnic. Przeprowadzić kompresję metodą kodowania różnic na zadanym przykładzie.

- **kompresja stratna** - uzyskiwany jest większy stopień kompresji ( $SK$ ) niż przy stosowaniu kompresji bezstratnej
- **kodowanie różnic**  $\varepsilon_{m,n} = f_{m,n} - f_{m,n-1}$ 
  - $f_{m,n}$  - poziom jasności piksela o współrzędnych  $m,n$
  - $f_{m,n-1}$  - poziom jasności piksela (kolejnego) o współrzędnych  $m,n-1$
- **kodowanie wartości pikseli** - zajętość pamięci: 8 bitów/piksel
- **kodowanie różnic pomiędzy wartościami kolejnych pikseli** - zajętość pamięci: 9 bitów/piksel

! 52. Kompresja stratna; Przeprowadzić kompresję metodą kodowania blokowego na zadanym przykładzie.

- **kodowanie blokowe** - podział obrazu na jednakowe bloki, najczęściej 4x4 piksele. Obliczenie 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. Przypisanie wszystkim pikselom danej grupy obliczonej jasności średniej, stąd blok zostaje zakodowany jako mapa bitowa określająca podział na grupy, plus dwie wartości jasności.

53. 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.

- **krzywa pierwotna (interpolowana)**
- **krzywa odtworzona (zdekompresowana, interpolująca)**
- **błąd interpolacji (miara stratności kompresji)** -  $LD = LU - LW$  gdzie:  $LD$  - błąd interpolacji,  $LU$  - liczba punktów rastu zawartych pomiędzy krzywą interpolowaną i interpolującą wraz z punktami należącymi do tych krzywych.  $LW$  - liczba punktów wspólnych, czyli należących zarówno do krzywej interpolowanej jak i interpolującej
- **współczynnik redukcji (pamięci) kompresji** określający stopień kompresji krzywej -  $WRP = SK$  (ks. s.97)

! 54. Sposoby liczenia różnic pomiędzy obrazami na zadanym przykładach z wykorzystaniem a) wektorów, b) tablic.

55. Na przykładzie zadanej krzywej dyskretnej omówić wybrany algorytm interpolacji równomiernej

56. Na przykładzie zadanej krzywej dyskretnej omówić algorytm interpolacji nierównomiernej.

- **interpolacja równomierna (INTR1)** -  $T = a * N$ ; ( $O(N)$ ) - węzły  $S_1, S_2, \dots, S_{10}$  dzielą krzywą pierwotną na odcinki o równej liczbie punktów "n" każdy (takie same długości)
- **interpolacja równomierna z ruchomym węzłem początkowym wzdłuż całej krzywej (INTR3)** -  $T = a * N^2$ ; ( $O(N^2)$ ) - wyznaczanie węzłów interpolacji dla różnych, zadawanych kolejno we wszystkich punktach krzywej pierwotnej, położenia węzła początkowego  $S_1$
- **interpolacja równomierna z ruchomym węzłem początkowym wzdłuż pierwszego odcinka krzywej (INTR5)** -  $T = a * n * N$ ; ( $O(n * N)$ ) - wyznaczanie węzłów interpolacji dla różnych, zadawanych kolejno we wszystkich "n" punktach pierwszego odcinka krzywej pierwotnej, położenia węzła początkowego  $S_1$ , wybór położenia dla którego WLD jest minimalne.
- **interpolacja równomierna (INTN3) - metoda dołączania punktów i badania wartości błędu LD** - dołączanie kolejnych punktów krzywej, łączenie ich z punktem  $S_1$  odcinkiem linii prostej dyskretnej i obliczanie błędu interpolacji LD. Jeżeli LD osiągnie wartość dopuszczalną, to końce aktualnego odcinka stają się węzłami interpolacji.

$$T = a \sum_{i=1}^M n_i^2; \left( O \left( \sum_{i=1}^M n_i^2 \right) \right)$$

$N$  - liczba punktów krzywej

$M$  - liczba odcinków interpolacji

$n$  - liczba punktów pierwszego odcinka krzywej interpolowanej

$n_i$  - liczba punktów i-tego odcinka krzywej interpolowanej

$a$  - współczynnik proporcjonalności

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

- **krzywe o mało zmiennej krzywiznie** : małe różnice między wartościami błędu dla różnych algorytmów. Pozwala to na wybranie algorytmu o najmniejszej złożoności obliczeniowej (INTR1).



- **krzywe o bardziej zmiennej krzywiznie** : duże różnice między wartościami błędów dla różnych algorytmów. Należy wybrać algorytm (INTN3).

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



- **rozpoznawanie obrazu** : automatyczna identyfikacja klasy, do której można zaliczyć dany obraz.
- **proces przetwarzania obrazu jest złożony z 3 odwzorowań** :

$$A: D \rightarrow I, \quad A^*F^*C^*B$$

$D$  – przestrzeń obrazów  
 $X$  – przestrzeń wektorów cech  
 $B$  – odwzorowanie odpowiadające doborowi cech  
 $C^*(x)$  – funkcja przynależności (miara dopasowania  $x$  do i-tej klasy)  
 $R^L$  – L liczb rzeczywistych  
 $I$  – zbiór indeksów klas

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

- **progowanie** - najprostszy sposób identyfikacji obiektów. Polega na zadaniu progu (który odpowiada poziomowi jasności) i wykonaniu operacji zero-jedynkowej na obrazie zgodnie z procedurą:  
*poziomy jasności powyżej progu 0 (tło) poziomy poniżej progu 1 (obiekt)*
- **segmentacja przez podział** - jest złożoną procedurą działającą rekurencyjnie "w głąb". Dzieli ona obraz wejściowy w kolejnych krokach na podobszary (rastry) poszukując pikseli o tym samym poziomie jasności, sprawdzając jednocześnie warunek czy nowo powstały rastrowy zawiera tylko jeden poziom jasności. Procedura "rozdrabnia" obraz do momentu aż we wszystkich rastrach będą tylko jednolite piksele. Wtedy przyporządkowuje im kolor i przedstawia jako obraz wynikowy.
- **przez rozrost** - ten rodzaj segmentacji działa niejako odwrotnie do segmentacji przez podział. Podobieństwo metody polega na zastosowaniu również kryterium poziomu jasności piksela. Wybierany jest piksel który staje się matką i badane są piksele wokół niego, jeżeli znaleziony jest nowy piksel o takim samym poziomie jasności to jest dołączany do matki (programowo zapisywany jest do wspólnej tablicy). Współczynnik skalania określa do którego "nowego" obszaru może należeć piksel.

!60. 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.

!61. Współczynniki kształtu i cele ich stosowania. Na podstawie zadanych przykładów omówić własności współczynników Malinowskiej ( $W_3, W_9$ ).

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

- **momenty geometryczne** – pozwalają na lepsze rozróżnianie obiektów niż współczynniki kształtu, ale wymagają dłuższych obliczeń.
- **momenty** :
  1. moment zwykły
  2. moment centralny
- **stopień niezmienności (inwariantność)** – wrażliwość momentów i wsp. kształtu na zmiany kształtu wielkości obiektu
- **stopień niezmienności (inwariantność) mom. geometrycznych** (niezmienników momentowych rzędu  $M_1, M_2, \dots, M_{10}$ ) oraz współczynników kształtu ( $W_1, W_2, \dots, W_9$ ) ze względu na : obrót, translację, skalę obiektu.
- **współczynniki kształtu**:
  - $W_1 = 2 \cdot \sqrt{\text{pole}} / 3.14$
  - $W_2 = \text{obwód} / 3.14$
  - $W_3 = (\text{obwód} / (2 \cdot (\sqrt{3.14 \cdot \text{pole}}))) - 1$
  - $W_4 = (2 \cdot \sqrt{3.14 \cdot \text{pole}}) / \text{obwód}$
- **obliczanie momentów (aproxymacja sumami)** :
  - $m_{pq}$  - moment zwykły rzędu p ze względu na wiersze i q ze względu na kolumny,
  - $i_0$  - centrum obrazu,
  - $M_{pq}$  - moment centralny.
- **niezmienniki momentowe** :
  - $M_2 = \{(M_{20} + M_{02})^2 + 4M_{11}^2\} / m_{00}^4$
  - $M_3 = \{(M_{30} - 3M_{12})^2 + (3M_{21} - M_{03})^2\} / m_{00}^5$
  - $M_4 = \{(M_{30} + M_{12})^3 + (M_{21} + M_{03})^2\} / m_{00}^5$
  - $M_7 = \{M_{20} \cdot M_{02} - M_{11}^2\} / m_{00}^4$
  - $M_8 = \{M_{30} \cdot M_{12} + M_{21} \cdot M_{03} - M_{12}^2 - M_{21}^2\} / m_{00}^5$ .
- **współczynniki kształtu** :
  - wykazują większą czułość na zniekształcenia niż momenty
  - wpływ dyskretyzacji na współczynniki daje błąd rzędu kilku %
  - niektóre współczynniki ( $W_1, W_2$ ) są silnie zależne od wielkości obiektu (zgodnie z ich definicją) i ich użyteczność jest zależna od stopnia normalizacji
  - zakres przyjmowanych wartości (oprócz  $W_1$  i  $W_2$ ) : 0,01 – 100
  - wszystkie współczynniki mają zbliżoną wrażliwość na deformację kształtów

- czas obliczeń współczynnika Daniellsona (W5) jest kilkadziesiąt razy dłuższy od czasu obliczeń pozostałych współczynników.
- **momenty :**
- wyrażenia momentowe nie są zbyt wrażliwe na zmiany kształtów obiektów
- wpływ dyskretyzacji na współczynniki daje błąd rzędu kilku %
- błąd rośnie w miarę wzrostu rzędu momentów
- zakres przyjmowanych wartości :  $10^{-22}$ - $10^0$
- w zależności od kształtu obiektów (dla określonej klasy) niektóre momenty przyjmują wartości zbyt małe dla istotności analizy (poniżej  $10^{-9}$ ), wtedy przy wyborze wektora cech można je pominąć
- największą inwariantność wykazują momenty M1 i M7
- istnieją szybkie algorytmy obliczania momentów

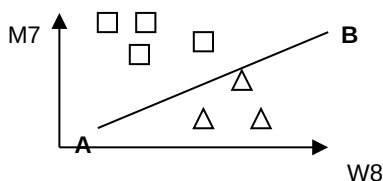
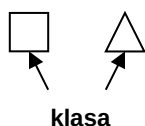
63. Obraz jako wektor w n-wymiarowej przestrzeni cech. Przedstawienie zadanych wektorów dwuskładnikowych i trójskładnikowych w 2 i 3-wymiarowej przestrzeni cech.

- **tworzenie wektorów cech i ich klasyfikacja :** proces analizy prowadzi do redukcji obrazu do **punktu** w n-wymiarowej przestrzeni lub **wektora cech**  $\underline{x}$  w n-wymiarowej **przestrzeni cech**  $X$ .

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

64. Podać przykłady podziału 2D przestrzeni cech na 2 lub więcej obszarów odpowiadających zadany klasom obiektów.

- **procedura podziału** – procedura znajdowania linii podziału na 2 lub więcej obszarów odpowiadających każdemu danemu zbiorowi wektorów cech, i jednocześnie danej klasie.



A-B –linia podziału

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

$x_1$  – wartość współczynnika kształtu (np.: W8)

$x_2$  - wartość momentu (np.: W7)

65. Rodzaje cech i zasada (Brawermana) ich nadawania. Podać przykłady.

• **cechy obiektów** –  $B:D \rightarrow X$  zmiana obiektów  $d \in D$  w punkty przestrzeni cech, **recepja** (przyjmowanie) obrazów do  $X$ , czyli do przestrzeni cech

• **rodzaje cech** – ilościowe, binarne, kodowe (opisujące właściwości obiektów),

• **zasada doboru cech Brawermanna** – taki dobór cech, aby w przestrzeni  $X$  punkty  $\underline{x}$  odpowiadające obiektom  $d$  należącym do jednej klasy ( $d \in D$ ) grupowały się w postaci **skupisk** możliwie maksymalnie zwartych wewnętrznie i możliwie najbardziej oddalonych od podobnych skupisk dla innych klas.

66. Wyznaczanie parametrów ruchu na płaszczyźnie. Na podstawie zadanych współrzędnych  $x, y$  trzech kolejnych położenia poruszającego się obiektu obliczyć parametry odpowiednich krzywych regresji (prosta, parabola, hiperbola) oraz związane z tym wartości całkowitego błędu kwadratowego.

• **predykcja (przewidywanie)** – położenia ruchomego obiektu (przy ruchu jednostajnym, niejednostajnym, prostoliniowym, krzywoliniowym)

- **obliczanie parametrów krzywej regresji** dla podanych punktów, zmieniających swoje położenie w czasie; mając dane  $N$  punktów w  $N$  chwilach czasowych za pomocą metody regresji liniowej wyliczane są parametry ruchu po prostej; wszystkie punkty wprowadzone z

kławiatury można przybliżyć za pomocą prostej  $Y=aX+b$ , paraboli  $Y=aX^2+bX+c$  lub hiperboli  $X\dot{y}/a\dot{y}-Y\dot{y}/b\dot{y}=1$ ; dla każdej z tych metod jest inny błąd kwadratowy

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2$$

$X_i$  – współrzędna x i-tego położenia obiektu  
 $Y_i$  – współrzędna y i-tego położenia obiektu  
 $\varepsilon_i$  – błąd i-tego pomiaru

**67.** Pojęcie entropii i sposoby jej wyznaczania w zależności od wiadomości, z jaką jest związana (piksel jako wiadomość, obraz jako wiadomość). Przykłady.

**entropia** – średnia informacja generowana przez źródło

$$H = - \sum_{k=1}^L p_k \log_2 p_k \text{ [bitów / wiadomości]}$$

w obrazie cyfrowym traktowanym jako źródło niezależnych pikseli – **entropia H** może być szacowana z histogramu tego obrazu. Wysokość k-tego słupka histogramu jest proporcjonalna zarówno do liczby pikseli o k-tym poziomie jasności jak i do prawdopodobieństwa  $p_k$  pojawienia się piksela o tym poziomie; dla zadanego L entropia źródła jest max dla rozkładu jednostajnego prawdopodobieństw  $p_k$  tzn. gdy jest spełnione:

$$p_k = \frac{1}{L} \quad k = 1, \dots, L$$

wtedy:

teraz maksymalną informację wnosi obraz, który jest podzielony na tyle podzbiorów pikseli, ile występuje poziomów jasności.

**entropia max** określa dolną granicę na liczbę bitów wymaganych do zakodowania tego źródła.

$$\max p_k H = - \sum_{k=1}^L \frac{1}{L} \log_2 \frac{1}{L} = \log_2 L \text{ [bitów / wiadomości]}$$

**piksel jako wiadomość**

Liczba wiadomości  $r_k$ :  $L=2^B$  B – liczba bitów na piksel, a NxN rozmiar obrazu.

np. dla B=8 i N=512  $L=2^8=256$

Entropia max:  $\max H = \log_2 2^8 = 8$  bitów

Liczba bitów wymagana do zakodowania tego piksela wynosi nie mniej niż 8

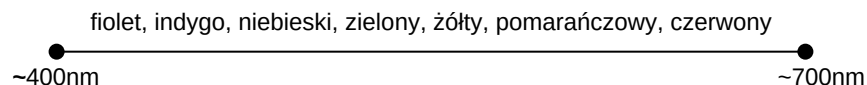
**obraz jako wiadomość**

Liczba wiadomości  $r_k$ :  $L=2^{B(N \times N)}$

np. dla B=8 i N=512  $L=2^{8(512 \times 512)} \approx 10^{600}$

Entropia max:  $\max H = \log_2 2^{8 \times 512 \times 512} = 8 \times 512 \times 512$  bitów

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



- **barwa** – długość fali światła odbitego lub przechodzącego przez obiekt. Mówiąc przystępniej, barwa jest identyfikowana z nazwą koloru, taką jak czerwony, pomarańczowy czy zielony. Barwę mierzy się jako położenie na standardowym kole kolorów wyrażone w stopniach od 0 do 360.
- **nasycenie** - oznacza siłę lub czystość koloru, czyli stosunek szarości do czystego odcienia i jest wyrażane w procentach od 0% (szary) do 100% (czysty kolor, pełne nasycenie).
- **jasność** - określa względną jasność koloru i wyraża się zazwyczaj w procentach od 0 (czerni) do 100 % (biel).
- **dominująca długość fali** – 100% nasycenia barwy
- **barwy addytywne** – Model kolorów, taki jak RGB, którego głównym wyróżnikiem jest zachowanie różnych kolorów światła; modele te funkcjonują na zasadzie łączenia kolorów w celu otrzymania bieli.
- **barwy subtraktywne** - Model kolorów, taki jak CMYK, który jest oparty na zachowaniu światła odbitego od barwników. Kiedy białe światło pada na powierzchnię, tylko określone długości fali zostają odbite, zależnie od gęstości pigmentu. Pigmenty absorbują światło i w ten sposób odejmują ze światła białego pewne długości fali, które nie wnoszą już potem swojego wkładu barwnego.

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

- **standard CIE** - standardowe barwy podstawowe nie odpowiadają żadnej rzeczywistej barwie, za to dowolną widzialną barwę daje się wyrazić jako ich średnią ważoną.
- **przykład** : A,B,C – ilość poszczególnych barw podstawowych CIE dających w sumie pewną barwę.  
 $a=A/A+B+C$ ,  $b=B/A+B+C$ ,  $c=C/A+B+C$  – są to **współrzędne trójkolorowe** tej barwy. Widać, że zawsze:  $a+b+c=1$  (dowolne dwie współrzędne wystarczą do określenia barwy).
- **podstawowe operacje** :
  - mieszanie (dodawanie dwóch barw)
  - dominująca dł. fali i nasycenie koloru
  - dopełniająca para barw
  - gamma określona trzema kolorami

! 70. 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 podzbiorem, w którym leżą wszystkie barwy z określonej gamy barw. Model barw ma umożliwić wygodny wybór barw wewnątrz jakiejś gamy barw. Przykładami modeli barw są model **RGB** - używany w monitorach komputerów oraz w kineskopach telewizorów innym modelem jest **CMY** stosowany w niektórych drukarkach. Niestety żaden z nich nie jest szczególnie łatwy w użytkowaniu, gdyż nie są one związane z intuicyjnymi pojęciami odcienia barwy, nasycenia i jaskrawości. Dlatego jest kilka modeli wykorzystujących te właśnie zmienne do tworzenia barw, jednym z nich jest model **HSV**.
- **RGB** - model barw RGB (Czerwony, Zielony, Niebieski) stosowany jest w kolorowych monitorach kineskopowych i w barwnej grafice rastrowej.
- **CMY** - barwy wchodzące w skład tego modelu to cyjan, magenta i żółta, barwy te są barwami dopełniającymi odpowiednio dla barw czerwonej, zielonej i niebieskiej.
- **HSV** - model **HSV** (odcień barwy, nasycenie i wartość) jest zorientowany na użytkownika i wykorzystuje intuicyjne wrażenie modelu artysty, a więc tinty, tony i cienie.

! 71. 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.

- monitory o wielu poziomach szarości – jasność pojedynczego (fizycznego) piksla odpowiada jasności obliczonej; w monitorach o niewystarczającej liczbie poziomów szarości zamiast poj. piksli stosowane są **wzorce  $n \times n$** , co daje  $n^2+1$  poziomów jasności dla każdego wzorca (przykład 149 ksi)
- efektem liniowym zmiany jasności wzorców jest wrażenie mniejszych zróżnicowań części ciemniejszych obrazów niż części jaśniejszych. Wzrok ludzki reaguje w sposób liniowy na przyrost ilorazu różnicy między kolejnymi poziomami jasności i poziomem niższym a nie na różnice bezwzględne; poziom jasności  $I_k$  powinny mieć rozkład logarytmiczny (stała wartość ilorazu wartości następnego poziomu do wartości poprzedniego poziomu):

$$\frac{I_k + 1}{I_k} = \text{const}$$

! 72. Grafika komputerowa i jej zastosowania. Reprezentacja obiektów graficznych (krzywe, powierzchnie, bryły).

- **grafika komp.** - synteza lub tworzenie obrazów metodami cyfrowymi. Zastosowania: metody prezentacji danych, gry, prace edytorskie, reklamy, system projektowania, przemysł rozrywkowy.

· **obiekty graficzne**: krzywe i powierzchnie, obszary płaskie bryły trójwymiarowe 3D

! 73. Dobieranie krzywej i tworzenie jej obrazu - interpolacja wielomianem

- **interpolacja** - znajdowanie krzywej przechodzącej przez zbiór punktów
- **aproksymacja** - znajdowanie krzywej przechodzącej w pobliżu zbioru punktów
- **tworzenie obrazu** - wyrażenie matematyczne – zbiór elementów
- **interpolacja wielomianem** – dobieranie krzywej za pomocą wielomianu

niech  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  – ciągi „n” punktów na płaszczyźnie z  $x_i \neq x_j$  dla  $i \neq j$   
wielo. interp. stopnia (n-1)

$$p_n(x) = y_1 \frac{(x - x_1)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} + y_2 \frac{(x - x_1)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3) \dots (x_2 - x_n)} \\ + y_n \frac{(x - x_1)(x - x_3) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_1)(x_n - x_2) \dots (x_n - x_{n-1})}$$