

# METODE INTELIGENTE DE REZOLVARE A PROBLEMELOR REALE



Laura Dioşan  
Tema 3

# Procesarea imaginilor

---

## □ De ce?

- Îmbunătățirea calității imaginilor
  - Reducerea zgomotului și a altor defecte
  - Evidențierea anumitor zone
  - Determinarea contururilor
- Extragerea de informații

## □ Aplicații

- Recunoașterea caracterelor
- Recunoașterea amprentelor
- Prelucrarea imaginilor medicale
- Prelucrarea imaginilor din satelit

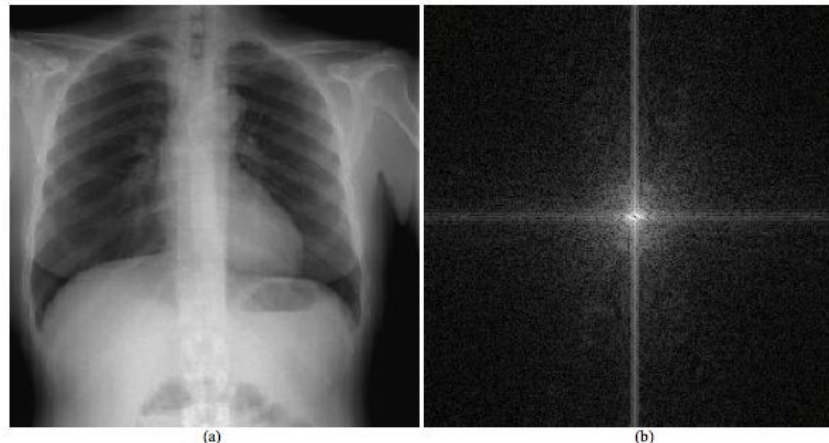
# Procesarea imaginilor

---

- Captarea imaginilor și reprezentarea lor
- Operații asupra imaginilor
  - Operații geometrice
  - Operații de îmbunătățire
  - Operații de comprimare
- Extragerea de informații relevante din imagini

# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

- Captare
  - Foto
  - Video
- Reprezentare
  - În domeniul spațial (geometric)
    - Imaginea = un ansamblu de valori plasate după o formă spațială (regulată sau nu) de dimensiune supra-unitară (plan, spațiu, dar nu dreaptă)
    - Matrice de pixeli (**p**icture **e**lement)
    - Reprezentare intuitivă dpdv al ochiului uman
  - În domeniul frecvențelor (spectral)
    - Imaginea = un ansamblu de frecvențe care compun imaginea (culoare – frecvență – lungime de undă (IP) – amplitudine)
    - Imaginea = semnal bidimensional
    - Grafic, pe OX, OY se află distribuția frecvențelor pe cele 2 axe ale imaginii, iar culoarea pixelilor va reprezenta amplitudinea (mai deschis înseamnă amplitudine superioară)
    - Reprezentare f. utilă în procesele de analiză, comprimare și prelucrare a imaginilor



# Captarea imaginilor și reprezentarea lor – domeniul spațial

---

Imaginea = ansamblu de pixeli

Tipologia imaginilor în domeniul spațial (geometric)

## □ După valoarea unui pixel

- Imagini scalare – orice valoare este un scalar (intensitatea luminoasă, distanța, temperatura)
  - imagini monocrome (binare) → 0/1
  - imagini alb-negru (cu nivele de gri) → 8 biți
    - 0 → negru
    - 255 → alb
- Imagini vectoriale – orice valoare este un vector; imaginea vectorială = *sandwich* de imagini scalare
  - Imagini color – vectori de 3 componente
  - Imagini satelitare – vectori de 3-200 componente
  - Imagini termografice – vectori de 2-5 componente în bandă de infraroșu



# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

## – domeniul spațial

### Imagini color – vectori de 3 componente

#### Modelul RGB (Red-Green-Blue)

- $(0,0,0) \rightarrow$  negru
- $(255, 255, 255) \rightarrow$  alb

#### Modelul HSI (Hue-Saturation-Intensity)

- Nuanța  $\rightarrow$  unghiul culorii în cercul de culori (0-360°)
- Saturația  $\rightarrow$  puritatea culorii (procentual)
- Intensitatea

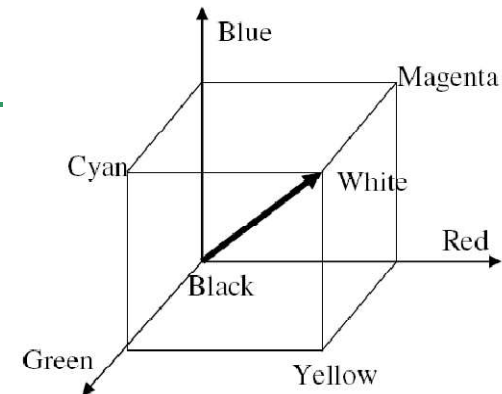
$$\begin{bmatrix} H \\ S \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\pi}{2} - \arctan \left\{ \frac{2R - G - B}{\sqrt{3}} (G - B) \right\} + \pi \\ 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min(R, G, B) \\ \frac{R + G + B}{3} \end{bmatrix}$$

#### Modelul CMY (Cyan-Magenta-Yellow)

- $(0,0,0) \rightarrow$  alb
- $(255,255,255) \rightarrow$  negru

#### Conversii între modele

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



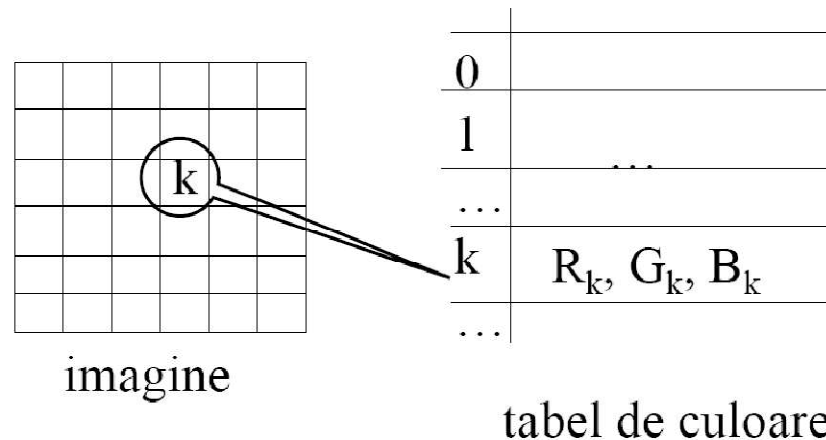
# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

## – domeniul spațial

Tipologia imaginilor în domeniul spațial (geometric)

### □ După semnificația valorilor

- Imagini de intensitate – valori DP cu mărimea fizică măsurată în scenă
- Imagini indexate – valorile sunt indici (adrese) într-un tabel asociat imaginii, în care se găsește informația de intensitate



# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

## – domeniul spațial

---

- Pp. o imagine de dimensiune  $M \times N$
- $f_{ij}$  – valoarea pixelului de pe linia  $i$  și coloana  $j$
- $P$  – mulțimea tuturor pixelilor
- Vecinătăți
  - Pt. un pixel  $p$  situat la poziția  $(i, j)$
  - Vecini ortogonali:
    - $p_1 - (i-1, j), p_2 - (i+1, j), p_3 - (i, j-1), p_4 - (i, j+1)$
    - Formează ansamblul  $N_4(p)$
  - Vecini diagonali
    - $p_5 - (i-1, j-1), p_6 - (i-1, j+1), p_7 - (i+1, j-1), p_8 - (i+1, j+1)$
    - formează ansamblul  $N_D(p)$
  - $N_8(p) = N_4(p) \cup N_D(p)$
- Conectivități
  - 2 pixeli  $p_1(i_1, j_1)$  și  $p_2(i_2, j_2)$  se află în relație de
  - $k$ -conectivitate
    - dacă  $p_1 \in N_k(p_2)$  sau  $p_2 \in N_k(p_1), k \in \{4, 8\}$
- Drum
  - de lungime  $n$  mulțimea de pixeli  $D_n = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  a.î.  $p_i$  se află în relație de conectivitate cu  $p_{i+1}, i = 1, 2, \dots, n-1$
- Pixelii  $p$  și  $q$  sunt conectați dacă există un drum între ei
- Regiune
  - set de pixeli conectați



# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

## – domeniul spațial

---

### □ Metrice între 2 pixeli $p_1(i_1, j_1)$ și $p_2(i_2, j_2)$

#### ■ Distanța Euclideană

$$□ d(p_1, p_2) = [(i_1 - i_2)^2 + (j_1 - j_2)^2]^{1/2}$$

#### ■ Distanța Manhattan

$$□ d_4(p_1, p_2) = |i_1 - i_2| + |j_1 - j_2| \rightarrow N_4(p) = \{q \in P \text{ a.î. } d_4(p, q) \leq 1\}$$

#### ■ Distanța jocului de șah


$$□ d_8(p_1, p_2) = \max(|i_1 - i_2|, |j_1 - j_2|) \rightarrow N_8(p) = \{q \in P \text{ a.î. } d_8(p, q) \leq 1\}$$

# Captarea imaginilor și reprezentarea lor

## – domeniul frecvențelor

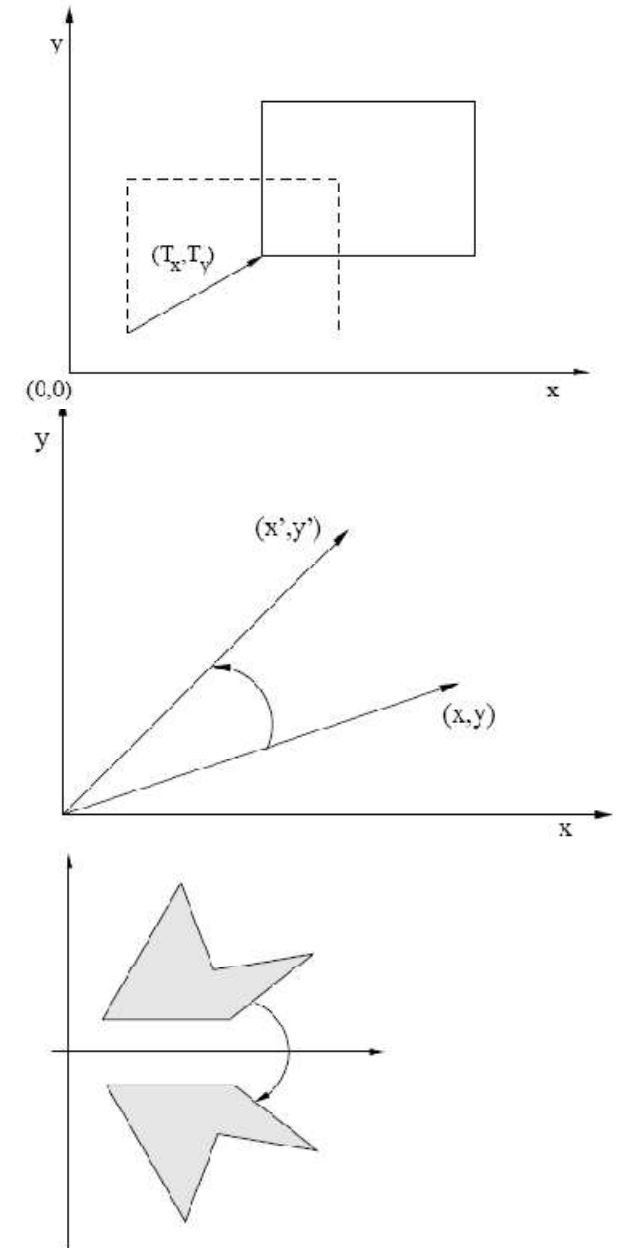
---

- Imaginea = ansamblu de frecvențe
- Transformarea unei imagini din domeniul spațial în domeniul spectral
  - Serii Fourier
  - Matrice de pixeli → matrice de frecvențe (lungimi de undă)
    - Orice undă (sinusoidală) poate fi descompusă într-o sumă de mai multe sinusoidale

- 
- 
- Captarea imaginilor și reprezentarea lor
  - **Operații asupra imaginilor**
    - **Operații geometrice**
    - **Operații de îmbunătățire**
    - **Operații de comprimare**
    - **Operații de segmentare**
    - **Operații de restaurare**
  - Extragerea de informații relevante din imagini

# Operații geometrice

- Pentru reprezentarea spațială a imaginilor
- Nu modifică valorile pixelilor (compoziția)
- Modifică așezarea lor spațială (structura)
- Translație
  - Modificarea după o traiectorie dreaptă a coordonatelor unui pixel
    - $x' = x + T_x$
    - $y' = y + T_y$
- Rotație
  - Modificarea după o traiectorie circulară a coordonatelor unui pixel
    - Coordonate carteziene → coordonate polare
      - $x = r \cos(\theta)$
      - $y = r \sin(\theta)$
      - $x' = r \cos(\theta + \phi)$
      - $y' = r \sin(\theta + \phi)$
- Oglindire
  - Față de o axă de simetrie



# Operații de îmbunătățire

---

- Îmbunătățirea calității imaginilor
  - Originale sau nu
  - Prin accentuarea unor caracteristici
    - Muchii
    - Contururi
    - Contrast
  - Nu modifică cantitatea de informație din imagine
  - Modificarea valorii unor pixeli
  - Reducerea degradărilor perceptuale sau aleatoare:
    - Contrast scăzut
    - Imagine supra- sau sub-expusă
    - Zgomot suprapus peste semnalul util

# Restaurare

---

- Reducerea degradărilor deterministe
  - Mișcare
  - Lipsa focalizării
  - Defecte optice

# Segmentare

---

- ❑ Descompunerea imaginii în elementele componente

# Compresie

---

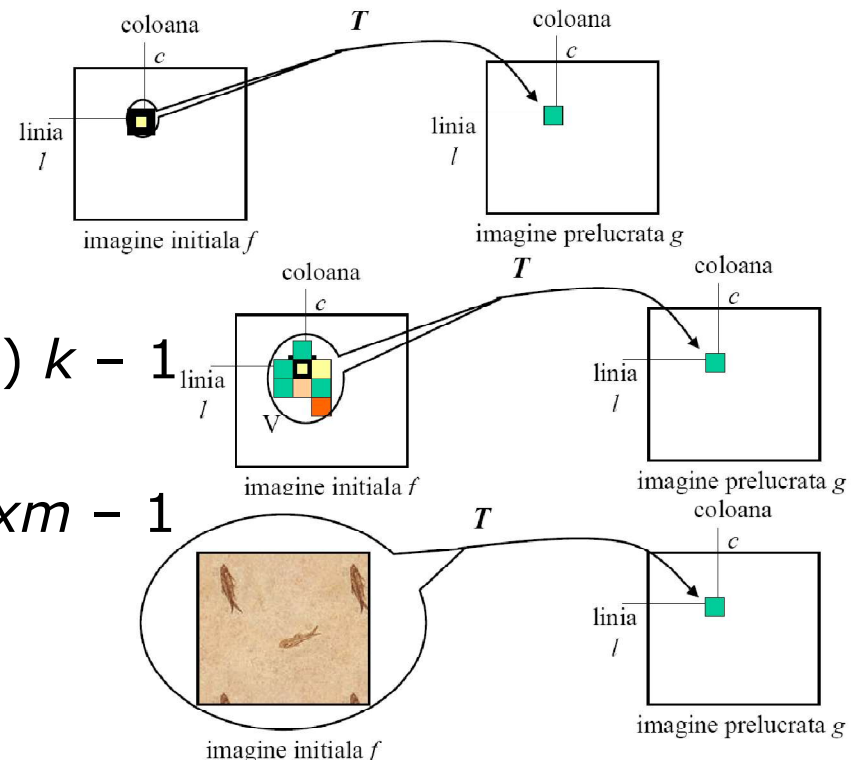
- ▣ Reducerea volumului de date necesare reprezentării informației dintr-o imagine



# Operații de îmbunătățire

- Pentru reprezentarea spațială
- În funcție de numărul de pixeli din imaginea inițială folosiți pentru calculul valorii unui pixel în imaginea prelucrată

- Operații punctuale 1 – 1
- Operații de vecinătate (locale)  $k - 1$
- Operații integrale (unitare)  $n \times m - 1$



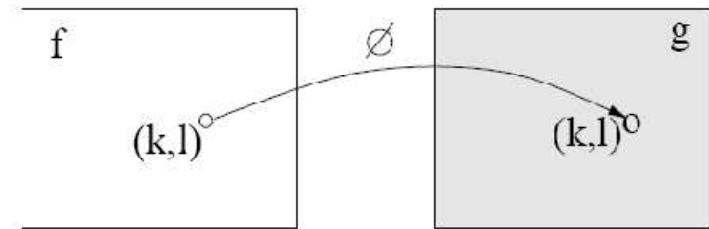
# Operații de îmbunătățire

---

## □ Operații punctuale 1 – 1

- $g(x,y) = \emptyset(f(x,y))$

- Negativarea imaginilor
- Modificarea contrastului
- Decuparea



# Operații de îmbunătățire

---

## □ Operații punctuale 1 – 1

### ■ Negativarea imaginilor

- $\emptyset(x) = (L-1) - x$ , de obicei  $L = 256$
- $\emptyset((R,G,B)) = ((L-1)-R, (L-1)-G, (L-1)-B)$

### □ Utilitate

- Imagini negative (de tip peliculă)



# Operații de îmbunătățire

## □ Operații punctuale 1 – 1

### ■ Modificarea contrastului

□ Accentuarea contrastului 
$$\phi(x) = \begin{cases} \alpha x, & \text{pentru } x \in [0, a) \\ \beta(x - a) + v_a, & \text{pentru } x \in [a, b) \\ \gamma(x - b) + v_b, & \text{pentru } x \in [b, L) \end{cases}$$

- Pantă subunitară – apropierea nivelelor de gri
- Pantă supraunitară – depărtarea nivelelor de gri
- Caz particular: întinderea maximă a contrastului

$$\phi(x) = \begin{cases} 0, & \text{pentru } x \in [0, a) \\ \beta(x - a), & \text{pentru } x \in [a, b) \\ L - 1, & \text{pentru } x \in (b, L) \end{cases}$$

- Nivelele de gri din  $[a, b]$  vor fi distanțate
- Restul nivelelor de gri vor fi înlocuite cu alb, respectiv negru
- Caz particular: binarizarea ( $a = b$ )



# Operații de îmbunătățire

---

## □ Operații punctuale 1 – 1

### ■ Decuparea

□ Cu păstrarea fundalului  $\phi(x) = \begin{cases} L - 1, & \text{pentru } x \in [a, b] \\ x, & \text{în rest.} \end{cases}$

□ Fără păstrarea fundalului  $\phi(x) = \begin{cases} L - 1, & \text{pentru } x \in [a, b] \\ 0, & \text{în rest.} \end{cases}$

### □ Utilitate

- decuparea regiunilor de temperatură joasă reprezentate de nori din imaginile obținute de un satelit meteo

# Operații de îmbunătățire

---

## □ Operații de vecinătate (locale) $k - 1$

### ■ În funcție de scop:

- op. care vizează reducerea zgomotului sau a altor defecte (filtrare) → filtre trece-jos
- op. care vizează accentuarea detaliilor (evidențierea muchiilor, a contururilor, etc) → filtre trece-sus

### ■ În funcție de tip

- op. liniare → combinații liniare între pixeli vecini
- op. neliniare → combinații complexe între pixeli

# Operații de îmbunătățire

Operații de vecinătate (locale)  $k - 1 \rightarrow$  operații de filtrare

## □ Tehnici de filtrare

- Filtrare prin tehnica ferestrei glisante  $\rightarrow$  convoluție bidimensională
  - Filtru = mască de filtrare (convoluție) = formă + coeficienți + origine = kernel
  - Convoluție = schimbarea intensității unui pixel a.î. să reflecte intensitatea pixelilor vecini
- Filtrare prin estimare statistică
- Filtrare prin clustering

## □ Filtre liniare – noua valoare a pixelului = combinație liniară a r pixeli din imaginea originală (principiul superpoziției)

- $g(m,n) = \sum \sum_{(k,l) \in W} w_{kl} * f(m-k,n-l)$ , unde
  - $W$  – o structură de puncte  $\rightarrow$  vecinătate
  - $w_{kl}$  – coeficienții filtrului (tehnica ferestri glisante)

### ■ Tipologie

- Filtre de netezire
  - Suma coeficienților = 1
  - Filtru de mediere
    - Toți coeficienții sunt egali ( $=1/k^2$ )
- Filtre de detectare a contururilor  $\rightarrow$  filtre trece-sus
  - Suma coeficienților = 0
  - Filtre de accentuare a contrastelor
- Filtre derivative

$w_{-1,-1}$	$w_{-1,0}$	$w_{-1,1}$
$w_{0,-1}$	$w_{0,0}$	$w_{0,1}$
$w_{1,-1}$	$w_{1,0}$	$w_{1,1}$

# Operații de îmbunătățire

---

Operații de vecinătate (locale)  $k - 1 \rightarrow$  operații de filtrare

## □ Filtre neliniare

- Tehnica ferestrei glisante  $\rightarrow$  ordonarea pixelilor
- Tipologie
  - Filtre de ordine
    - Filtru median  $\rightarrow$  eliminarea zgomotului "sare și piper"
    - Filtru de minim
    - Filtru de maxim
  - Filtre adaptive  $\rightarrow$  modificarea formei și a coeficienților ferestrei de filtrare
    - Filtre bazate pe distanță (relativă) – coeficienții se calculează în funcție de distanța dintre punctul respectiv și un punct fix
    - Filtre bazate pe orientare  $\rightarrow$  fereastra are formă liniară, orientată după o anumită direcție
    - Filtre distanță-direcție – combinația celor 2 filtre precedente



# Operații de îmbunătățire

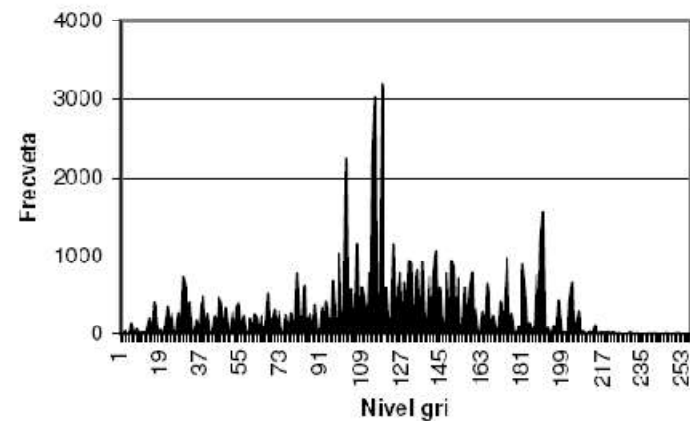
---

- Operații integrale (unitare)  $n \times m - 1$ 
  - Egalizarea histogramei
    - Scop: manipularea contrastului
  - Transformarea Fourier discretă
  - Transformarea cosinus discretă
  - Transformarea sinus discretă
  - Transformarea Walsh-Hadamard
  - Transformarea Karhaunen-Loeve

# Operații integrale (unitare) $n \times m - 1$

## Egalizarea histogramei

- Histograma nivelurilor de gri
  - O funcție care asociază fiecărui nivel de gri prezent în imagine frecvența sa (relativă) de apariție
  - Estimarea densității de probabilitate



- Utilitate
  - Îmbunătățirea contrastului
  - Îmbunătățirea luminozității → segmentarea imaginii
- Ne-ajunsuri
  - Lipsa informațiilor privind
    - locația pixelilor
    - poziția relativă a pixelilor

# Operații integrale (unitare) $n \times m - 1$

## Egalizarea histogramei

---

- Egalizarea histogramei reprezintă o operație de accentuare a contrastului și are ca scop obținerea unei histograme uniforme
- Algoritm
  - Se calculează histograma  $h(x)$  imaginii
  - Se calculează histograma cumulativă  $h_c(x)$
  - Se calculează noile nivele de gri
    - $x' = (h_c(x) - h_{cmin}) / (h_{cmax} - h_{cmin}) * (L - 1) + 0.5$

# Extragerea atributelor

---

- Metodă de captare a conținutului vizual al imaginilor în vederea indexării lor
- Atribute vizuale - tipologie
  - În funcție de domeniu:
    - Generale
      - Ex. Culoare, textură, formă
      - Pot fi considerate la nivelul
        - unui pixel
        - unei regiuni de pixeli
        - întregii imagini
    - Specifice
      - Amprente
      - Fețe umane
  - În funcție de modul de extragere
    - De nivel primar
      - Extrase direct din imagine
    - De nivel înalt
      - Determinate pe baza atributelor de nivel primar
  - Exemple de atribute
    - Contururi (marginii ale unor regiuni)
    - Intersecții (puncte de interes, colțuri)
    - Regiuni de interes
    - Creste

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale

---

### □ Culoare

- reprezentată prin diferite modele
- atribute
  - Histograma culorii pixelilor
  - Histograma gradientilor orientați (Histogram of oriented gradients)

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ Histograma culorii pixelilor

- Procentul fiecărei culori care apare în imagine ( $h_k$ ,  $k=1,2,\dots,K$ ,  $K$  – nr. de culori)
- → nu ține cont de poziția culorilor (se pierde informația regională) → partiționarea imaginii în regiuni și determinarea histogramelor regionale

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

- Histograma gradientilor orientați  
(Histogram of oriented gradients – HOG)
  - Determinare
  - Nivele de calcul
  - Îmbunătățiri
  - Parametri
  - Instrumente

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

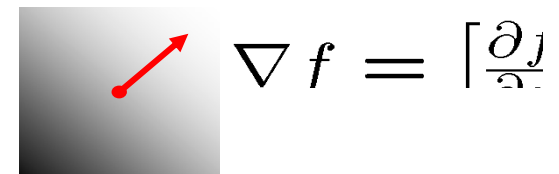
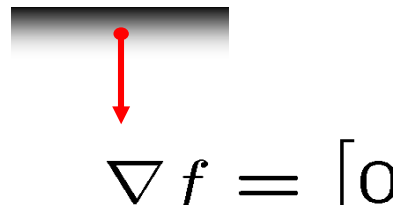
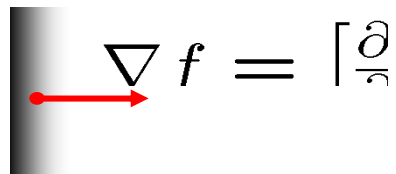
### □ HOG – determinare

#### ■ Gradientul unei imagini

- O schimbare direcțională a intensității sau culorii într-o imagine

$$\nabla f = \left[ \frac{\partial f}{\partial x} \right]$$

- Este orientat în direcția în care apare cea mai rapidă schimbare de culoare



- Magnitudinea gradientului

$$\|\nabla f\| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$



# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG – determinare

#### ■ Gradientul unei imagini

- Se poate aproxima magnitudinea gradientului în cazul discret (domeniul spațial al imaginii)
  - De ordin I – operatori
    - Sobel → algoritmul Canny
    - Schar
    - Roeberts Cross
    - Prewitt
    - Costella
  - De ordin II: Operatori Laplacieni ai Gaussianului

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG → determinare

- Gradient = vectori orientați în direcția celor mai semnificative schimbări de culoare
- Pași
  - Se calculează magnitudinea fiecărui pixel
  - Se calculează gradientul orientat pentru fiecare pixel
  - Se calculează histograma gradientilor orientați

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG → determinare

- Pas1: se calculează magnitudinea gradientului fiecărui pixel

- De ce?

- Magnitudinea = cât de abruptă este schimbarea

- Cum?

- Pentru o imagine  $I$  de dimensiune  $n \times m$ , se efectuează
    - o convoluție pe  $O_x$  cu un anumit filtru-mască  $D_x$ 
      - Ex.  $D_x = [-1, 0, 1]$ ,  $I_x = D_x * I$
    - o convoluție pe  $O_y$  cu un anumit filtru-mască  $D_y$ 
      - Ex.  $D_y = [-1, 0, 1]^T$ ,  $I_y = D_y * I$

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

### □ HOG → determinare

- Pas2: Se calculează orientarea gradientului pentru fiecare pixel

- De ce?

- Orientarea → direcția modificărilor

- Cum?

- $\theta = \arctan(I_y/I_x)$  radians

$$\text{atan2}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi \\ +\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

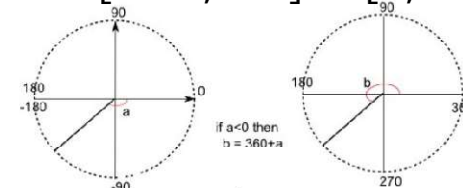
- se transformă unghiul  $\theta$  din radiani în grade

- $\alpha = \theta * 180/\pi \in [-180, 180]$

- se determină gradientul:

- cu semn - se translatează unghiul  $\alpha$  din  $[-180, 180]$  în  $[0, 360]$

$$\alpha_{signed} = \begin{cases} \alpha, & \text{if } \alpha \geq 0 \\ \alpha + 360, & \text{if } \alpha < 0 \end{cases}$$



- fără semn - se translatează unghiul  $\alpha$  din  $[-180, 180]$  în  $[0, 180]$

$$\alpha_{unsigned} = \begin{cases} \alpha, & \text{if } \alpha \geq 0 \\ 180 - \alpha, & \text{if } \alpha < 0 \end{cases}$$



- se obține o matrice O cu nxm valori

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG - determinare

- Pas3: se calculează histograma gradientilor orientați folosind matricea O
  - Se împarte domeniul unghiului orientării  $D$  în  $k$  sectoare egale
    - $D = [0, 360]$  sau  $D = [0, 180]$
    - Primul sector va cuprinde unghiuri între 0 și  $|D|/k$ ,
    - Al doilea sector va cuprinde unghiuri între  $|D|/k$  și  $2 * |D|/k$
    - ș.a.m.d.
    - $k=4, 8, 9, 16, 18, 36, \dots$
  - Pentru fiecare sector se numără pixelii a căror orientare a gradientului cade în sectorul respectiv
  - Numărul de pixeli din fiecare sector se poate pondera cu
    - Voturi binare – aparține (1) sau nu (0) acelui sector
    - Voturi bazate pe magnitudinea gradientului
    - Voturi bazate pe pătratul magnitudinii
    - Voturi bazate pe rădăcina pătrată a magnitudinii
  - Se reprezintă grafic valorile obținute
    - Pe axa Ox se trec sectoarele domeniului
    - Pe axa Oy se trece numărul de pixeli (ponderat) din fiecare sector

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG

#### ■ Nivele de calcul

- La nivelul întregii imagini
- La nivelul unei celule a imaginii
  - Câte imagini, atâtea histograme → concatenarea histogramelor

#### ■ Îmbunătățiri

- Considerarea unor blocuri de celule
  - R-HOG
  - C-HOG
- Normalizarea la nivel de bloc – pentru a ține cont de “culorile vecine”
  - L2-norm
  - L1-Norm

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Culoare

---

### □ HOG

#### ■ Parametri

- Scara gradientului
- Dimensiunea unei celule/unui bloc
- Numărul de sectoare
- Procentul suprapunerii blocurilor

#### ■ Instrumente

- OpenCV → [www.opencv.org/](http://www.opencv.org/)
- PMT → <http://vision.ucsd.edu/~pdollar/toolbox/doc/>
- Altele

# Extragerea atributelor

---

## Atribute vizuale – Generale

### □ Textură

- Caracteristica tactilă sau vizuală a unei suprafețe
- Elementele componente = texteli
  - Forme geometrice care se repetă pe o suprafață
- Tipologie
  - Texturi slabe → interacții slabe între texteli
  - Texturi puternice → interacții puternice între texteli
- Cuantifică
  - Diferențele între nivelurile de gri (contrastul)
  - Mărimea regiunii unde apar modificări (fereastră)
  - Direcția sau lipsa ei



# Extragerea atributelor

---

## Atribute vizuale – Generale – Textură

- Poate fi analizată prin metode
  - Sintactice (structurale)
    - → relațiile spațiale din textură ~ gramatică (texteli – simboluri terminale, relațiile – reguli de transformare)
  - Statistice
    - De ordin I – calculate la nivel de pixel:
      - Media  $\mu = \sum_{k=1,2,\dots,K} k * p_k$
      - Varianța  $\sigma^2 = \sum_{k=1,2,\dots,K} (k - \mu)^2 * p_k$
      - Turtirea (skewness)  $\gamma_3 = 1 / \sigma^3 \sum_{k=1,2,\dots,K} (k - \mu)^3 * p_k$
      - Excesul (kurtosis)  $\gamma_4 = 1 / \sigma^4 \sum_{k=1,2,\dots,K} (k - \mu)^4 * p_k - 3$ , unde  $p_k = h_k / \sum_{k=1,2,\dots,K} h_k \rightarrow$  procentul fiecărei culori care apare în imagine ( $h_k$ ,  $k=1,2,\dots,K$ ,  $K$  – nr. de culori)

# Extragerea atributelor

## Atribute vizuale – Generale – Textură

### □ Poate fi analizată prin metode

#### ■ Sintactice

#### ■ Statistice

#### □ De ordin II – calculate la nivelul unei vecinătăți de 2 pixeli

- Matricea de co-ocurență a nivelurilor de gri
  - $C(i,j) = \text{cardinal}\{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\} \text{ pentru care } f(x_1, y_1) = i \text{ și } f(x_2, y_2) = j, (x_2, y_2) = (x_1, y_1) + (d \cdot \cos \theta, d \cdot \sin \theta)\}, i, j = 1, 2, \dots, K$
- Energia
  - $\sum_{i=1,2,\dots,K} \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j)^2$
- Inerția
  - $\sum_{i=1,2,\dots,K} \sum_{j=1,2,\dots,K} (i-j)^2 C(i,j)$
- Corelația
  - $\sum_{i=1,2,\dots,K} \sum_{j=1,2,\dots,K} (ij) C(i,j) - \mu_i \mu_j / \sigma_i \sigma_j$
- Momentul diferenței
  - $\sum_{i=1,2,\dots,K} \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j) / (1 + (i-j)^2)$
- Entropia
  - $\sum_{i=1,2,\dots,K} \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j) \log C(i,j)$
- Filtre Gabor
- Atribute de tip Markov

unde:

$$\begin{aligned}\mu_i &= \sum_{j=1,2,\dots,K} j \sum_{i=1,2,\dots,K} C(i,j) \\ \mu_j &= \sum_{i=1,2,\dots,K} i \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j) \\ \sigma_i &= \sum_{j=1,2,\dots,K} (i - \mu_i)^2 \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j) \\ \sigma_j &= \sum_{i=1,2,\dots,K} (j - \mu_j)^2 \sum_{i=1,2,\dots,K} C(i,j)\end{aligned}$$

# Extragerea atributelor

---

## □ Atribute vizuale – Generale

### ■ Formă

#### □ Metode bazate pe

- Regiuni
- Contur

# Extragerea atributelor

---

## □ Atribute vizuale – Generale

### ■ Formă

#### □ Metode bazate pe

##### ■ Regiuni

- Momentele geometrice
- Momentele centrale și momentele centrale normalizate
- Invarianții momentului
- Momentele Zernike și Legendre
- Momentele complexe

# Extragerea atributelor

---

## □ Attribute vizuale – Generale

### ■ Formă

#### □ Metode bazate pe

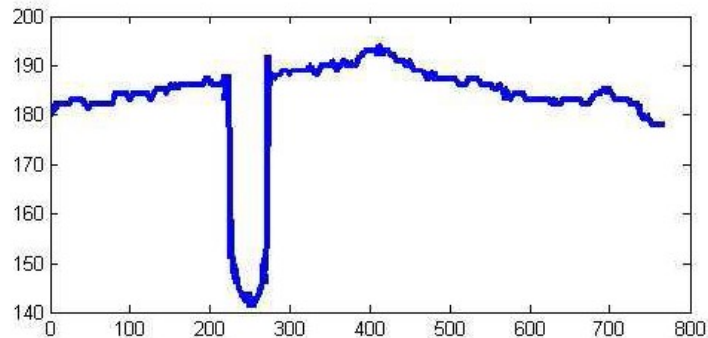
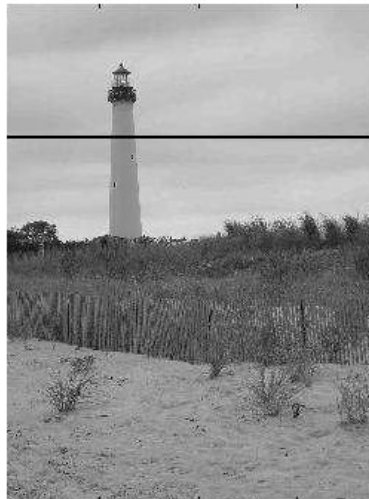
##### ■ Contur

- Circularitatea  $cir = 4pA/P^2$
- Rata aspectului  $ar = (p1 + p2)/C$
- Iregularitatea unghiului de discontinuitate  $(\sum |\Theta_i - \Theta_{i+1}| / 2\pi(n-2))^{1/2}$
- Iregularitatea lungimii  $lir = \sum |L_i - L_{i+1}| / K$ , unde  $K = 2P$  pt  $n > 3$  și  $K = P$  pt  $n = 3$
- Complexitatea  $com = 10^{-3/n}$

# Extragerea atributelor

## □ Detecția contururilor

- Contururile sunt acolo unde apar schimbări de culoare
- Schimbările de direcție ale unei funcții pot fi detectate cu ajutorul derivatei I  $\rightarrow$  cele mai mari schimbări apar acolo unde derivata I are magnitudine (normă, mărime, dimensiune) maximă  $\Leftrightarrow$  derivata II = 0



# Extragerea atributelor

---

- ❑ Algoritmi pentru extragerea atributelor
  - Scale-invariant feature transform (SIFT)
    - ❑ <http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>
    - ❑ Biblioteca OpenCV  
<http://opencv.willowgarage.com/wiki/>
  - Speeded Up Robust Features (SURF)
    - ❑ openCV
  - Gradient Location and Orientation Histogram (GLOH)
  - Local Energy based Shape Histogram (LESH)

# Extragerea atributelor

---

- Trebuie ghidată cf. următoarelor principii
  - Atributele trebuie să conțină suficientă informație despre imagine și nu trebuie folosite informații specifice în procesul de extracție
  - Atributele trebuie să fie ușor calculabile → imagini mari și numeroase





---

## □ Compresia imaginilor

- Compresie la nivel de pixel
- Compresie predictivă (bazată pe o vecinătate)
- Compresie cu transformate
- Compresie cu fractali, etc

## □ Segmentarea imaginilor

# Materiale utile

---

- ❑ <http://www.vlsi.uwindsor.ca/presentations/2007/13-Neil.pdf>
- ❑ <http://cs.bilkent.edu.tr/~saksoy/courses/cs484-Fall2017/index.html>
- ❑ <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/>
- ❑ <http://www.bzarg.com/p/how-a-kalman-filter-works-in-pictures/>
- ❑ <http://www.cs.tut.fi/~karen/Segmentation.pdf>
- ❑ <http://www.cs.tut.fi/courses/SGN-1157/>
- ❑ <http://www.cs.tut.fi/courses/SGN-3057/>