

METODE INTELIGENTE DE REZOLVARE A PROBLEMELOR REALE



Laura Dioşan
Tema 4

Procesarea imaginilor

□ De ce?

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

□ Aplicații

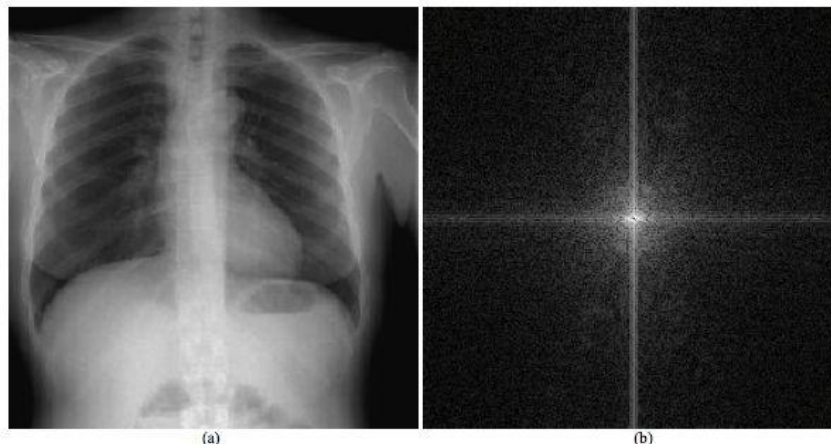
- Recunoașterea caracterelor
- Recunoașterea amprentelor
- Prelucrarea imaginilor medicale
- Prelucrarea imaginilor din satelit

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

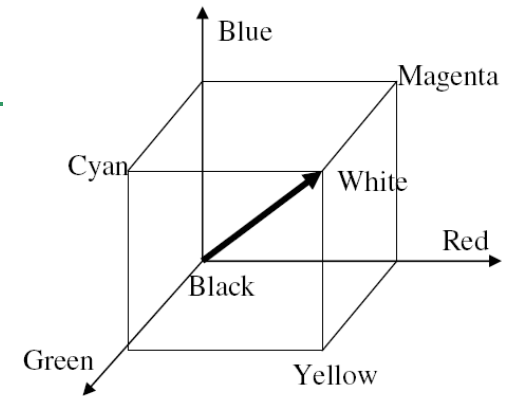
$$\begin{bmatrix} H \\ S \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\pi}{2} - \arctan \left\{ \frac{2R - G - B}{\sqrt{3}} (G - B) \right\} + \pi \\ 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min(R, G, B) \\ \frac{R + G + B}{3} \end{bmatrix}$$

■ Modelul CMY (Cyan-Magenta-Yellow)

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

■ Conversii între modele

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



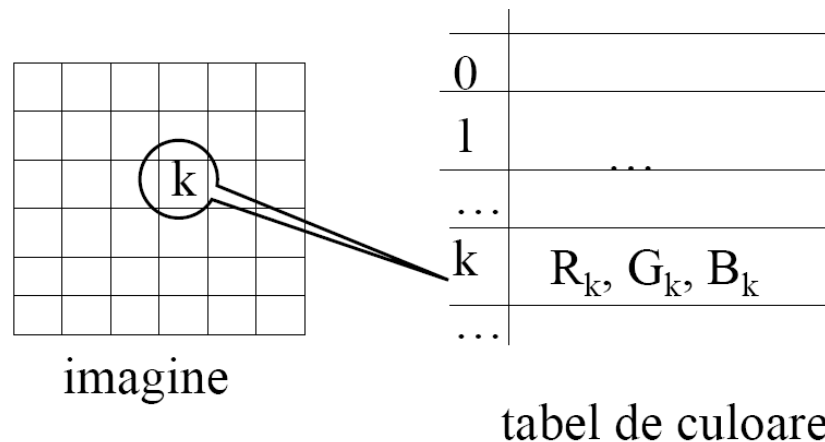
Captarea imaginilor și reprezentarea lor

– 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

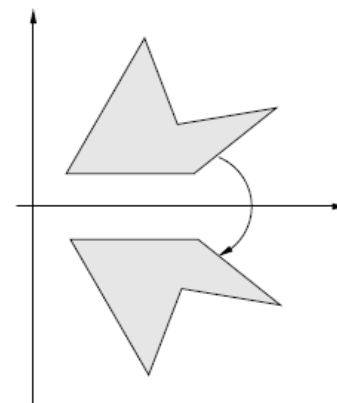
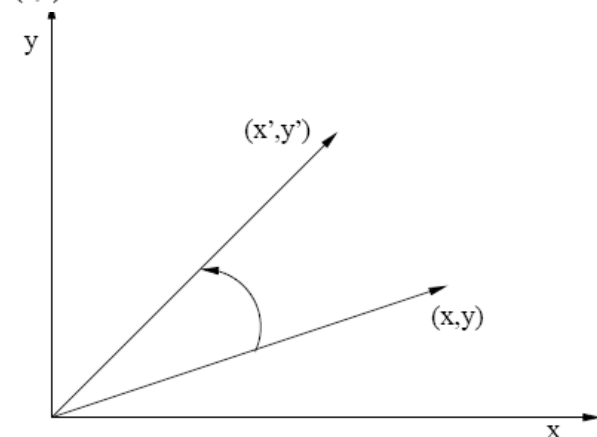
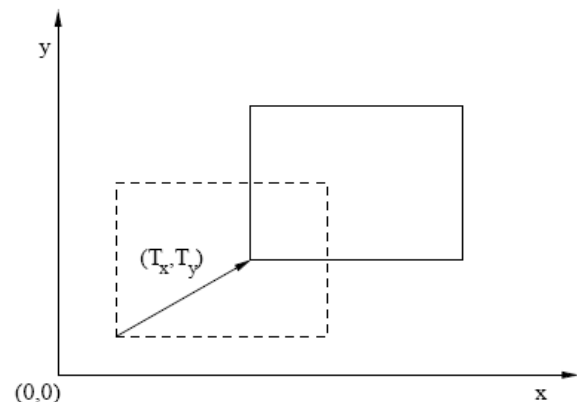
– domeniul frecvențelor

- 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 \rightarrow 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

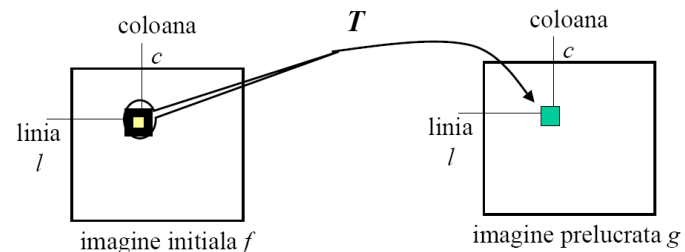
Compresie

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

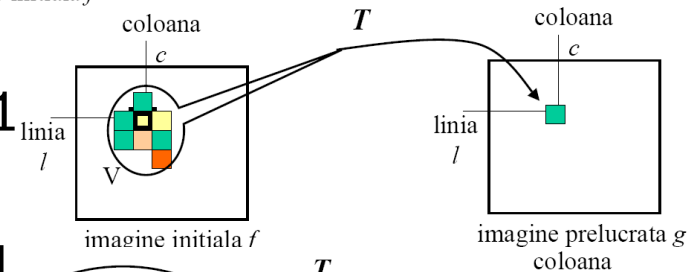
Operații de îmbunătățire

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

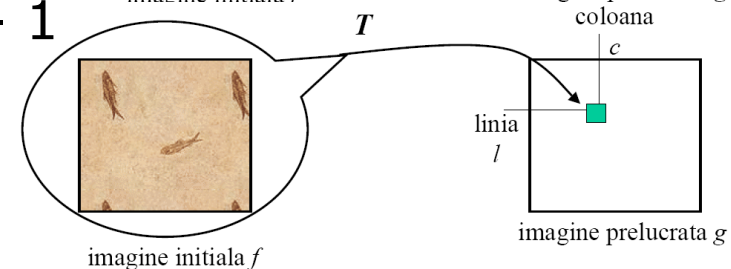
- Operații punctuale 1 – 1



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



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

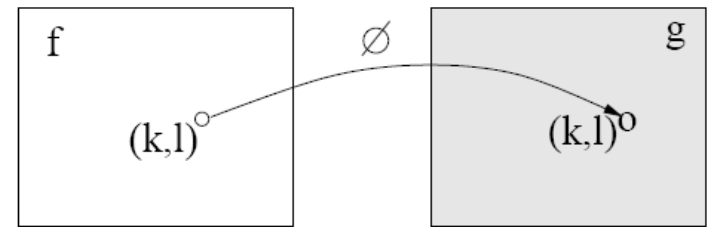


Operații de îmbunătățire

□ 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

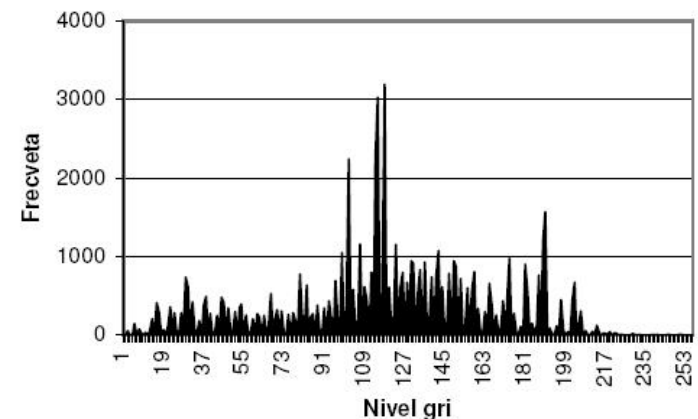
Operații de îmbunătățire

- 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

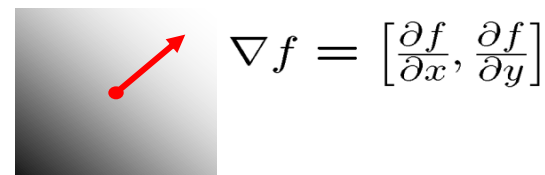
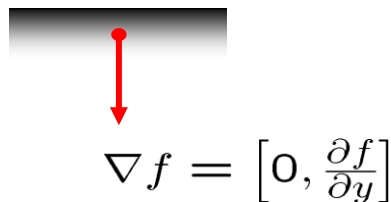
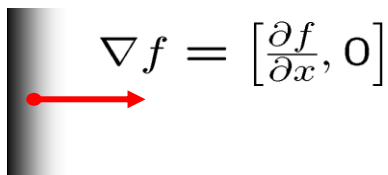
□ HOG – determinare

■ Gradientul unei imagini

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

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

- 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

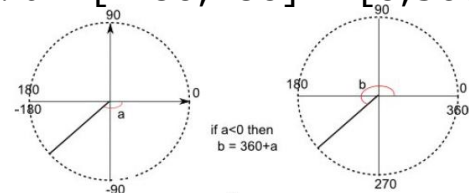
- Cum?

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

$$\text{atan2}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & x > 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & y \geq 0, x < 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & y < 0, x < 0 \\ +\frac{\pi}{2} & y > 0, x = 0 \\ -\frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \text{undefined} & y = 0, x = 0 \end{cases}$$

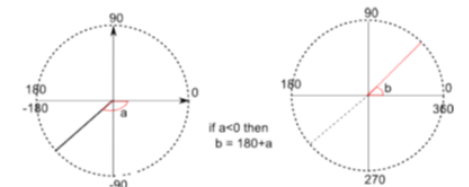
- se transformă unghiul θ din radiani în grade
 - $\alpha = \theta * 180/\pi \in [-180, 180]$
 - se determină gradientul:
 - cu semn - se translatează unghiul α din $[-180, 180]$ în $[0, 360]$

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



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

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



- 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) aceluia 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

Attribute vizuale – Generale – Culoare

□ HOG

■ Parametri

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

■ Instrumente

- OpenCV → 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

■ $C(i,j) = \text{cardinal}\{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\}$ pentru care $f(x_1, y_1) = i$ 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:

$$\mu_i = \sum_{j=1,2,\dots,K} j \sum_{i=1,2,\dots,K} C(i,j)$$

$$\mu_j = \sum_{i=1,2,\dots,K} i \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j)$$

$$\sigma_i = \sum_{j=1,2,\dots,K} (i - \mu_i)^2 \sum_{j=1,2,\dots,K} C(i,j)$$

$$\sigma_j = \sum_{i=1,2,\dots,K} (j - \mu_j)^2 \sum_{i=1,2,\dots,K} C(i,j)$$

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

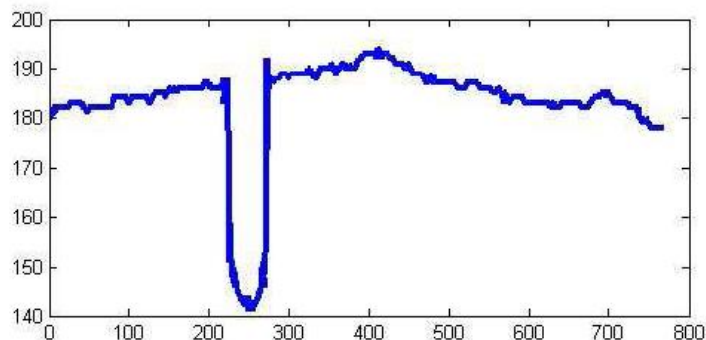
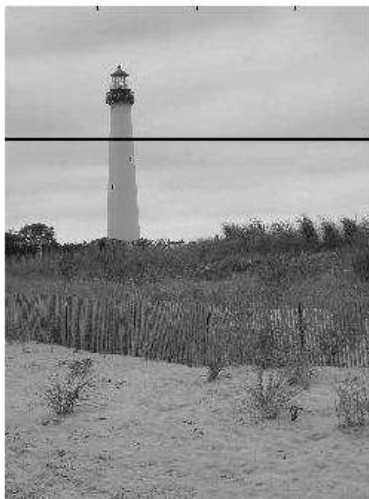
■ Contur

- 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/>