

Prelucrarea imaginilor în domeniul spațial (cont.)

Domeniul spațial se referă la mulțimea de pixeli care compun o imagine. Metodele din domeniul spațial sunt transformări care operează direct pe acești pixeli. Din punct de vedere al algoritmilor utilizați le putem împărți în:

- Operațiuni punctuale (accentuarea contrastului, reducerea zgomotului, negativarea imaginilor, etc)
- Operațiuni spațiale (filtrări spațiale sau procesarea cu măști)

Operațiuni spațiale (bazele filtrării spațiale)

1. Considerații generale

Spre deosebire de operațiunile punctuale, operațiunile spațiale se realizează asupra pixelilor dintr-o vecinătate din imaginea inițială și o subimagine de aceeași dimensiune cu vecinătatea aleasă. Imaginea este numită filtru, mască, nucleu, fereastră. Valorile filtrului se numesc coeficienți sau ponderi. Operațiile de filtrare care se aplică direct asupra pixelilor se mai numesc filtrări spațiale, pentru a le deosebi de tehnicile Fourier care sunt referite ca filtrări în domeniul frecvențelor.

2. Filtre liniare (de convoluție)

Considerăm o filtrare liniară cu un filtru (o mască) de dimensiune 3x3 cu ponderile (coeficienții) $w(s,t)$ și imaginea dată prin $f(x,y)$.

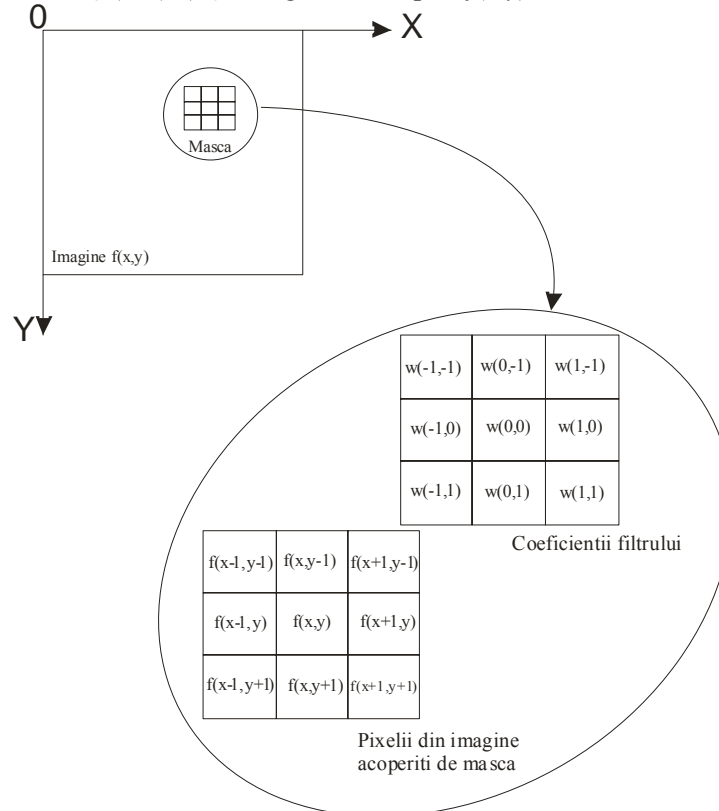


Fig. 1 Mecanismul aplicării unei măști (filtrare spațială)

Prelucrarea Imaginilor - Laborator 4

Dacă imaginea (filtrată) o notăm cu $g(x,y)$:

$$\begin{aligned} g(x,y) = & w(-1,-1)f(x-1,y-1) + w(0,-1)f(x,y-1) + w(1,-1)f(x+1,y-1) + \\ & w(-1,0)f(x-1,y) + w(0,0)f(x,y) + w(0,1)f(x,y+1) + \\ & w(-1,1)f(x-1,y+1) + w(0,1)f(x,y+1) + w(1,1)f(x+1,y+1) \end{aligned} \quad (1)$$

Se observă că masca este centrată în pixelul (x,y) , pentru care se calculează ieșirea $g(x,y)$, acesta fiind motivul pentru care se lucrează cu măști de dimensiune impară.

În general, filtrarea liniară a unei imagini de dimensiune $M \times N$ cu o mască $m \times n$ este dată de:

$$\begin{aligned} g(x,y) &= \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t)f(x+s,y+t) \quad (2) \\ a &= \frac{m-1}{2}, \quad b = \frac{n-1}{2}, \quad x = \overline{0, M-1}, \quad y = \overline{0, N-1} \end{aligned}$$

Relația (2) este de fapt o relație de *convoluție*. Valoarea pixelului curent este înlocuită cu produsul de convoluție dintre vecinătatea pixelului curent și masca de convoluție.

Obs: pentru simplitate relația (2) se scrie uneori sub forma:

$$g(x,y) = \sum_{i=0}^{mn-1} w_i z_i \quad (3)$$

cu z_i - valoarea pixelului corespunzător din imaginea inițială și w_i - ponderile filtrului.

De exemplu, pentru o mască $m \times n$, ponderile sunt numerotate astfel:

w0	w1	w2
w3	w4	w5
w6	w7	w8

Obs: Relația (2) se aplică și sub forma dată atunci când o mască de dimensiune $n \times n$ are centrul la cel puțin $\frac{n-1}{2}$ de marginile imaginii. În acest fel imaginea rezultată este mai mică decât cea inițială. Dacă se dorește să fie de aceeași dimensiune putem procesa pixelii de pe margine cu o mască parțială sau putem extinde imaginea originală prin simpla copiere a liniilor sau a coloanelor.

3. Filtre liniare de netezire

Filtre liniare de netezire înlocuiesc valoarea pixelului curent cu o medie a vecinilor lui. Ele sunt numite de netezire (smoothing) deoarece netezesc detaliile (variațiile bruște ale intensității dintre pixelii vecini) – adică frecvențele înalte. Din acest motiv sunt numite și filtre trece-jos (taie frecvențele înalte (detaliile) din imagine).

Să presupunem că o imagine este afectată de un zgomot $\eta(x, y)$ a cărui medie este nulă. Imaginea de intrare va fi $f(x, y) + \eta(x, y)$.

Prin introducerea în relația (2), obținem:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) + \bar{\eta}(x, y) \quad (4)$$

$\bar{\eta}(x, y)$ - este dependentă de dimensiunea ferestrei (măștii).

Cu cât dimensiunea este mai mare cu atât $\bar{\eta} \rightarrow 0$.

Exemple de filtre de mediere:

- filtre medie aritmetică

$$g(x, y) = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f(x + s, y + t) \quad (5)$$

Pentru $m = n = 3 \Rightarrow$ masca:

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Poate fi folosit pentru zgomot gaussian și zgomot uniform.

- filtre cu medie ponderată - filtrul gaussian

Este filtrul cel mai potrivit pentru eliminarea zgomotului gaussian. Ponderea pixelilor se reduce odată cu creșterea distanței față de pixelul central.

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f(x + s, y + t) \cdot e^{-\frac{s^2+t^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

Filtrarea este cu atât mai puternică cu cât valoarea deviației standard σ și dimensiunea măștii este mai mică. Pentru dimensiunea 3x3, aplicarea acestui filtru se poate face cu masca:

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Prelucrarea Imaginilor - Laborator 4

Concluzie:

Filtrele de mediere se folosesc în special la estomparea (blur) obiectelor mici pentru a putea izola obiectele mari care ne interesează. Intensitatea obiectelor mici se amestecă cu fondul și astfel obiectele mari sunt mult mai ușor de detectat. Dimensiunea măștii se alege în funcție de dimensiunea obiectelor care dorim să fie amestecate cu fondul.

Aplicații

Implementați în aplicația **ACPI** următoarele operații:

1. **Convoluția unei imagini cu un filtru dat. Testați efectele următoarelor filtre asupra imaginilor puse la dispoziție în subdirectorul /Images/ al aplicației:**

a) filtru pentru netezire (blur) - se utilizează media dintre valoarea pixelului curent și valorile a 4 pixeli vecini:

```
double filter[filterWidth][filterHeight] =
{
    0.0, 0.2, 0.0,
    0.2, 0.2, 0.2,
    0.0, 0.2, 0.0
};
```

Cu un filtru de dimensiune mai mare se poate obține mai multă netezire:

```
double filter[filterWidth][filterHeight] =
{
    0, 0, 1, 0, 0,
    0, 1, 1, 1, 0,
    1, 1, 1, 1, 1,
    0, 1, 1, 1, 0,
    0, 0, 1, 0, 0,
};

double factor = 1.0 / 13.0;
```

b) pentru netezire după o direcție (motion blur)

```
double filter[filterWidth][filterHeight] =
{
    1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1,
};
```

Prelucrarea Imaginilor - Laborator 4

```
double factor = 1.0 / 9.0;
```

Observații:

Există câteva reguli pentru filtrele de convoluție:

- dimensiunea filtrului trebuie să fie impară, astfel încât să aibă un centru;
- nu este obligatoriu, dar suma tuturor elementelor filtrului trebuie să fie 1 dacă se dorește ca imaginea filtrată să aibă aceeași luminozitate cu cea inițială;
- dacă suma elementelor filtrului este mai mare decât 1, rezultatul va fi o imagine mai luminoasă, iar dacă este mai mică decât 1, o imagine mai întunecată. Dacă suma este 0, imaginea rezultată nu este neapărat complet neagră, înșă va fi foarte întunecată.

Orice imagine are dimensiuni finite, iar dacă se dorește calcularea unui pixel de pe prima coloană, pentru convoluție sunt necesari pixeli de la stânga acestuia, deși aceștia nu există. Se pot folosi fie valori de 0, sau se poate trece de cealaltă parte a imaginii, lucru care se poate realiza folosind împărțirea modulo dimensiunea imaginii.

Pixelii rezultați în urma aplicării filtrului pot avea valori negative sau mai mari de 255. În aceste cazuri, se poate utiliza o trunchiere astfel încât valorile mai mici decât 0 să devină 0 iar cele mai mari decât 255 să devină 255. Pentru valorile negative se poate de asemenea folosi valoarea absolută.

2. Eliminarea zgomotului

Implementați funcțiile specifice aplicării următoarelor filtre spațiale:

- filtre liniare de mediere
 - filtrul medie aritmetică
 - filtrul gaussian (medie ponderată)

Folosiți aceste filtre pentru eliminarea zgomotului din următoarele imagini:

- cu zgomot uniform (*Fig5.03_zgomotUniform.jpg*)
- cu zgomot gaussian (*Fig5.03_zgomotGaussian.jpg*)
- cu zgomot sare și piper (*Fig5.03_zgomotSarePiper.jpg*)

Pentru fiecare tip de imagine cu zgomot folosiți filtrele de mai sus pentru a reduce zgomotul. Bazându-vă pe observațiile voastre găsiți cel mai bun filtru pentru reducerea fiecărui tip de zgomot.