FILTRAREA ADAPTIVA IMAGINILOR

C. VERTAN

De ce adaptiv ?

mediere
aritmetica

detalii, contururi
afectate

Medierea nu ar trebui aplicata in zonele de contur sau cu multe detalii.

Adaptare

Adaptare = modificarea parametrilor de definitie a unei prelucrari in functie de conditiile locale (din jurul punctului curent prelucrat), pentru fiecare pozitie din imaginea de prelucrat.

Potential putem obtine ca urmare a adaptarii **cate un filtru diferit pentru fiecare pixel din imagine**, pornind de la o aceeasi structura de filtrare de baza.

Adaptarea impune existenta unui mod de masurare cantitativa, obiectiva, a efectelor de prelucrare (dorite sau nedorite) induse in imagine in functie de parametrii ce definesc filtrele.

Deducerea parametrilor filtrelor se fac prin minimizarea unor masuri de tip eroare.

Ce se poate schimba la un filtru ?

Vecinatate (forma ferestrei de filtrare).

Coeficientii (ponderile) corespunzatoare functiei de combinare a valorilor.

Orice s-ar modifica in filtru de la o pozitie la alta, prelucrarea globala rezultata nu mai este invarianta spatial, si deci va fi neliniara.

Adaptarea formei ferestrei de filtrare (vecinatatii)

Adaptarea formei ferestrei de filtrare

Filtrarea de netezire este evaluata prin diferentele introduse fata de imaginea care se filtreaza; daca diferentele dintre imaginea filtrata si cea dinainte de filtrare sunt prea mari este posibil ca filtrul de netezire sa fi incetosat contururi din imagine.

Presupunerea colaterala este ca zgomotul este mai slab decat contururile imaginii si variatiile datorate zgomotului sunt mai mici decat variatiile dintre valorile regiunilor alaturate.

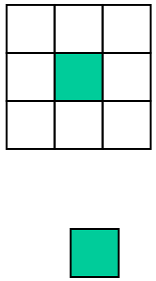
Implementarea acestei categorii de filtre foloseste un “comutator” a mai multe valori posibile de dupa filtrare, corespunzand unor praguri de acceptare a variatiilor.

Adaptarea formei ferestrei de filtrare

1. Comutare mediere/ trece-tot

Fie *f* imaginea zgomotoasa si *g* imaginea filtrata.

$$g(l,c)=\begin{cases}\overline{f(l,c)}, \text{daca} \left| f(l,c)-\overline{f(l,c)} \right| < T \\ f(l,c), \text{altfel}\end{cases}$$



Valoarea noua a unui pixel este media aritmetica a valorilor din vecinatatea sa numai daca aceasta valoare nu este prea diferita de valoarea initiala.

Echivalent, putem spune ca comutarea se face intre un filtru de mediere cu **vecinatate *V*** si un filtru de mediere cu vecinatate formata doar din **punctul curent prelucrat**.

Exemplu

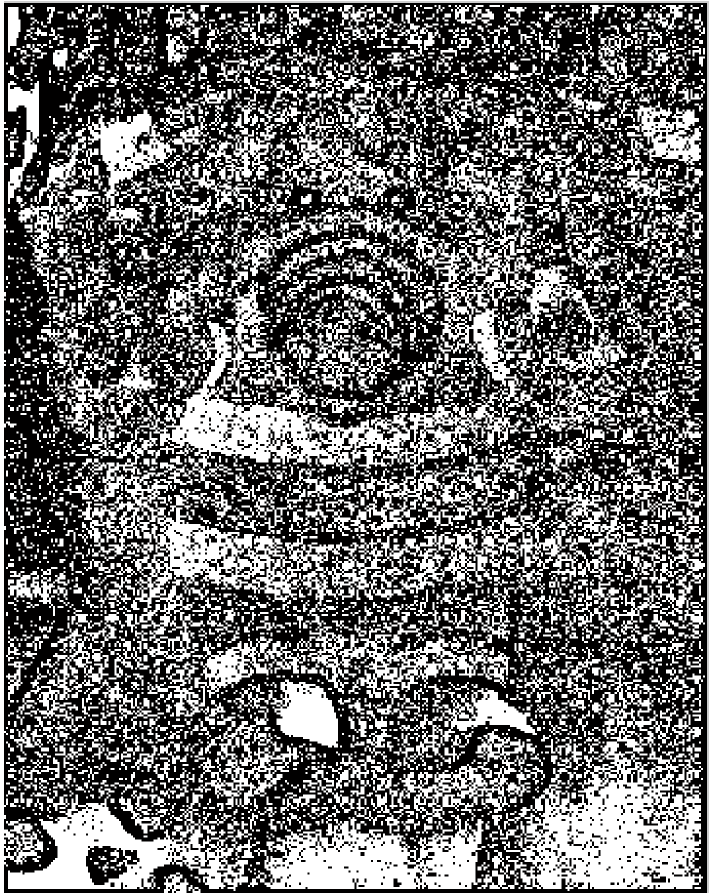
filtru mediere
SNR = 21.5 dB

imagine cu zgomot
SNR = 17.3 dB

filtru adaptiv
SNR = 19 dB

T = 13
se folosesc 50% din pixelii filtrati

rezultatul filtrarii



puncte in care se foloseste medierea

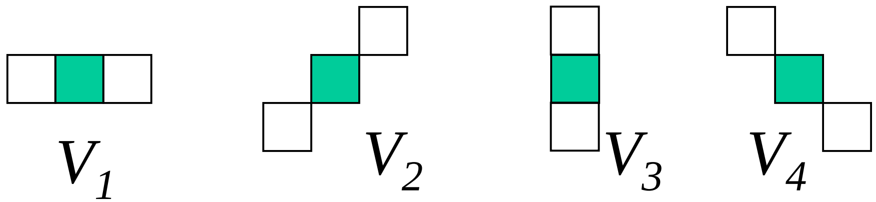
Adaptarea formei ferestrei de filtrare

2. Filtre liniare orientate

Se foloseste un set de vecinatati orientate dupa diferite directii.

Fie g_i rezultatul filtrarii dupa vecinatatea V_i, orientata pe directia θ_i.

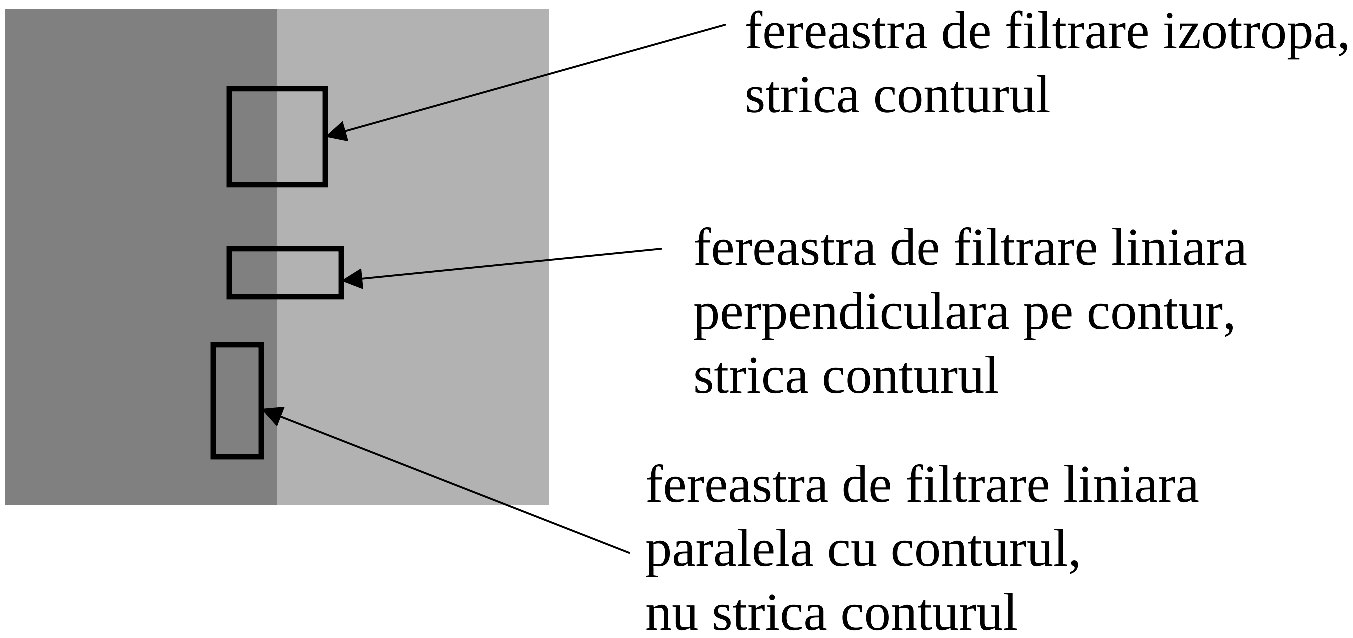
Ex.



$$g(l,c) = g_k(l,c), \text{unde } k = \arg\min_i \left\{ \left| f(l,c) - g_i(l,c) \right| \right\}$$

θ_k este directia dupa care netzirea este cea mai “moale”, introducand diferente minime fata de imaginea de prelucrat

In mod ideal fereastra de filtrare de netezire trebuie sa fie paralela cu conturul local, astfel incat sa selecteze valori situate din interiorul unei singure regiuni.



Exemplu

filtru mediere
SNR = 21.5 dB

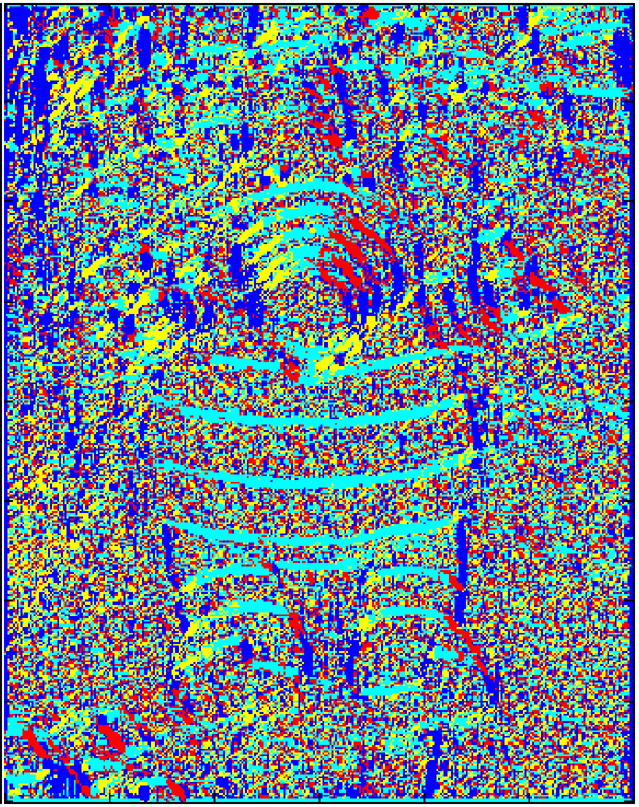
imagine cu zgomot
SNR = 17.3 dB

filtru adaptiv

SNR = 19.9 dB

original zgomotos

filtrat

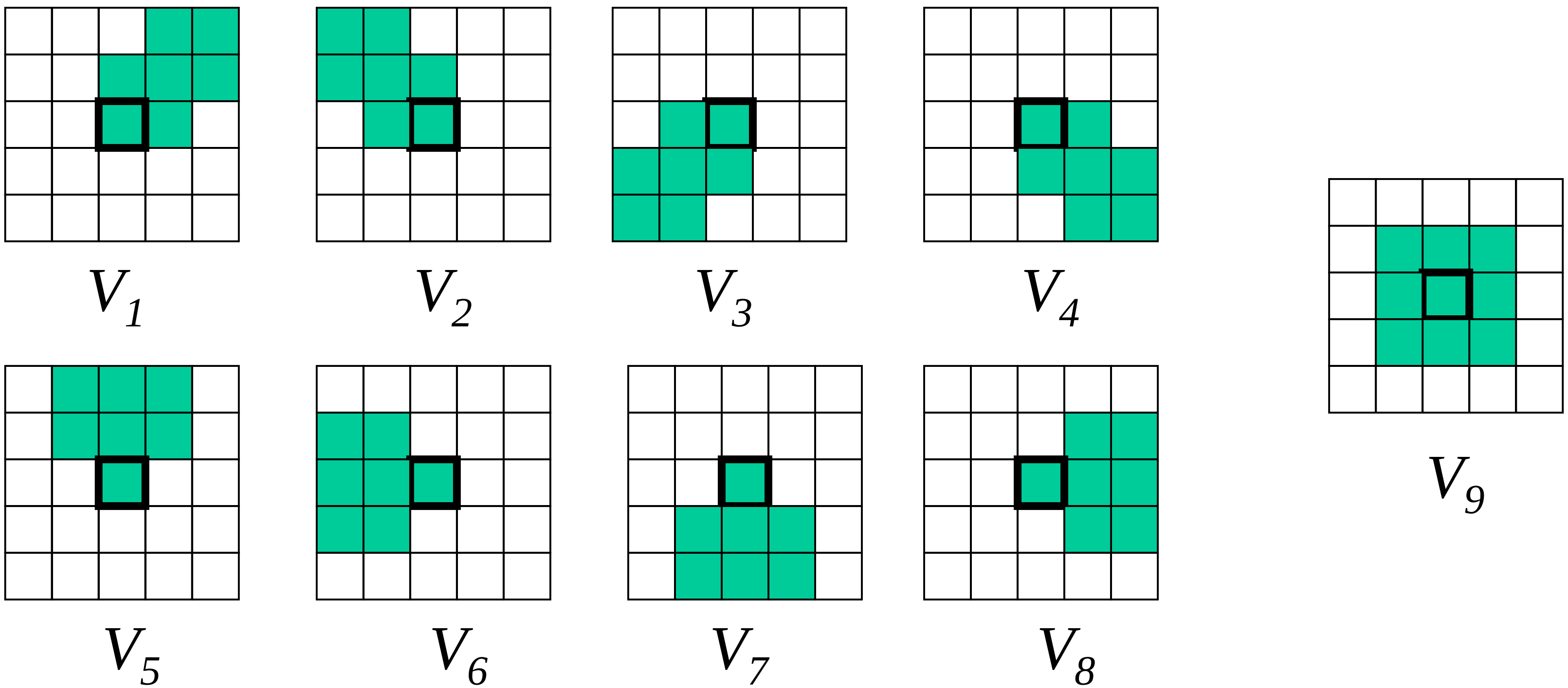


harta de orientari

Adaptarea formei ferestrei de filtrare

3. Filtrul Nagao

Se foloseste un set de vecinatati orientate dupa diferite directii.



Adaptarea formei ferestrei de filtrare

3. Filtrul Nagao

Fie g_i rezultatul filtrarii dupa vecinatatea V_i.

Fie σ^2_i varianta valorilor din vecinatatea V_i.

$$g(l,c) = g_k(l,c), \text{ unde } k = \arg\min_i \left\{\sigma_i^2\right\}$$

V_k este vecinatatea pentru care netzirea este cea mai "moale", introducand diferente minime fata de imaginea de prelucrat, pentru ca este vecinatatea cea mai uniforma (in care valorile selectate sunt cele mai similare intre ele).

Adaptarea coeficientilor (parametrilor) functiilor de combinare a valorilor

Adaptarea filtrelor liniare

Modificarea coeficientilor filtrului in functie de valorile imaginii, in fiecare punct (deci in fiecare pixel operatia de prelucrare va fi realizata de un filtru potential diferit).

Urmareste reducerea efectului de *blur* in zonele de contur.

Exemplu clasic : filtrul Lee
(LLMMSE - Locally Linear Minimal Mean Squared Error)

Idee : imaginea filtrata se construieste ca o combinatie liniara convexa a imaginii originale (dar posibil degradate) si a imaginii obtinute prin medierea aritmetica in fiecare pixel a valorilor din imaginea originala.

$$g = \alpha \overline{f} + (1 - \alpha) f$$

Filtrul Lee LLMMSE

$$g = \alpha \overline{f} + (1-\alpha) f$$

zgomot alb, aditiv, necorelat cu imaginea

$$f = f_0 + z \qquad \overline{z} = 0, \ \overline{f_0 z} = 0$$

$$g = \alpha \overline{f_0 + z} + (1-\alpha)(f_0 + z) = \alpha \overline{f_0} + (1-\alpha)(f_0 + z)$$

Eroarea de aproximare a imaginii corecte f_0 prin imaginea filtrata g :

$$\varepsilon = f_0 - g = \alpha(f_0 - \overline{f_0}) - (1-\alpha) z$$

Eroarea patratica medie va fi :

$$\overline{\varepsilon^2} = \overline{\left(\alpha(f_0 - \overline{f_0}) - (1-\alpha) z\right)^2}$$

$$\overline{\varepsilon^2} = \alpha^2 \overline{(f_0 - \overline{f_0})^2} + (1-\alpha)^2 \overline{z^2} - 2\alpha(1-\alpha)(f_0 - \overline{f_0}) z$$

$$\overline{\varepsilon^2} = \alpha^2 \sigma_{f_0}^2 + (1-\alpha)^2 \sigma_z^2$$

Filtrul Lee LLMSE

Minimizarea erorii patratice medii inseamna :

$$\frac{\partial \overline{\varepsilon^2}}{\partial \alpha} = 0$$

$$\frac{\partial \overline{\varepsilon^2}}{\partial \alpha} = 2\alpha\sigma_{f_0}^2 - 2(1-\alpha)\sigma_z^2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_{f_0}^2 + \sigma_z^2}$$

Dar $f = f_0 + z \quad \Rightarrow \quad \sigma_f^2 = \sigma_{f_0}^2 + \sigma_z^2$

Atunci, echivalent, putem scrie : $\alpha = \dfrac{\sigma_z^2}{\sigma_f^2}$

$$g = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_f^2}\overline{f} + \left(1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_f^2}\right)f$$

Filtrul Lee LLMMSE

$$g = \alpha \bar{f} + (1-\alpha) f$$

$$\alpha = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_{f_0}^2 + \sigma_z^2} = \frac{\sigma_z^2}{\sigma_f^2}$$

Cazuri limita :

I. $\sigma_z^2 = 0 \Longrightarrow \alpha = 0 \Longrightarrow g = f$

$\sigma_z^2 \ll \sigma_f^2$

In zonele fara zgomot sau in zonele de contur filtrul este trece-tot

II. $\sigma_z^2 \gg \sigma_f^2 \Rightarrow \sigma_z^2 \gg \sigma_{f_0}^2 \Rightarrow \alpha = 1 \Longrightarrow g = \bar{f}$

In zonele cu zgomot mare sau in zonele uniforme filtrul este trece-jos (mediere)

Filtrul Lee LLMMSE : Exemplu

orig. | zg. gauss.

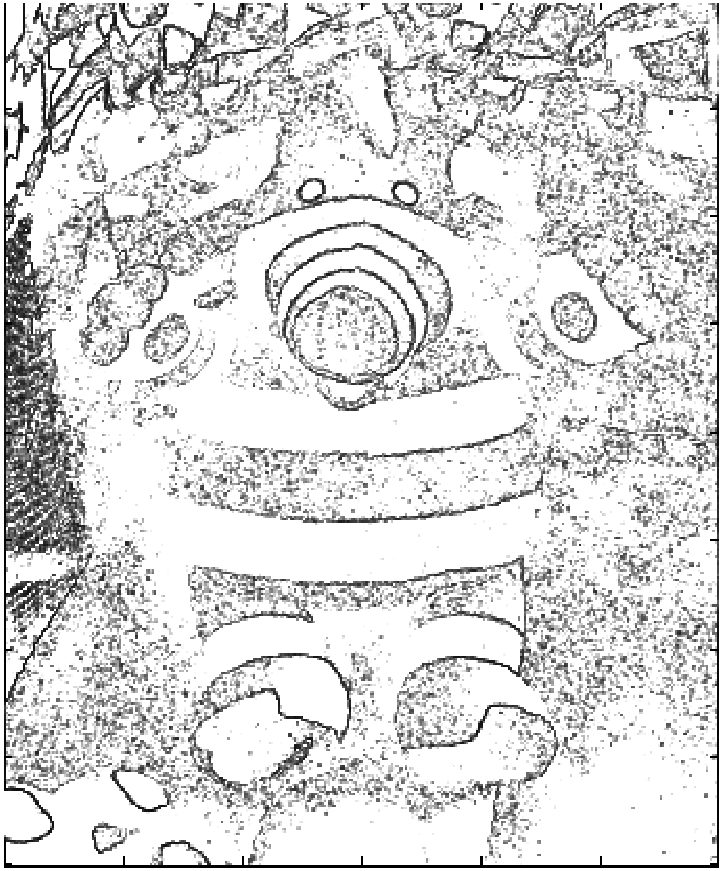
medie | LLMMSE

C. VERTAN

original zgomotos

filtrare in fereastra 3 x 3

alpha



fereastra 3 x 3

fereastra 5 x 5

Filtrul Lee cu fereastra dubla

La filtrul Lee simplu trebuie cunoscuta puterea zgomotului aditiv care afecteaza imaginea.

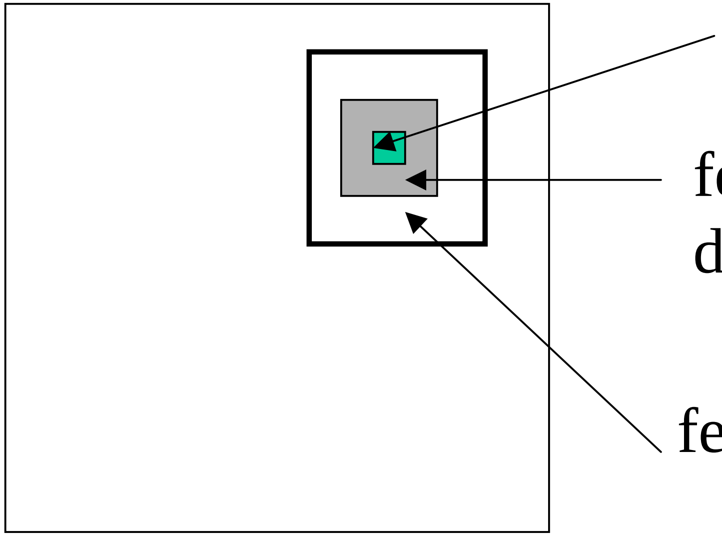
Idee: folosim pentru fiecare pixel din imagine doua ferestre de prelucrare

o fereastra de dimensiune mica, in care estimam zgomotul

o fereastra de dimensiune mai mare, in care se realizeaza prelucrarea de tip Lee standard

presupunem ca pe zona selectata de fereastra imaginea este in mod ideal constanta (egala cu media valorilor din vecinatate) iar variatiile ce apar sunt induse numai de zgomotul aditiv.

Filtrul Lee cu fereastra dubla



Filtrul Biliniar

ponderile asociate punctelor din masca sunt calculate prin suprapunerea unei ponderari gaussiene spatiale si a unei ponderari gaussine a valorilor

adaptarea vine din ponderarea valorilor

ponderea unui punct va fi cu atat mai mare cu cat:

- este situat mai aproape de centrul ferestrei de filtrare
- are o valoare mai similara cu valoare pixelului curent

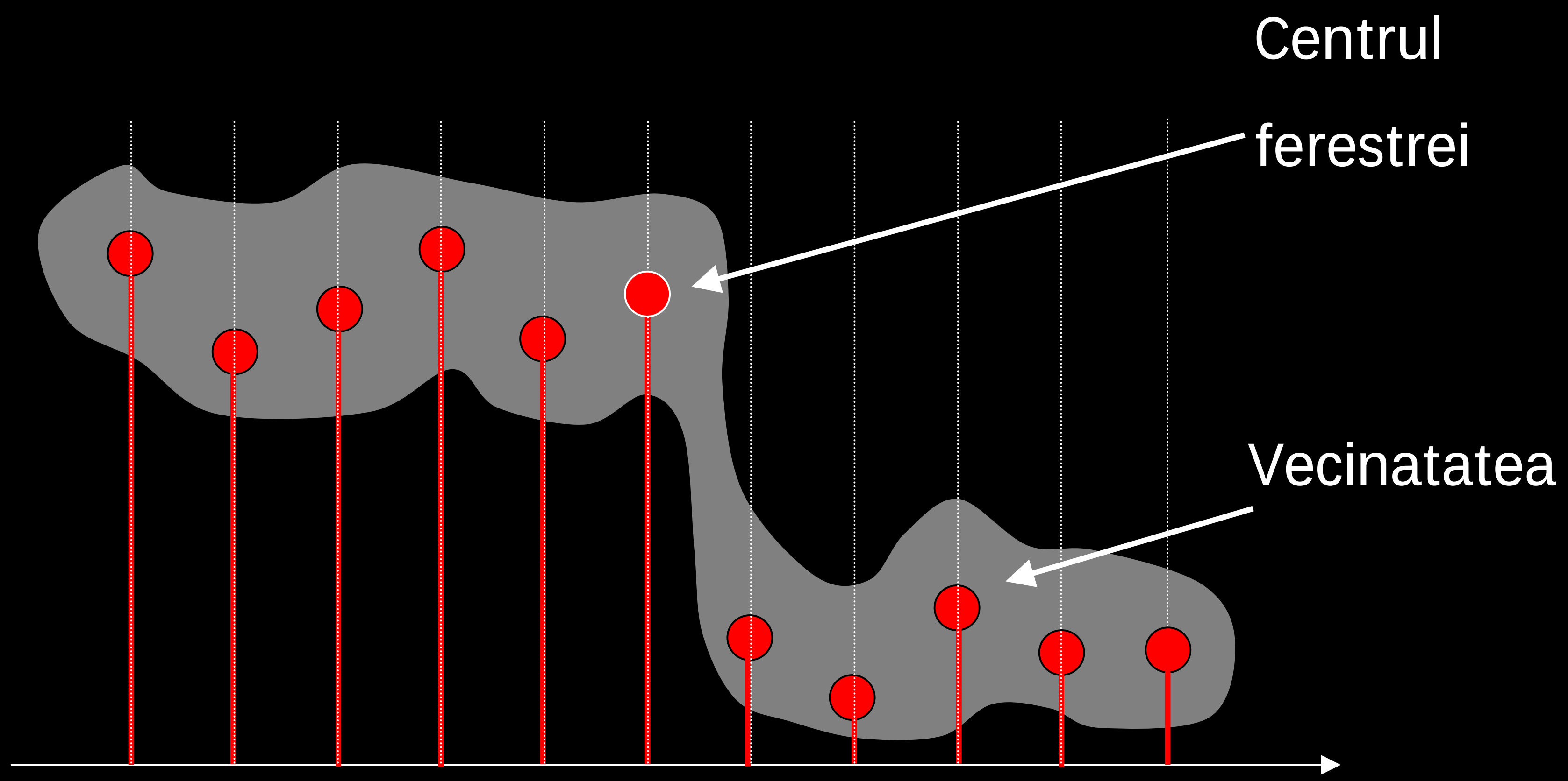
in fiecare pozitie, ponderile ferestrei respecta conditia de normare de netezire

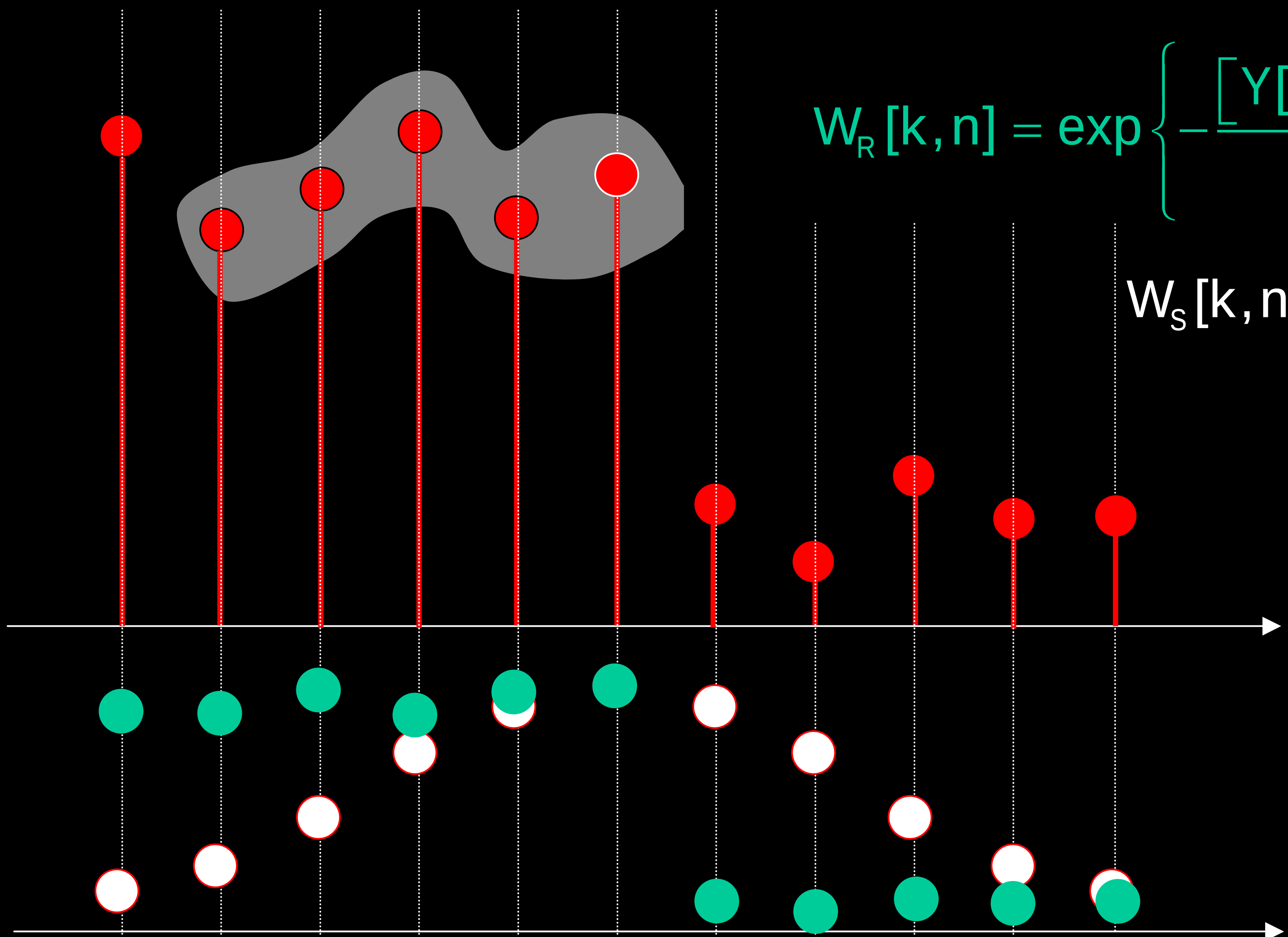
$$g(l,c)=\sum_{(m,n)\in V} w_{mn}(l,c)f(l-m,c-n),\ \text{cu } w_{mn}(l,c)\in\mathbb{R}.$$

$$w_{mn}(l,c)=w_{pos,mn}(l,c)\times w_{val,mn}(l,c)/\sum_{(i,j)\in V} w_{pos,ij}(l,c)\times w_{val,ij}(l,c);$$

$$w_{pos,mn}(l,c)=\frac{1}{\sigma_{pos}\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{m^2+n^2}{2\sigma_{pos}^2}\right);$$

$$w_{val,mn}(l,c)=\frac{1}{\sigma_{val}\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(f(l-m,c-n)-f(l,c))^2}{2\sigma_{val}^2}\right);$$


Centrul
ferestrei
Vecinatatea



$$W_R[k,n] = \exp\left\{-\frac{\left[Y[k]-Y[k-n]\right]^2}{2\sigma_R^2}\right\}$$

$$W_S[k,n] = \exp\left\{-\frac{n^2}{2\sigma_S^2}\right\}$$

bilateral 11 x 11
sigma_s = 7
sigma_v = 100

bilateral 11 x 11
sigma_s = 2
sigma_v = 100

medie 11 x 11

bilateral 11 x 11
sigma_s = 2
sigma_v = 300

bilateral 11 x 11
sigma_s = 2
sigma_v = 100

medie 11 x 11

Adaptarea filtrelor intrinsec neliniare

Filtrul de ordine

Determinarea automata a rangului statisticii de ordine ce va fi folosita ca iesire a filtrului de ordonare.

[Zamperoni] Daca filtrul de ordine are o fereastra de filtrare cu K elemente, ordinul statisticii este:

$$j = \left[\frac{1}{2} + \sum_{i=1}^{K} \frac{x_{(i)} - x_{(1)}}{x_{(K)} - x_{(1)}} \right]$$

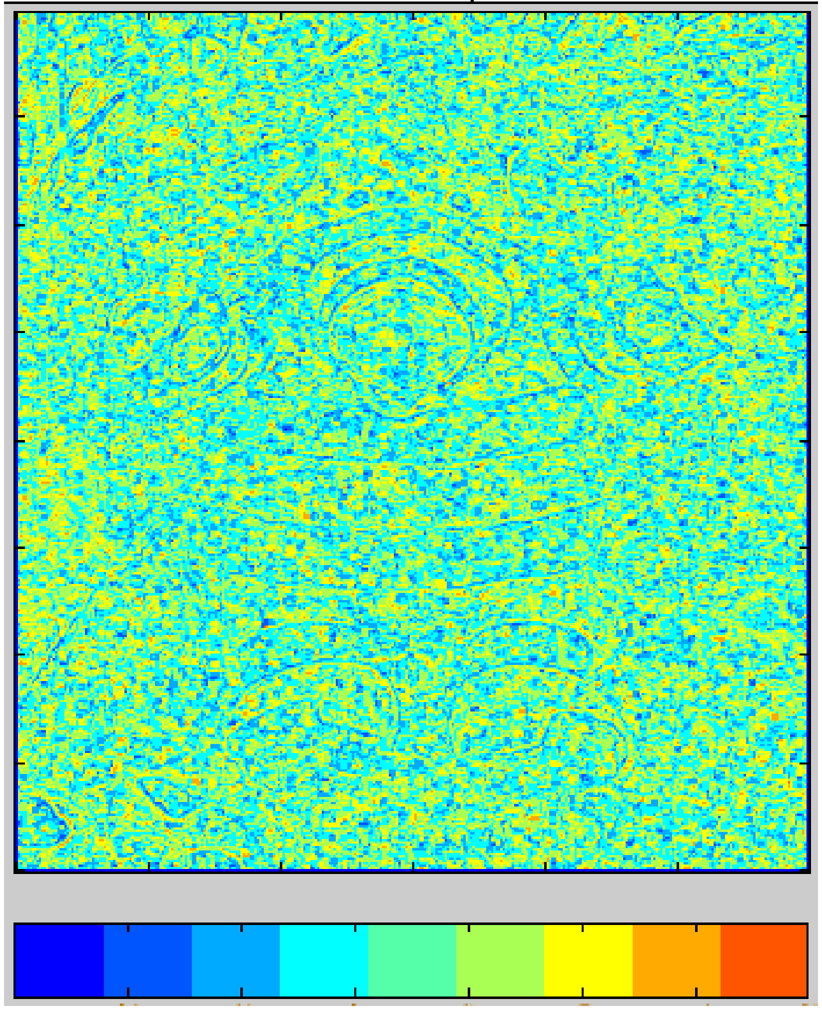
$$g(l,c) = rank_j \{x_1, x_2, \ldots, x_K\}$$

Exemplu

$$j = \left[\frac{1}{2} + \sum_{i=1}^{K} \frac{x_{(i)} - x_{(1)}}{x_{(K)} - x_{(1)}} \right]$$

Echivalent :

$$j = \left[\frac{1}{2} + \frac{\sum_{i=1}^{K} x_i - K \min\{x_i\}}{\max\{x_i\} - \min\{x_i\}} \right]$$



Accentuare : Extreme locale

$$g(l,c)=\begin{cases} x_{(K)}, \text{daca } f(l,c)\geq \dfrac{x_{(K)}+x_{(1)}}{2} \\ x_{(1)}, \text{altfel} \end{cases}$$