Képfeldolgozó eljárások áttekintés

Orvosi képdiagnosztika

9. ea. 2015 ősz

Tartalomjegyzék

- **Képmanipulációs eljárások**
  - Képjavítás (kontraszt módosítás, intenzitásviszonyok módosítása-hisztogram módosítás, zajszűrés)
- **Képelemzés**
  - Éldetektálás (szűréssel, gradiens, második derivált meghatározással, Canny, stb)
  - Képszegmentálás
    - Egyszerű eljárások
      - Hisztogram (képintenzitás) alapján, textura alapján
      - régió növesztés, watershed eljárás
      - Élek, kontúrok alapján
      - Pixelértékek alapján (klaszterezés, osztályozás)
    - Komplex eljárások
      - Transzformációs eljárások: Hough transzformáció,
      - szegmentálás deformálható modellekkel: ASM, AAM, deformálható Fourier transzformáció
      - szegmentálás deformálható modellekkel: parametrikus. Snake,
      - szegmentálás deformálható modellekkel Geometriai: Level set módszer
      - Komplex eljárások:, edge flow, stb,
  - Morfológiai műveletek

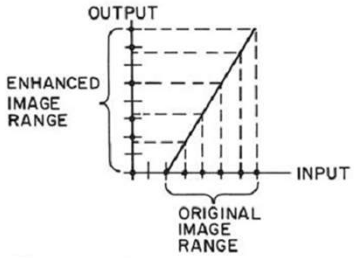
Képjavítás

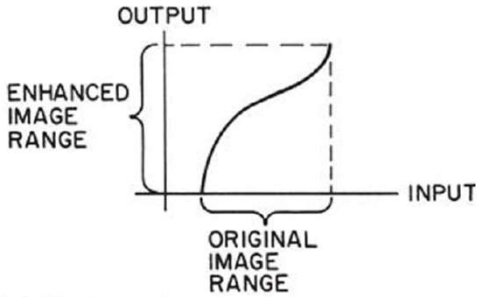
Cél: a kép vizuális megjelenésének javítása. Alapvetően az emberi szem számára javítunk a kép megjelenésén, de segíti a gépi képelemzést is.

Tipikus képjavítási eljárások:

- Kontraszt módosítás
- Intenzitásviszonyok módosítása
- Szűrések:
  - lineáris szűrések,
  - nemlineáris szűrések:
    - homomorfikus feldolgozás
    - order statistics filters: median, rank és ezek variánsai.
- Élek kiemelése,
- Zajok mérséklése

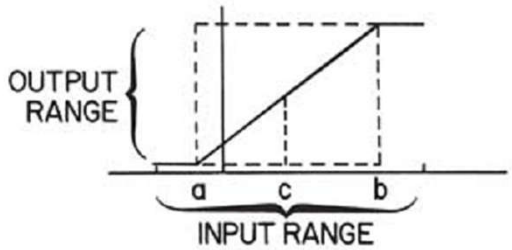
Kontraszt javítás



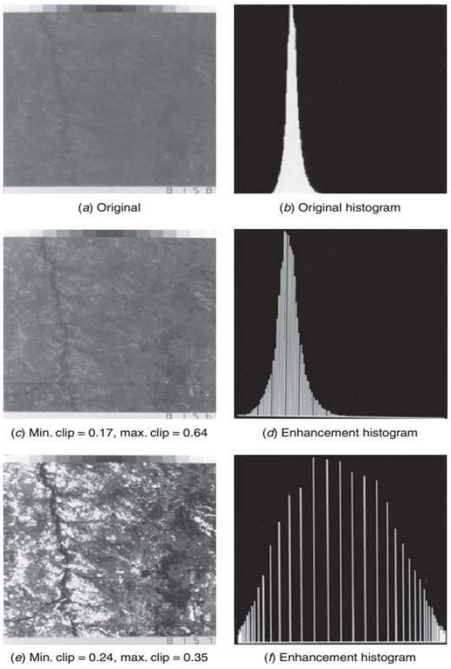


- Az intenzitástartomány és az intenzitásviszonyok megváltoztatása
  - lineáris vagy nemlineáris módosítás

Kontraszt javítás



Window-level transzformáció
ablak: a lineáris meredek szakasz tartománya,
Level: a lineáris szakasz középső pontja



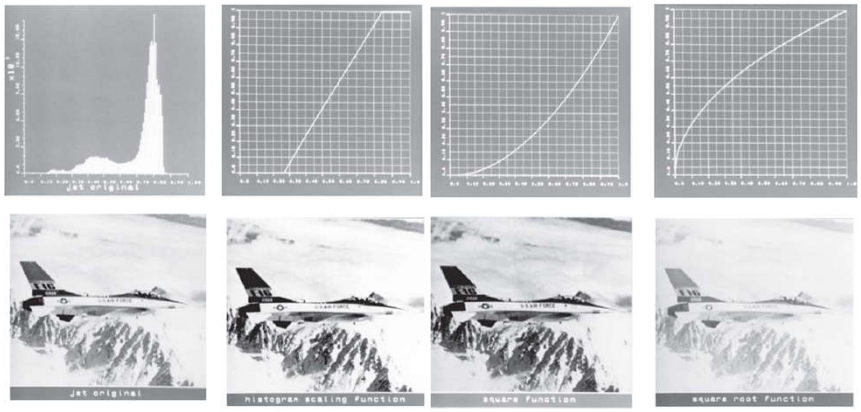
(*a*) Original (*b*) Original histogram

(*c*) Min. clip = 0.17, max. clip = 0.64 (*d*) Enhancement histogram

(*e*) Min. clip = 0.24, max. clip = 0.35 (*f*) Enhancement histogram

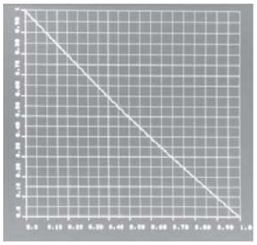
A hisztogram széthúzása

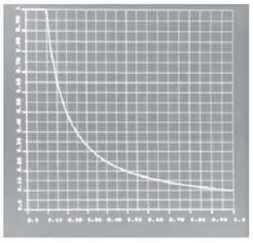
Kontraszt javítás



$$G(j,k) = [F(j,k)]^p$$

Kontraszt javítás



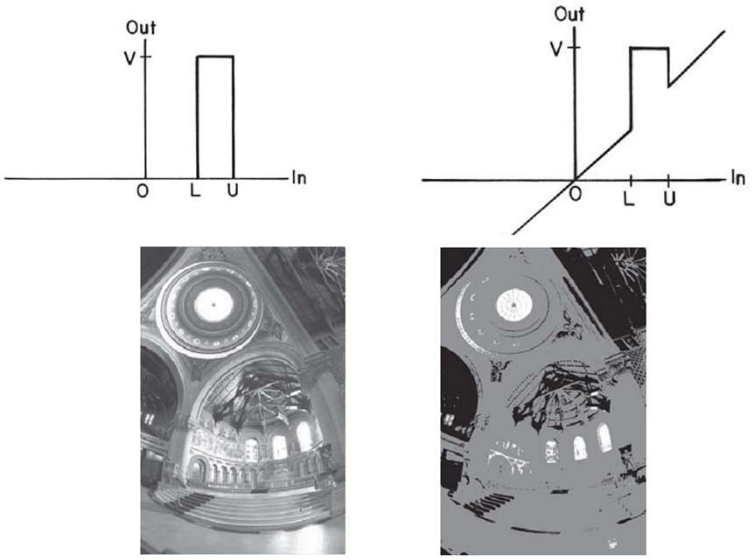


$G(j, k) = 1.0 - F(j, k)$

$G(j, k) = 1.0$ for $0.0 \le F(j, k) < 0.1$

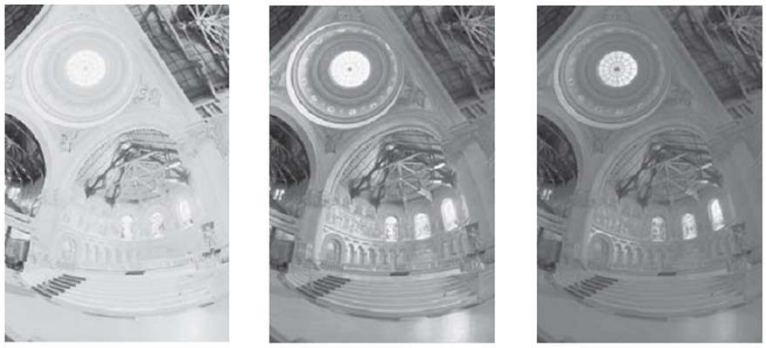
$G(j, k) = \dfrac{0.1}{F(j, k)}$ for $0.1 \le F(j, k) \le 1.0$

Dinamika tartomány módosítása



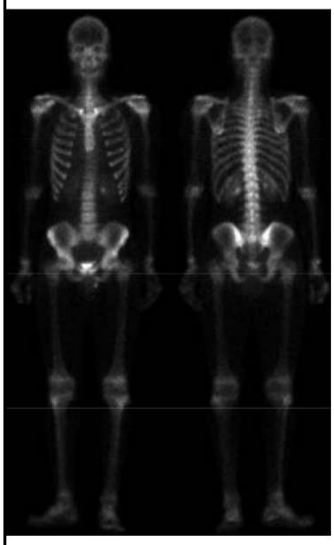
(a) Single linear scaling (b) Amplitude segments

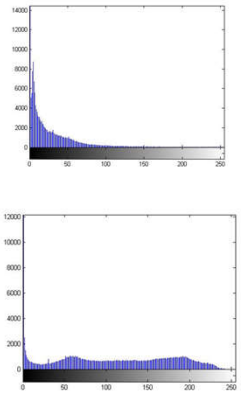
Dinamika tartomány módosítása



(*c*) Low amplitude (*d*) Mid-amplitude (*e*) High amplitude

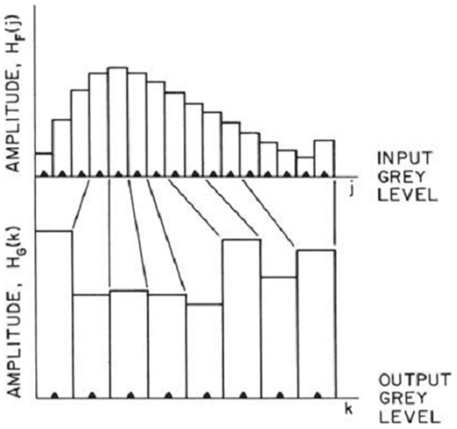
Hisztogram módosítás





Hisztogram módosítás

- Hisztogram kiegyenlítés

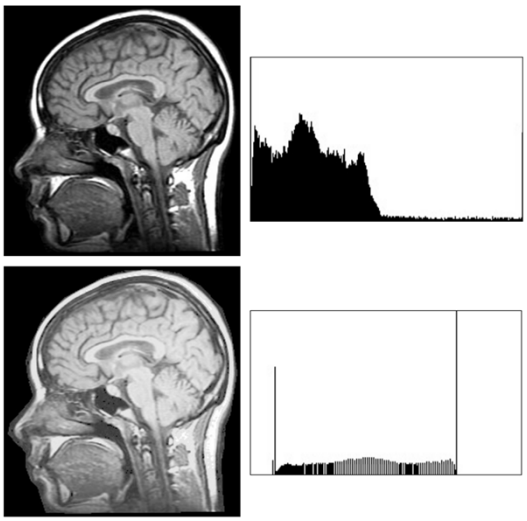


Hisztogram módosítás

- Olyan transzformáció, hogy az intenzitásértékek egyenletes eloszlásúakká váljanak

A (lépcsős) transzformációs függvény létrehozása :

- a bemeneti hisztogram elejétől indulva elkezdjük összegezni a hisztogram-értékeket, egészen addig, amíg az összeg túl nem lépi a
  c=(*x_meret* x *y_meret*)/*oszlopszam* értéket.
- Ha ez *x*=*m*-nél következik be, akkor a transzformációs függvényértékét *m*-ig nullára állítjuk és folytatjuk az összegzést, de nem nulláról, hanem az *elért összeg-c* értéktől, a következő átlag-túllépésig, legyen ez a pont n.
- Ekkor a függvény minden *m* - től *n*-ig terjedő értéket 256/oszlopszam annyiadik többszörösére állítjuk,amelyik oszlopnál tartunk a transzformációban (az első oszlopnál 256/oszlopszam, a másodiknál 2*(256/oszlopszam) és így tovább).
- Majd a megszerkesztett átviteli függvény segítségével előállítjuk a kimeneti képet, melynek hisztogramja vonalas lesz.



Adaptív hisztogram módosítás

Tartományokhoz (egyes ablakhoz) eltérő hisztogram módosítást rendelünk

eredeti

nemadaptív

adaptív

Zajszűrés

- Lineáris szűrések, szűrőkernel
  - szűrés a képtartományban
- Szűrés transzformált tartományban
  - (bázisfüggvények terében végezzük el a szűrést: Fourier, stb)
- Nemlineáris szűrések:
  - homomorfikus jelfeldolgozás
  - order statistics szűrés: median szűrés, egyéb OSF eljárások

Lineáris szűrések

$$G(j,k) = \sum\sum I(m,n)H(j-m,k-n)$$

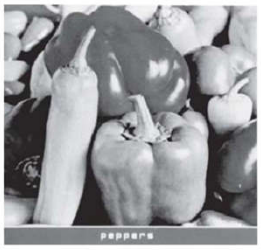
Pl. aluláteresztő szűrő

$$\mathbf{H} = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H} = \frac{1}{10}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H} = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H} = \left(\frac{1}{b+2}\right)^2\begin{bmatrix} 1 & b & 1 \\ b & b^2 & b \\ 1 & b & 1 \end{bmatrix}$$

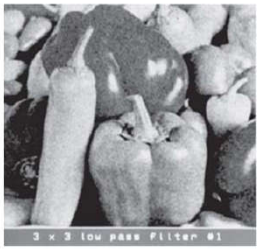
Lineáris szűrés

Eredeti

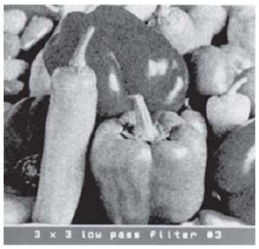


$$\mathbf{H} = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{H} = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Egyenletes zaj



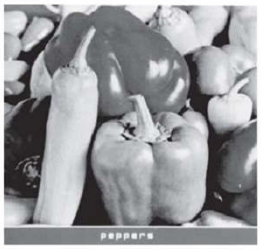
mask 1



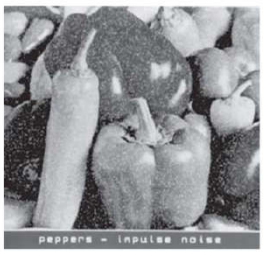
mask 3

Lineáris szűrés

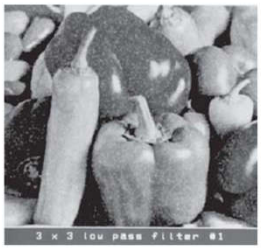
Eredeti



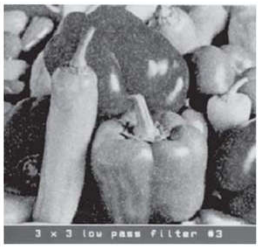
$$\mathbf{H} = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{H} = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



Impulzus zaj



mask 1



mask 3

Éldetektáló szűrők

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

Gx

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

Gy

Sobel

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \qquad \theta = \arctan(Gy/Gx)$$

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

Gx

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

Gy

Prewitt

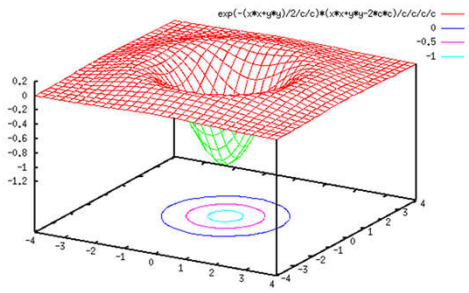
Egyebek:
Roberts, Kirsch, DoG, LoG

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \quad (|G| = |Gx| + |Gy|)$$

Egyéb fontosabb szűrők

2D LoG és közelítő kernele

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & -16 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



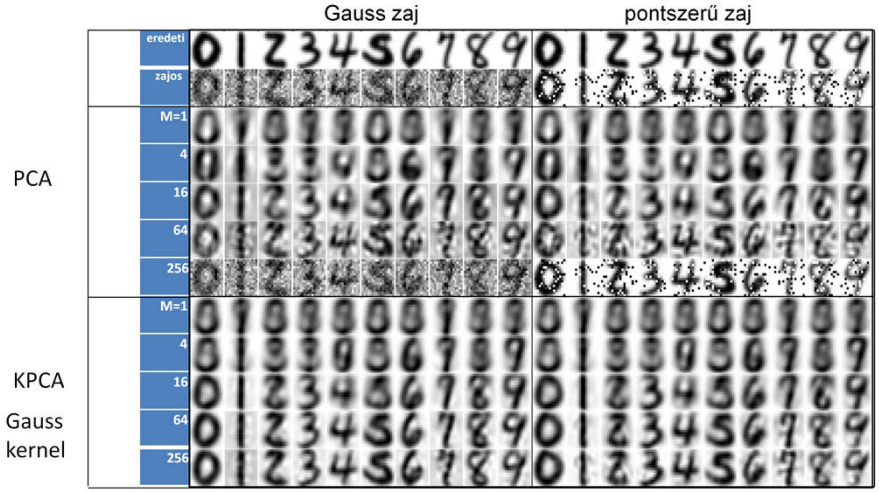
$$LoG \triangleq \triangle G_\sigma(x,y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} G_\sigma(x,y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} G_\sigma(x,y) = \frac{x^2+y^2-2\sigma^2}{\sigma^4} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$$

LoG alkalmazása, nullátmenetek detektálására
Küszöbözés (csak a nagy átmeneteket tartja meg)

Lineáris szűrés transzformált tartományban

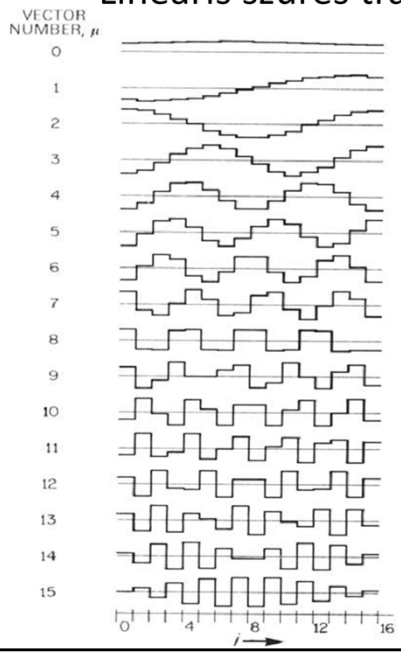
- Frekvenciatartomány
- Egyéb bázisrendszer
  - Fix bázisrendszerek (Haar, Hadamard, Walsh, stb.)
  - Bázisrendszer család (Wavelet)
  - Képfüggő bázisrendszer (KLT)

Lineáris szűrés transzformált tartományban



PCA-KPCA zajszűrő hatás összehasonlítása

Lineáris szűrés transzformált tartományban



Karhunen-Loève transzformáció (KLT)
Jelfüggő ortogonális transzformáció

Nemlineáris szűrés

- homomorfikus szűrés
- order statistic (rank) szűrés
- polinomiális szűrés
- matematikai morfológia
- neurális hálók
- nemlineáris kép visszaállítás

Nemlineáris szűrések

- Homomorfikus szűrés
  - Multiplikativ zajok mellett hatékony

$$F(j,k) = I(j,k)S(j,k)$$

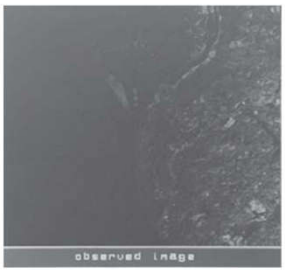
megvilágítás, zajmentes kép

$$\log\{F(j,k)\} = \log\{I(j,k)\} + \log\{S(j,k)\}$$

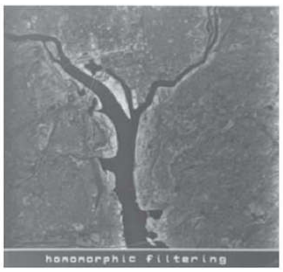
  - Logaritmálás után hagyományos szűrési eljárások

Homomorfikus szűrés

megvilágítás



érzékelt kép



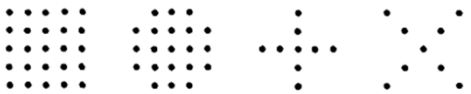
homomorfikus szűrés eredménye
Butterwoth felüláteresztő szűrés

Order statistics szűrés

- Legyen $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \cdots \leq X_{(n)}$, akkor $X_{(i)}$ az *i*-edik statisztika
- Sorbarendezi a szomszédos pixeleket növekvő inztenzitásérték szerint, kiválaszt egyet a rangnak megfelelően és ez lesz a kimenet
- Speciális rank szűrők:
  - medián $$med(X_i) = \begin{cases} X_{(\nu+1)} & \text{if } n = 2\nu + 1 \\ (X_{(\nu)} + X_{(\nu+1)})/2 & \text{if } = 2\nu \end{cases}$$
  - Kétdimenziós mediáns szűrő

$$y_{ij} = med(x_{i+r,j+s};\ \ (r,s) \in A), \quad (i,j) \in \boldsymbol{Z}^2$$

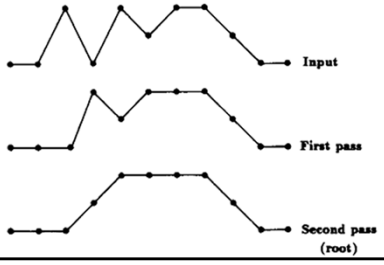
Az *A* halmaz a szűrő ablak. Az ablak alakja befolyásolja a szűrő tulajdonságait (élmegtartás, bizonyos képrészletek megtartása)



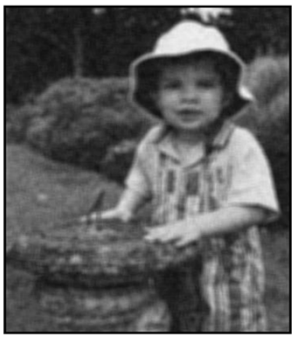
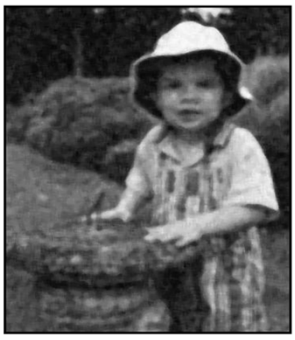
Medián szűrés

Tulajdonságok:

- Jól teljesít lassan lecsengő zajeloszlásnál (hatékony az impulzus zajok eltüntetésénél)
- Rosszul teljesít gyorsan lecsengő eloszlásnál (pl. egyenletes zajeloszlásnál)
- Fehér zaj mellett aluléteresztő tulajdonságú
- Igyekszik megtartani az éleket
- Kérdés: van-e olyan jel (sajátfüggvény sajátjel), melyet nem módosít?
  (a lineáris szűrőknél ilyen a szinusz)
- Medián szűrő root jele: Minden véges hosszúságú nemroot jel a root jelhez konvergál, ha a medián szűrőt ismételten alkalmazzuk



Medián szűrés

A zajos képből 7x7 ablak

eredeti zajos kép **átlagoló szűrés** **medián szűrés**

Rank szűrés

A zajos képből 7x7 maszk mellett 4. rangú pixelek kiválasztása (rank 4)

Polinomiális szűrők

- A pixel értékek polinomiális vagy törtfüggvényei
- Kép javítás (kontraszt élesítés, élmegtartó zajszűrés, textura szegmentálás, élkiemelés, élszegmentálás)
- Van bizonyos kapcsolata a lineáris szűrőkkel (paramétereiben lineáris, adaptív változatnál előnyök)
- Számítási komplexitás jelentősen nagyobb, különösen, ha a nemlinearitás mértékét növeljük

- A nemlineáris szűrők Taylor sor vagy Volterra sor formájában írhatók fel.
- Taylor sor : hatványfüggvény
- Volterra sor különböző pozíciójú (időben vagy a képtartományban) vett értékek szorzatai

Volterra soros polinomiális szűrők

A polinomiális szűrők tulajdonságai:

- Paramétereiben lineáris, de nemlineáris szűrő
- Az együtthatókat adaptálni lehet, lineáris megközelítéssel

$$y(n) = h_0 + \sum_{p=1}^{\infty} \bar{h}_p(xn) \qquad \bar{h}_p\left(x_n\right) = h_p\left(i_1,\ldots,i_p\right)$$

- Általában minden egyes tag az alábbi összefüggéssel adható meg:

$$\bar{h}_p\left(x_n\right) = \sum_{i_1=-\infty}^{\infty} \cdots \sum_{i_p=-\infty}^{\infty} h_p\left(i_1,\ldots,i_p\right) x\left(n-i_1\right) \cdots x\left(n-i_p\right)$$

h_0 offset h_1 egy digitális FIR szűrő válasza

- Általánosabb nemlineáris szűrő megadási forma:

$$y(n) = f[x(n), x(n-1), \ldots, x(n-N_1), y(n-1), \ldots, y(n-M)] = f(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{Q})$$

Adaptív szűrők

Adaptív lineáris szűrő:

$$x(i) = d(i) + n(i)$$

$$\hat{d}(i) = y(i) = \sum_{i=1}^{n} a_j(i) x_{(j)}(i) = \boldsymbol{a}^T(i)\boldsymbol{x}(i) \qquad \boldsymbol{a}(i) = [a_1(i), \cdots, a_n(i)]^T$$

$$J = E[e(i)^2] = E[|d(i) - \sum_{i=1}^{n} a_j(i) x_{(j)}(i)|^2]$$

$$\boldsymbol{a}(i+1) = \boldsymbol{a}(i) + \mu e(i)\boldsymbol{x}(i)$$

Adaptív nemlineáris szűrők

$\mathrm{y}(i) = f(\sum_j \ a_j(i) x_j(i))$ ahol f valamilyen nemlineáris függvény

Adaptív lineáris szűrő és Wiener szűrő közötti kapcsolat (nem véletlen)

Adaptív szűrők

- **Adaptiv szűrés**
  - Adaptív szűrésnél analizáljuk az egyes tartományokat és a szűrő jellemzőit a környezet statisztikájához igazítjuk
  - Egy példa: Lee szűrő a sima régiókban redukálja a zajt, miközben a finom részleteket megtartja
  - Az egyes pixelekt vagy változatlanul hagyja, vagy szűri. Tipikus ablakmérete 3x3... 7x 7
  - Lokális átlag és variancia meghatározása $\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$

    $\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2$
  - A válasz $F(x_1,\ldots,x_N) = \beta x_1 + (1-\beta)\bar{x}$

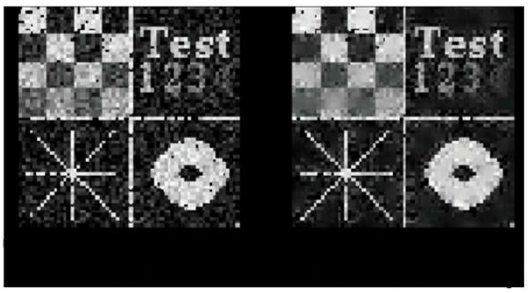
    ahol $\beta = \max\left(\frac{\sigma_x^2 - \sigma_n^2}{\sigma_x^2}, 0\right)$

    Minél homogénebb egy régió, annál nagyobb súlyt kap $\bar{x}$

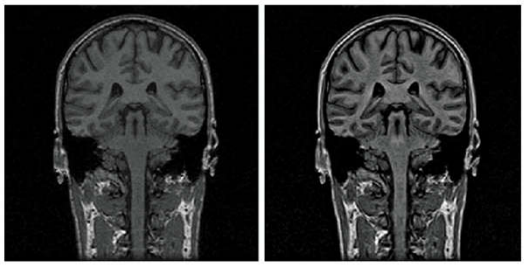
    σ_n^2 meghatározásával befolyásolható a viselkedés

Adaptív szűrők

Tesz kép

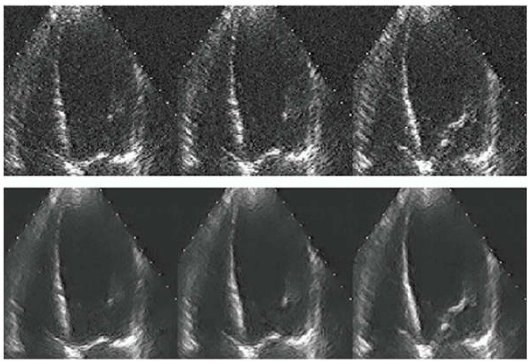


MRI



Adaptív szűrők

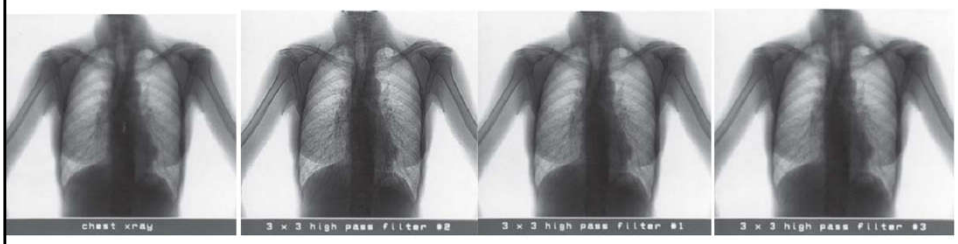
Ultrahangképnél



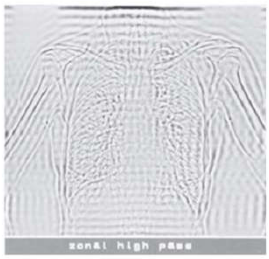
Éljavítás, éldetektálás

Élkiemelés
Szűréssel: magasfrekvenciás kiemelés, felüláteresztő szűrés

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$



Éljavítás, éldetektálás



Zónás szűrés

Közvetlenül a Fourier tartományban definiáljuk az átviteli függvényt

$$\mathcal{H}(0,0) = 0$$

$$\mathcal{H}(u,v) = 0 \qquad 0 \le u \le C-1 \quad \text{and } 0 \le v \le C-1$$

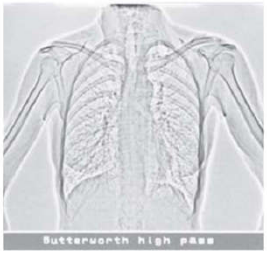
$$0 \le u \le C-1 \quad \text{and } N+1-C \le v \le N-1$$

$$N+1-C \le u \le N-1 \quad \text{and } 0 \le v \le C-1$$

$$N+1-C \le u \le N-1 \quad \text{and } N+1-C \le v \le N-1$$

$\mathcal{H}(u,v) = 1$ Egyébként C vágási frekvencia $0 < C \le 1+N/2$

Éljavítás, éldetektálás

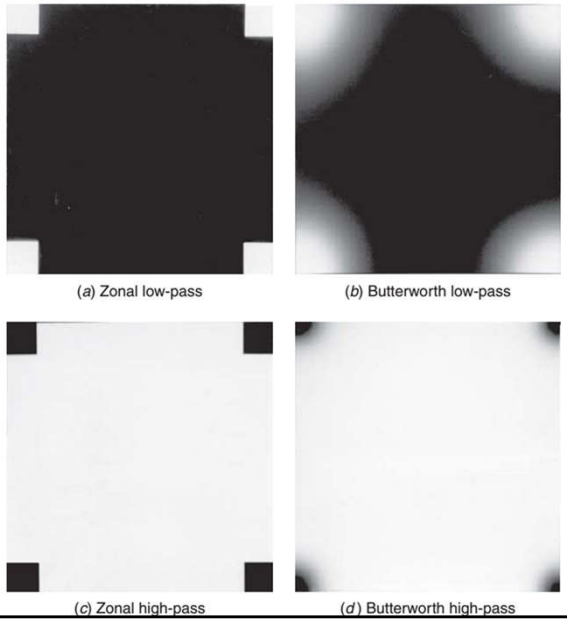


$$\mathcal{H}(u,v) = \mathcal{B}(u,v) \quad \begin{array}{lll} 0 \le u \le N/2 & \text{and} & 0 \le v \le N/2 \\ 0 \le u \le N/2 & \text{and} & 1 + N/2 \le v \le N-1 \\ 1 + N/2 \le u \le N-1 & \text{and} & 0 \le v \le N/2 \\ 1 + N/2 \le u \le N-1 & \text{and} & 1 + N/2 \le v \le N-1 \end{array}$$

Butterworth szűrés ahol

$$\mathcal{B}(u,v) = \frac{1}{1 + \left[\dfrac{C}{(u^2 + v^2)^{1/2}}\right]^{2n}}$$

Éljavítás, éldetektálás



(*a*) Zonal low-pass (*b*) Butterworth low-pass

(*c*) Zonal high-pass (*d*) Butterworth high-pass

Éljavítás, éldetektálás

- **Statisztikus differenciálás**
- Minden pixel értékét elosztjuk a szórásával, ahol a szórást a környezetében lévő pixelekből számítjuk

$$G(j,k) = \frac{F(j,k)}{D(j,k)}$$

Minden pixelre számítunk átlagértéket és szórást

$$M(j,k) = \frac{1}{W^2} \sum_{m=j-w}^{j+w} \sum_{n=k-w}^{k+w} F(m,n)$$

$W \times W$ neighborhood where $W = 2w + 1$

$$D(j,k) = \frac{1}{W}\left[\sum_{m=j-w}^{j+w} \sum_{n=k-w}^{k+w} [F(m,n) - M(m,n)]^2\right]^{1/2}$$

Azon régiók intenzitásait (és annak különbségeit) súlyozza fel, melyek homogének voltak

Éljavítás, éldetektálás

Wallis operátor $G(j,k) = [F(j,k) - M(j,k)]\dfrac{A_{\max}D_d}{A_{\max}D(j,k) + D_d} + [pM_d + (1-p)M(j,k)]$

$M_d \quad D_d \quad A_{\max}$ Kívánt átlagos középérték, szórás és a maximális erősítési tényező.
$A_{\max}$ szerepe: túl nagy kimeneti érték meggátlása, ha a szórás túl kicsi $0 \le p \le 1$

Általánosabb forma: $G(j,k) = [F(j,k) - M(j,k)]A(j,k) + B(j,k)$

$A(j,k)$ a képtartománytól függő erősítés $B(j,k)$ a képtartománytól függő háttér

D_d Kívánt szórás, hogy a képfüggő erősítés $A_{\max}$ és $A_{\min}$ között legyen

$D_d = \dfrac{A_{\min}A_{\max}D_{\max}}{A_{\max} - A_{\min}}$ $D_{\max}$ $D(j,k)$ maximuma

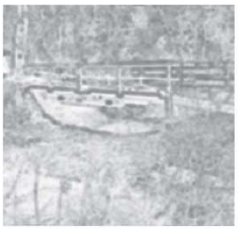
Éljavítás, élkiemelés

Eredeti

átlag 0-0,98

szórás 0,01- 0,26

háttér 0,09-0,88



Képfüggő erősítés 0,75 – 2,35

Wallis eredménye

Paraméterek: $D_d = 0.28$, $p = 0.20$, $A_{\max} = 2.50$, $A_{\min} = 0.75$