

Képre Restauráció

Képhelyreállítás

Képrestauráció

- A képrestauráció az a folyamat mellyel a sérült képből eltávolítjuk a degradációt, eredményképpen pedig az eredetihez minél közelebbi képet szeretnénk kapni

- Képrestauráció és képjavítás

A hisztogram ekvalizáció a képet nem az eredetihez közelíti, hanem az emberi látás rendszeréhez illeszti - javítás

A homályos kép helyreállítása (deblurring) a képet az eredeti állapotba hozza (eredeti élesség) - restauráció

A restauráció minőségének mérése

- Mennyire van közel a restaurált kép az eredetihez

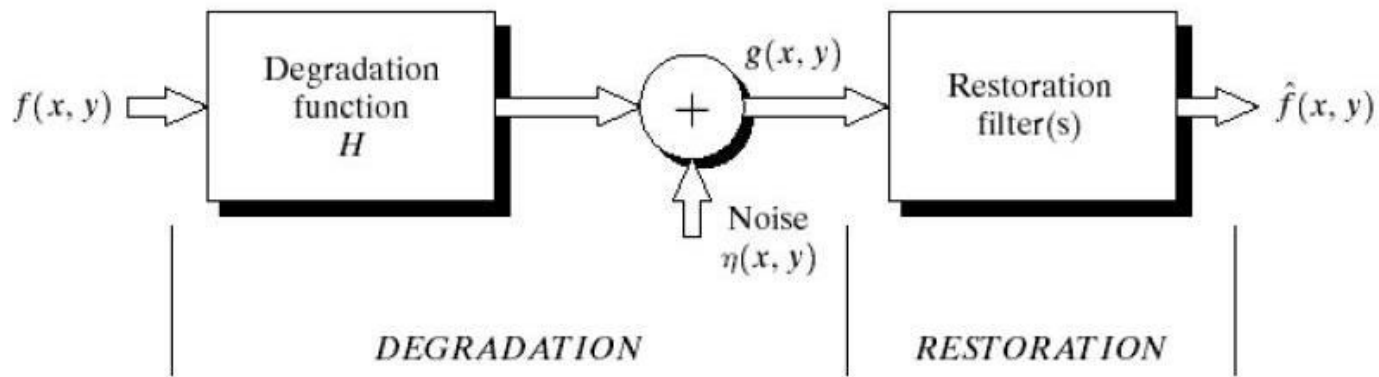
- Leggyakrabban a jel/zaj (PSNR) viszonyt alkalmazzuk

$$PSNR = 10 \log \frac{(L - 1)^2}{\frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}$$

Képre Restauráció

A degradáció/restauráció modellje

- Két komponens: degradációs függvény és additív zaj



- A H lineáris és térbelileg invariáns, a zaj pedig additív

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y)$$

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$

- Ha csak a zajt analizáljuk, akkor $H(u, v)=1$

Zaj a képben

A kép felvételénél vagy átvitelénél jelentkezik

1. példa: a CCD szenzor hőmérséklete kihatással van a a CCD szenzor zajszintjére
2. példa: az átviteli csatornában jelentkező interferencia zajt eredményez

A zaj modellje a képben

- Gauss, Laplace, impulzus, kvantizációs, foton, pontszerű (speckle), periodikus

A restauráció első lépése - a zaj eltávolítása

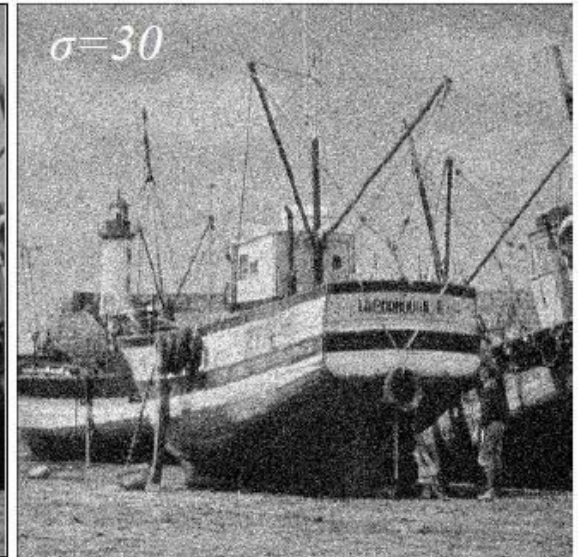
- Olyan szűrő használata amely legjobban felel meg az adott zaj modelljének
- Ezután következik a degradáció eltávolítása

Additív Gauss zaj

- Ez a zaj leggyakrabban alkalmazott modellje (pl. termikus zaj)
- Ha a Gauss véletlen változók felett lineáris műveleteket végzünk, ismét Gauss véletlen változókat kapunk

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

- Optimális ML esztimátor
- aritmetikai középérték



Zaj a képben

Laplace zaj

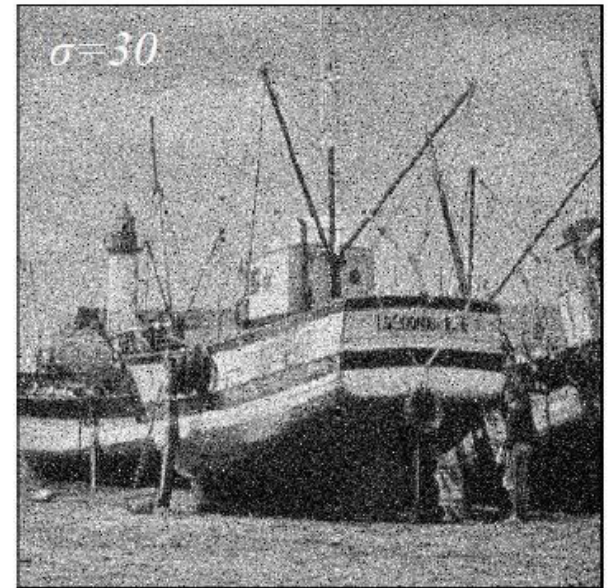
- Optimális ML esztimátor - medián
- Annak a valószínűsége hogy a zajnak nagy értéke lesz jelentősen nagyobb mint a Gauss eloszlánál
- Nagyobb sérülést okoz a képen mint a Gauss zaj

$$f(x) = \frac{1}{2\sigma} e^{-|x-\mu|/\sigma}$$

A $P(|x|>x_0)$ valószínűsége a Gauss és a Laplace eloszlásokra

x_0	Gausova raspodela	Laplasova raspodela
1	0.32	0.37
2	0.046	0.14
3	0.0027	0.050

$$\mu = 0 \text{ i } \sigma = 1$$



Zaj a képben

Impulzus zaj

- A pikszeleknek csak egy meghatározott százaléka sérült, a többi pikszel érintetlen
- A sérült pikszelek értéke jelentősen különbözik a környezeti pikszelek értékétől
- Kevés sérült pikszel nagy degradációt okoz
- Ezt a zajt szűrni kell akármilyen feldolgozás előtt

$$P(y_{ij} = n_{ij}) = p_0,$$
$$P(y_{ij} = x_{ij}) = 1 - p_0$$

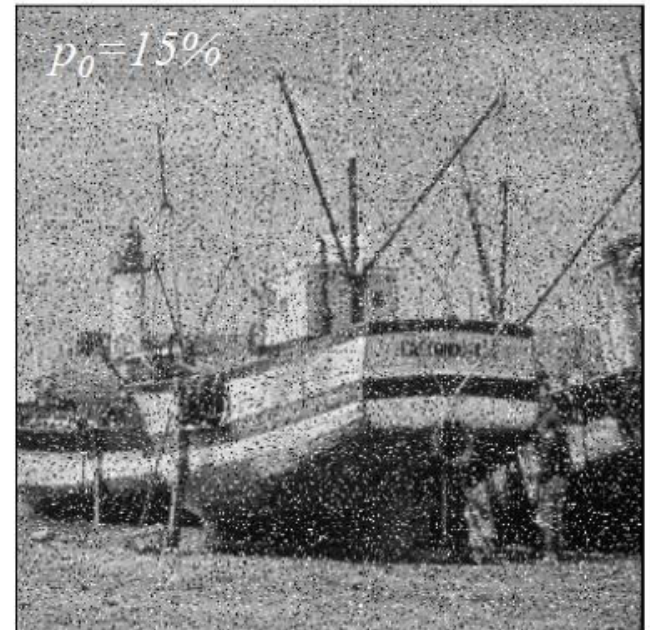
Két modell

- Só és bors (salt and pepper)

Az impulzusoknak MIN és MAX értékük van

- Uniform

az impulzusoknak akármekkora értékük lehet



Zaj a képben

Pontszerű zaj (speckle noise)

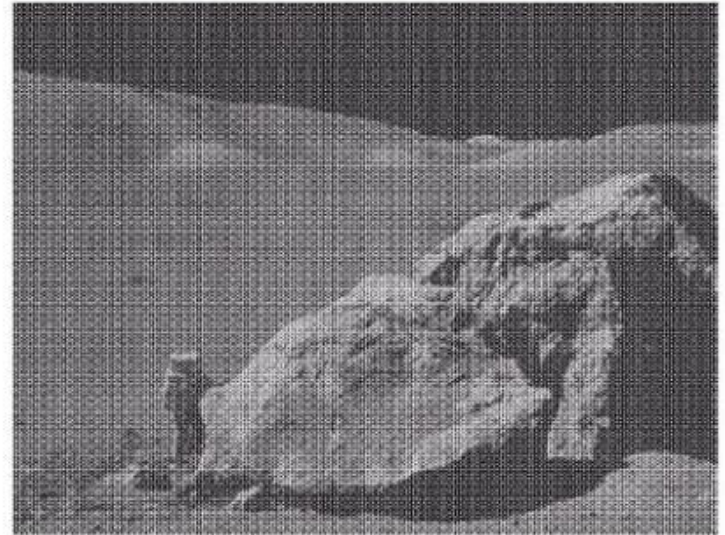
- Összetett modell
- Ez a fajta zaj függ a jeltől és a térbeli iránytól
- Koherens energiaforrás jelenléte miatt jelenik meg (fény, elektromágneses mező, hang)
- Leginkább az ultrahangos és a szatelit képeket támadja meg



Zaj a képben

Periodikus zaj

- Ez a fajta zaj periodikus természetű forrás interferenciája miatt jelentkezik
- Színuszos és koszinuszos 2D függvények szuperponálódnak a képre
- Ez a fajta zaj könnyen észrevehető a kép spektrumában



Zajszűrés a képtartományban

Átlagoló szűrők (mean filters)

- Aritmetikai átlagoló

Ezt a zajt lágyítással távolítjuk el

Lineáris szűrő (konvolúció)

A Gauss zaj ML becslése

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$$

- Mértani átlagoló

Nemlineáris szűrő

Hasonló effektust vált ki mint az aritmetikai átlagoló

Jobban őrzi a kép részleteit

$$\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

- Harmonikus átlagoló

Alkalmas a Gauss zaj és a fehér pöttyök (salt) eltávolítására

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s, t)}}$$

- Kontraharmonikus átlagoló

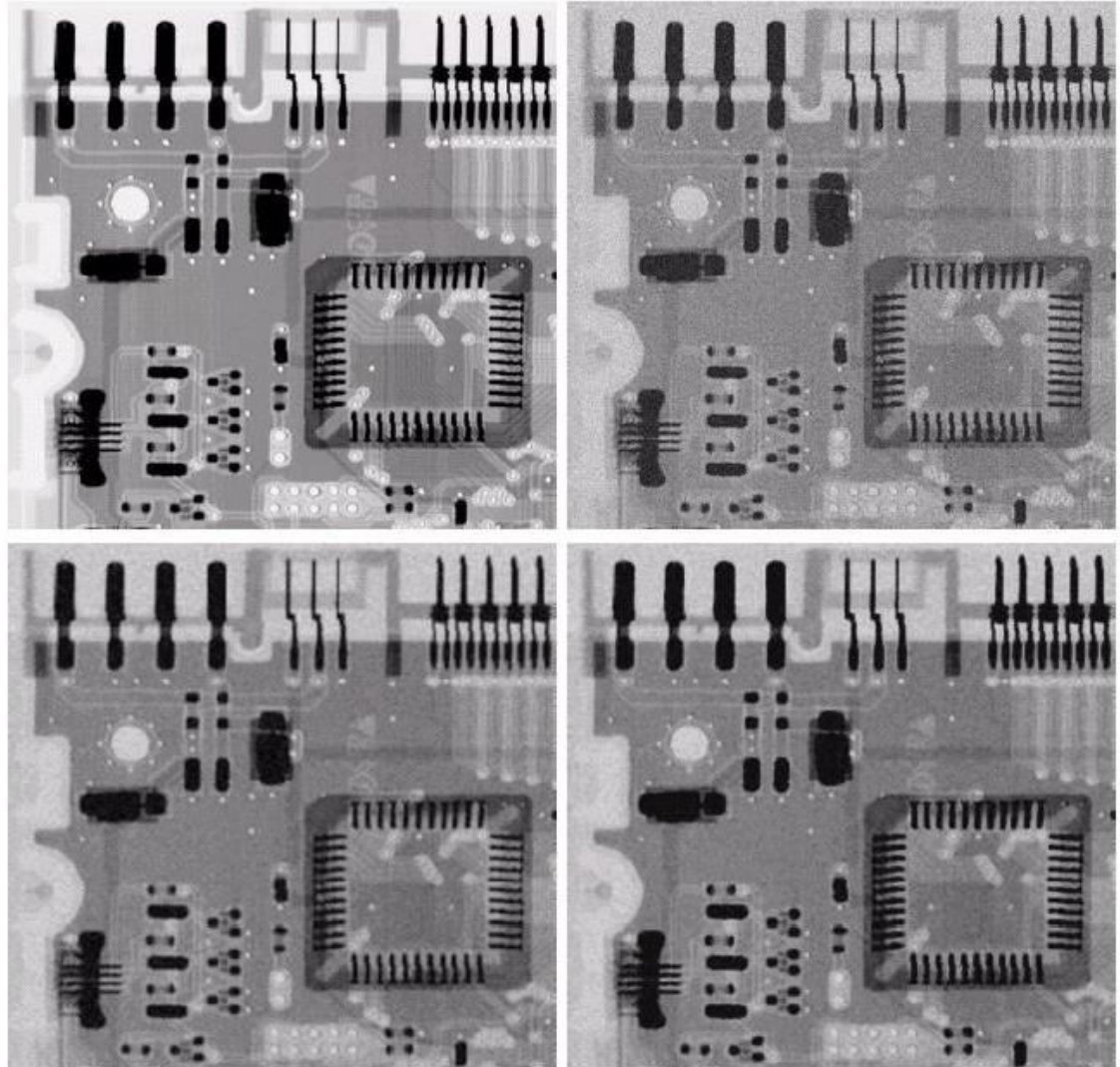
Az előző szűrők általánosítása

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^Q}$$

Zajszűrés a képtartományban

Átlagoló szűrők

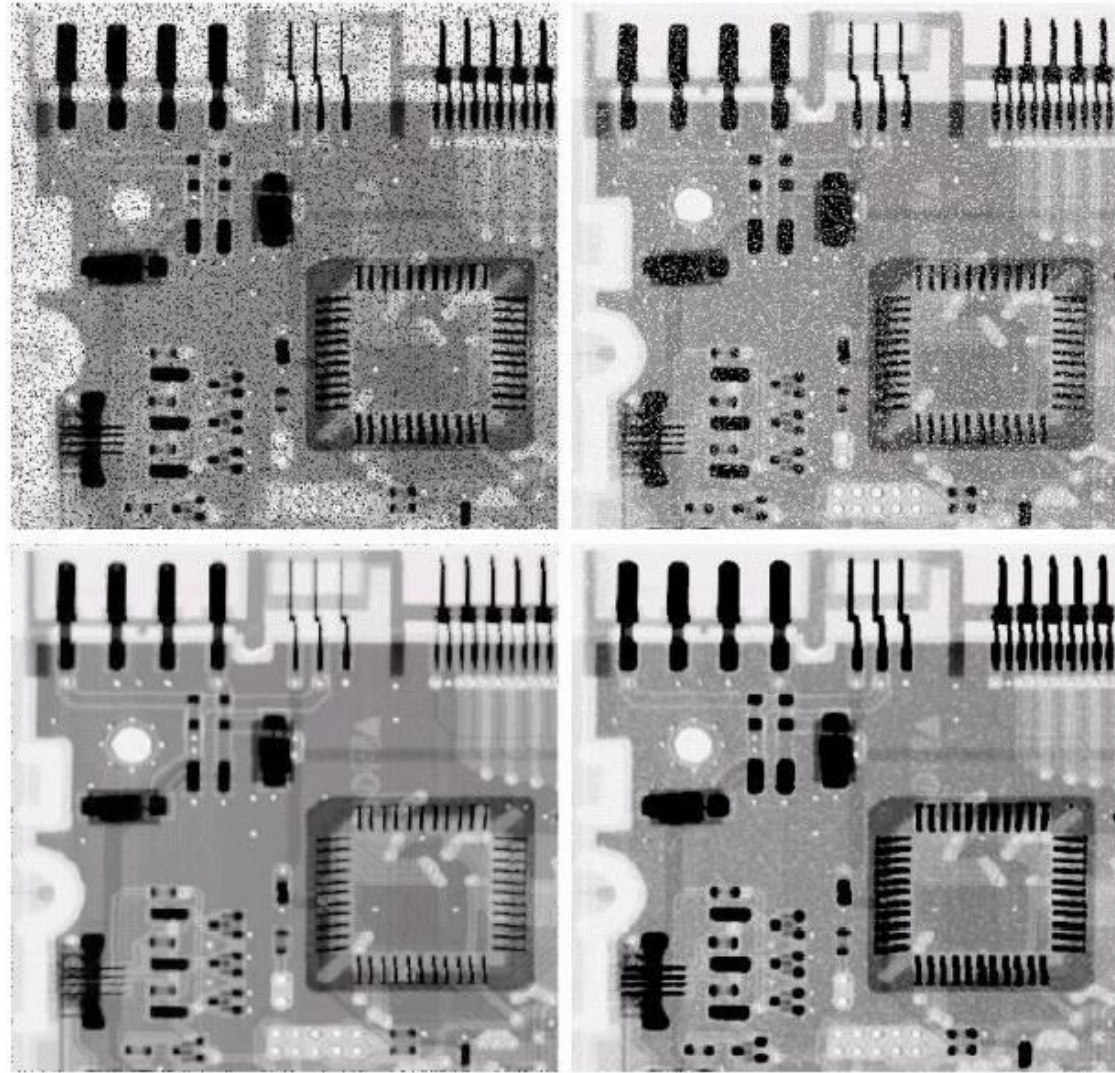
- Eredeti kép (balra fönt)
- Az eredeti kép zajosítása Gauss zajjal ($\mu=0$, $\sigma^2=400$, jobbra fönt)
- A szűrés eredménye 3x3-as aritmetikai átlagolóval (balra lent)
- A szűrés eredménye 3x3-as mértani átlagolóval (jobbra lent)



Zajszűrés a képtartományban

Átlagoló szűrők

- Sérült kép, 10% bors (pepper) impulzus zajjal
- Sérült kép, 10% só (salt) impulzus zajjal
- A szűrés eredménye kontraharmonikus 3x3-as átlagolóval, $Q=1.5$ és $Q=-1.5$



Zajszűrés a képtartományban

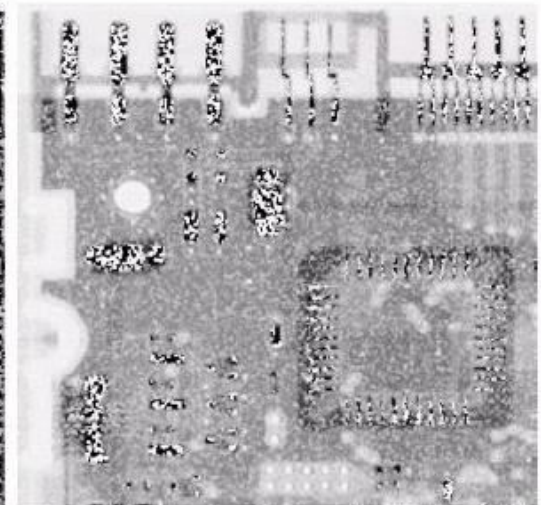
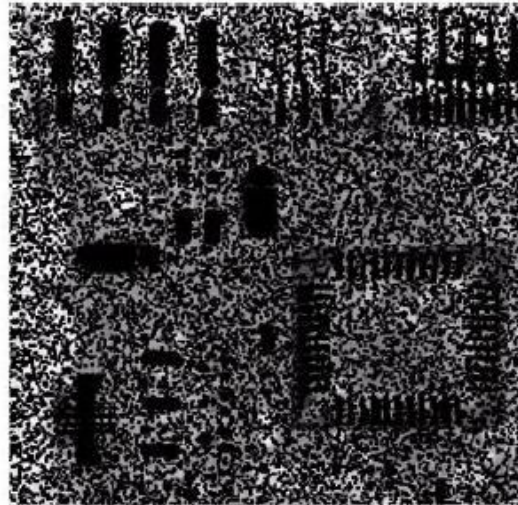
Átlagoló szűrők

- Az aritmetikai és a mértani átlagolók alkalmasabbak a Gauss zaj és az uniform eloszlású zaj szűrésére
- A kontraharmonikus szűrők alkalmasabbak az impulzus zaj szűrésére, de csak akkor ha a sérülés csak egy típusú impulzust tartalmaz - fehér vagy fekete (só vagy bors)
- A Q téves kiválasztása katasztrofális hatással lehet a képre

- Ha az előző példában felcseréljük a Q értékeit:

fe fekete impulzusok $Q=-1.5$

fehér impulzuok $Q=1.5$



Zajszűrés a képtartományban

Statisztikai sorrend szűrők (Order Statistics Filters)

- a maszkkal lefedett pikszelek sorbarakásán alapszik

- Medián szűrő

A sorrend központi értékű pikszelét tartja meg. Nagyon hasznos az impulzus zaj szűrésére (eltávolítja mind a fekete mind a fehér impulzusokat)

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(s, t) \in S_{xy}}{\text{median}} \{g(s, t)\}$$

- MAX szűrő

A sorrend legnagyobb értékű pikszelét tartja meg. A legvilágosabb pikszeleket emeli ki, hangsúlyozza ki

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(s, t) \in S_{xy}}{\max} \{g(s, t)\}$$

- MIN szűrő

A sorrend legkisebb értékű pikszelét tartja meg. A legsötétebb pikszeleket emeli ki, hangsúlyozza ki

$$\hat{f}(x, y) = \underset{(s, t) \in S_{xy}}{\min} \{g(s, t)\}$$

Zajszűrés a képtartományban

Statisztikai sorrend szűrők (Order Statistics Filters)

- Midpoint szűrők

A sorrend legnagyobb és legkisebb értékű pikseleit átlagolja
Jó eredményeket ad a Gauss és az uniform eloszlású zaj szűrésénél

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left[\min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} + \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} \right]$$

- Alfa-trimmed átlagoló

Alfa számú legkisebb és legnagyobb pikszelt eltávolítja a sorrendből, a többi mn -alfa pikszelnek pedig kiszámítja az átlagát

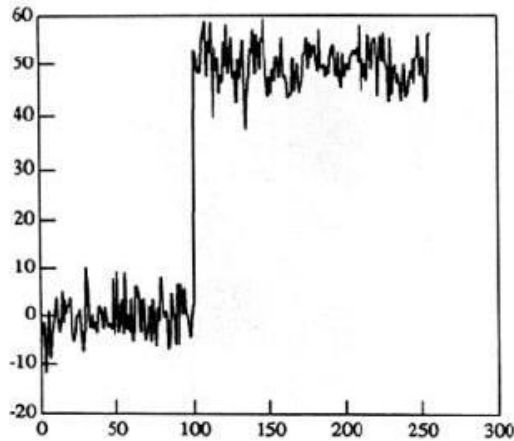
- Jó eredményeket ad a kombinált zaj esetén, pl. impulzus és Gauss
- Speciális esetek: aritmetikai átlagoló és medián

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - \alpha} \sum_{(s,t) \in S_{xy}^{mn-\alpha}} g(s, t)$$

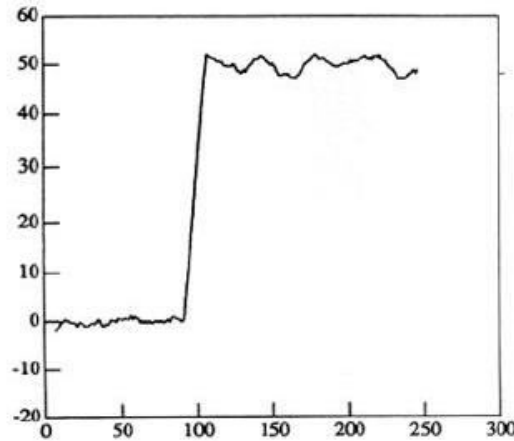
Zajszűrés a képtartományban

Medián szűrő

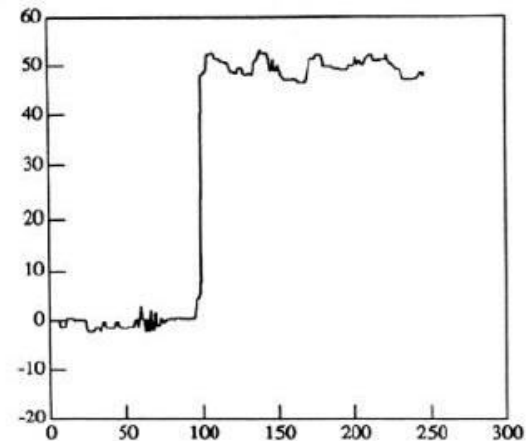
A sorbarakás és a nemlinearitás miatt sokkal jobban megőrzi a képen az éleket mint az aritmetikai átlagoló



(a)



(b)



(c)

- (a) Zajos él a képben,
- (b) Zajos él az átlagoló szűrő használata után,
- (c) zajos él a medián szűrő használata után

Zajszűrés a képtartományban

Medián szűrés

(a) Eredeti Lena kép



(a)

(b) Az eredeti kép 30% Salt and pepper típusú sérüléssel



(b)

(c) Az eredmény 3x3-as medián szűrő alkalmazása után



(c)

(d) Az eredmény 3x3-as aritmetikai átlagoló alkalmazása után

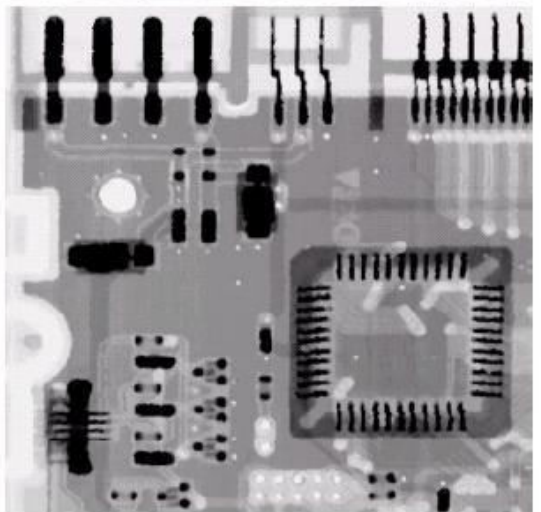
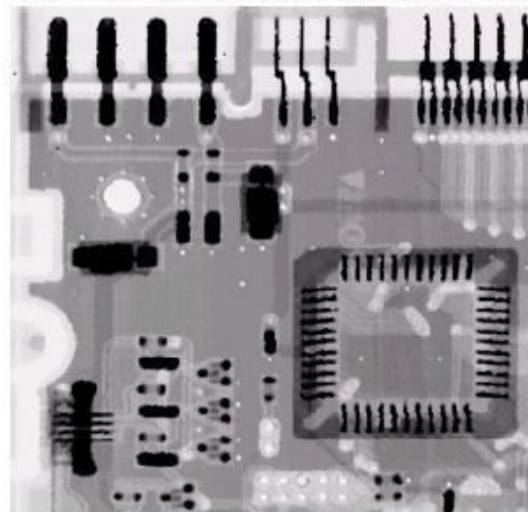
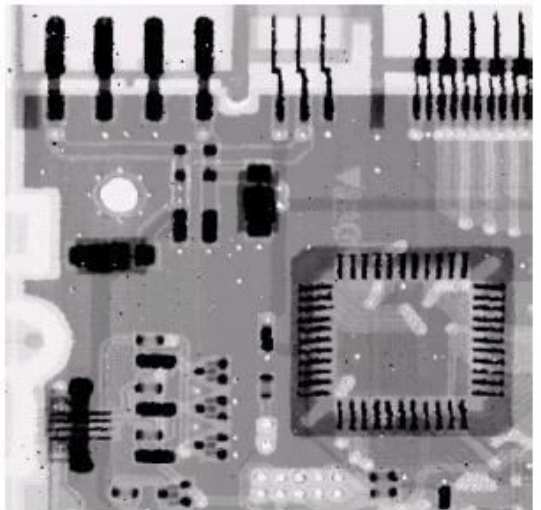
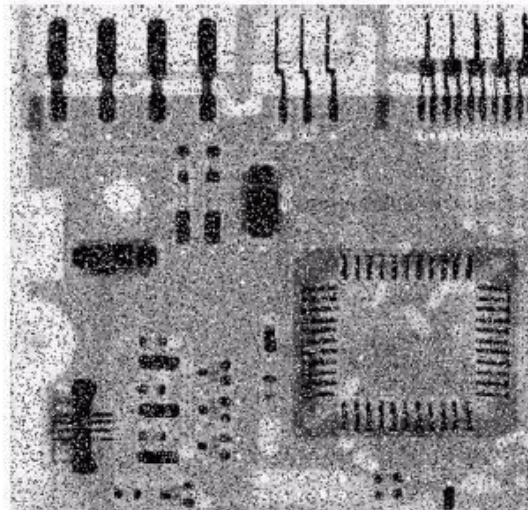
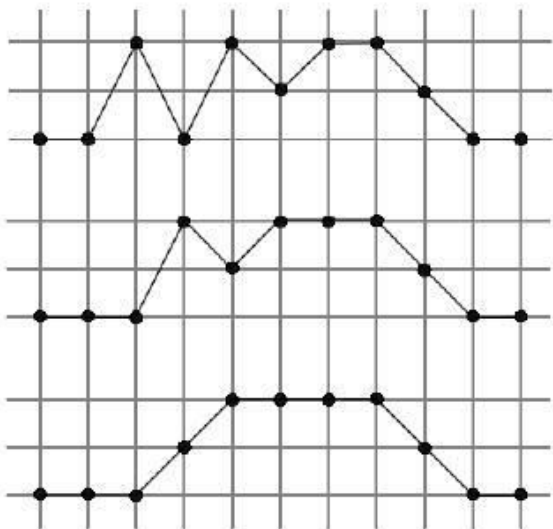


(d)

Zajszűrés a képtartományban

Medián szűrés

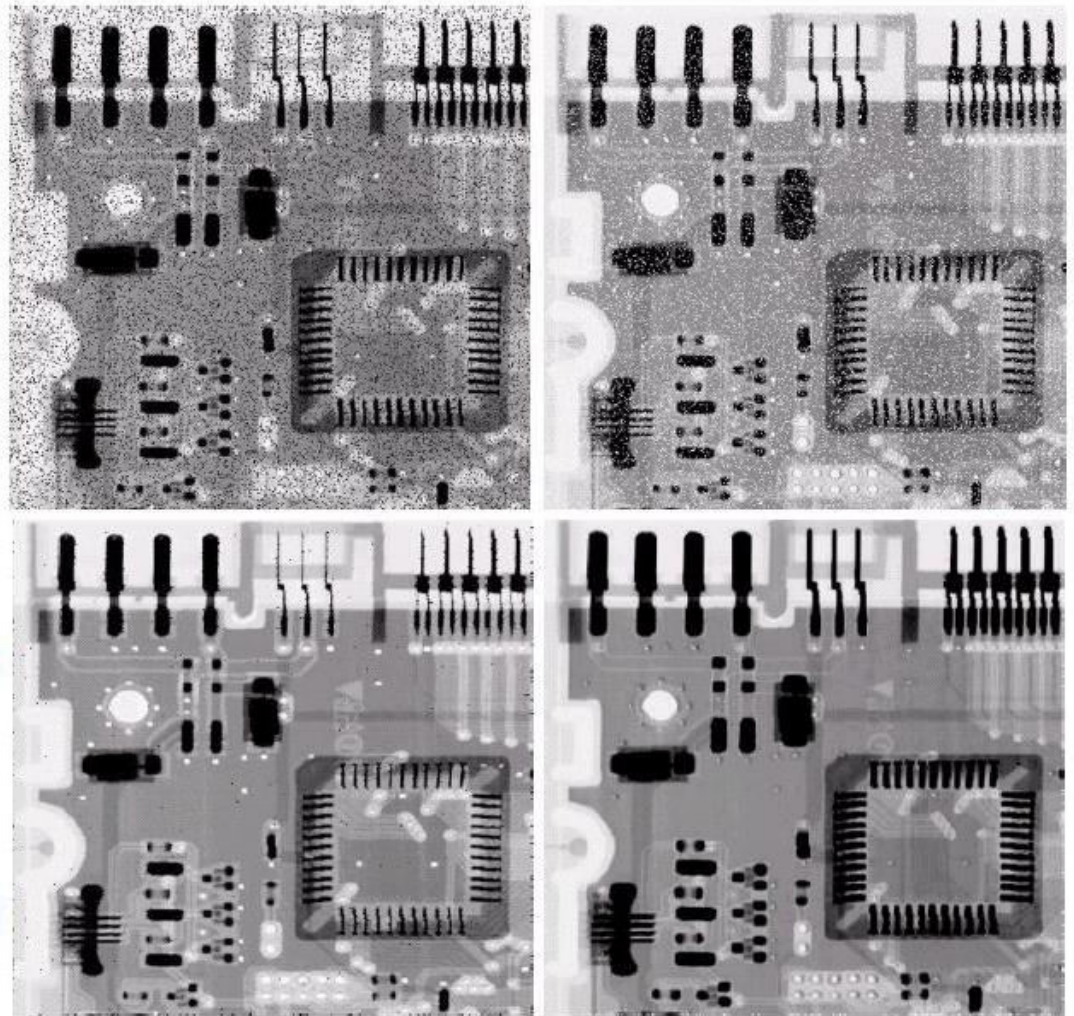
- Konvergencia
- A kép 10% impulzus zajjal
- A szűrő egyszeri alkalmazása után
- A szűrő kétszeri alkalmazása után
- A szűrő háromszoros alkalmazása után



Zajszűrés a képtartományban

MAX és MIN szűrők

- A kép 10% pepper impulzus zaj sérüléssel
- A kép 10% salt impulzus sérüléssel
- Az első kép szűrése 3x3-as MAX szűrővel
- A második kép szűrése 3x3-as MIN szűrővel



Zajszűrés a frekvenciatartományban

- Leginkább a periodikus zajt távolítja el
- A periodikus zajt a képtartományban szinte lehetetlen eltávolítani
- 2D sávszűrőket használunk (sáváteresztő (bandpass) vagy sávzáró (bandstop))
- A sávzáró szűrőkkel a 2D spektrumnak azon komponenseit távolítjuk el amelyek a periodikus komponenseket tartalmazzák
- Sáváteresztő szűrővel a zajt el lehet választani a képtől
- Sáváteresztő szűrők: ideális, Butterworth, Gauss
- Notch szűrő: nem tartományokat, hanem csupán egyes komponenseket távolítunk el

Zajszűrés a frekvenciatartományban

2D sávzárok

- Ideális

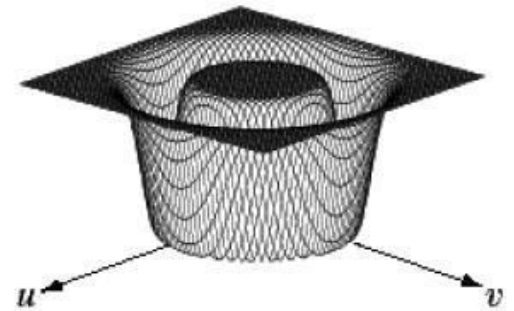
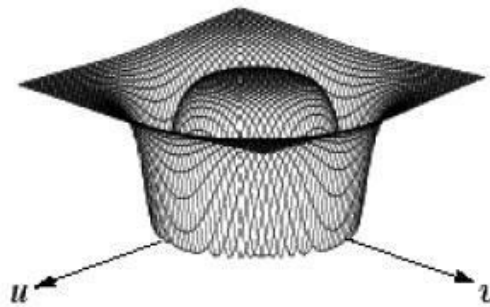
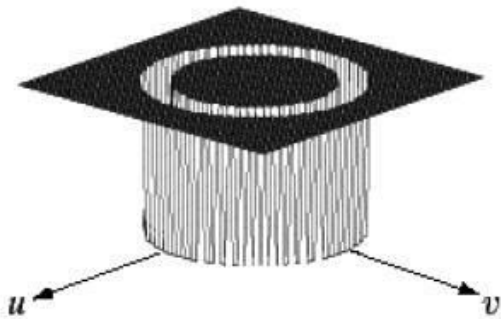
$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) < D_0 - \frac{W}{2} \\ 0, & D_0 - \frac{W}{2} \leq D(u, v) \leq D_0 + \frac{W}{2} \\ 1, & D(u, v) > D_0 + \frac{W}{2} \end{cases}$$

- Butterworth

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)W}{D^2(u, v) - D_0^2} \right]^{2n}}$$

- Gauss

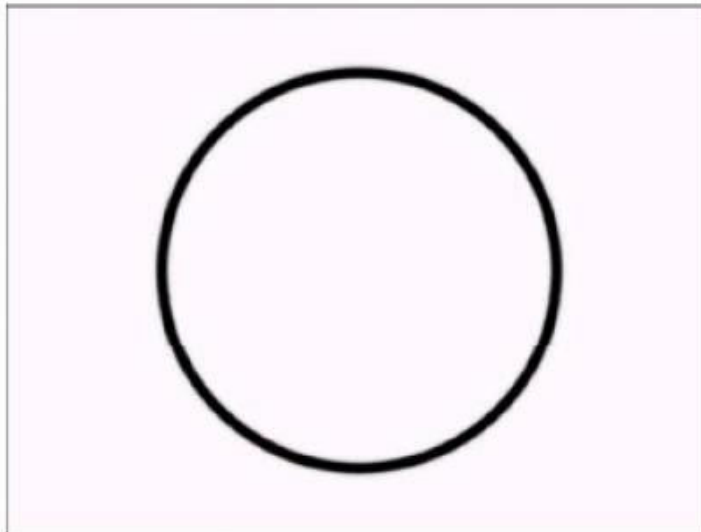
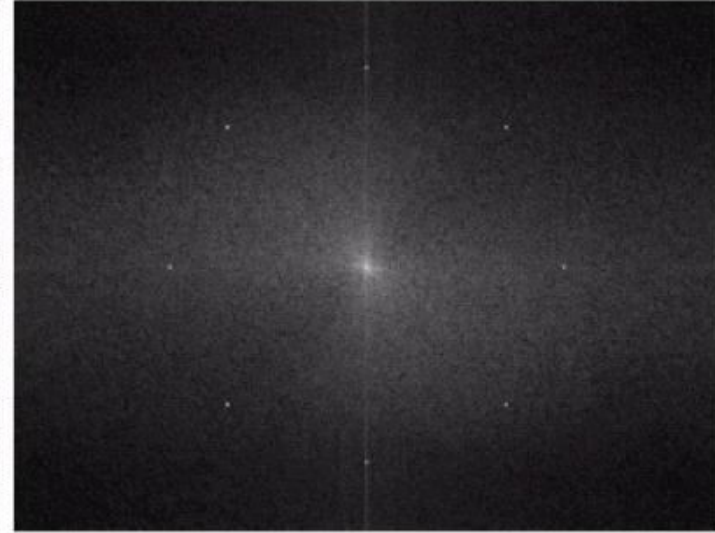
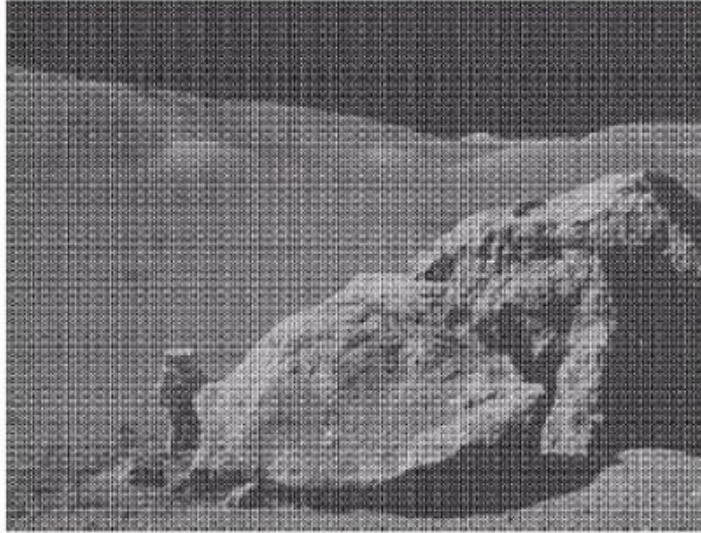
$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{D^2(u, v) - D_0^2}{D(u, v)W} \right]^2}$$



Zajszűrés a frekvenciatartományban

Példa

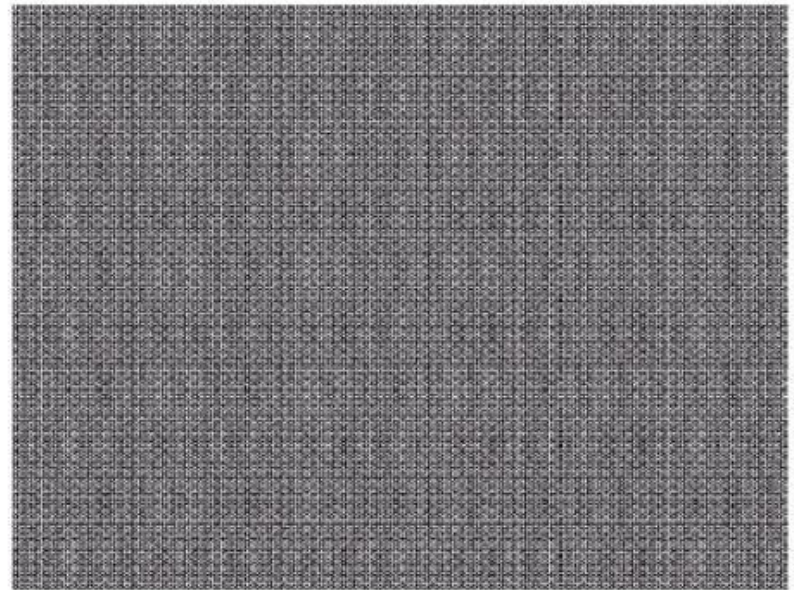
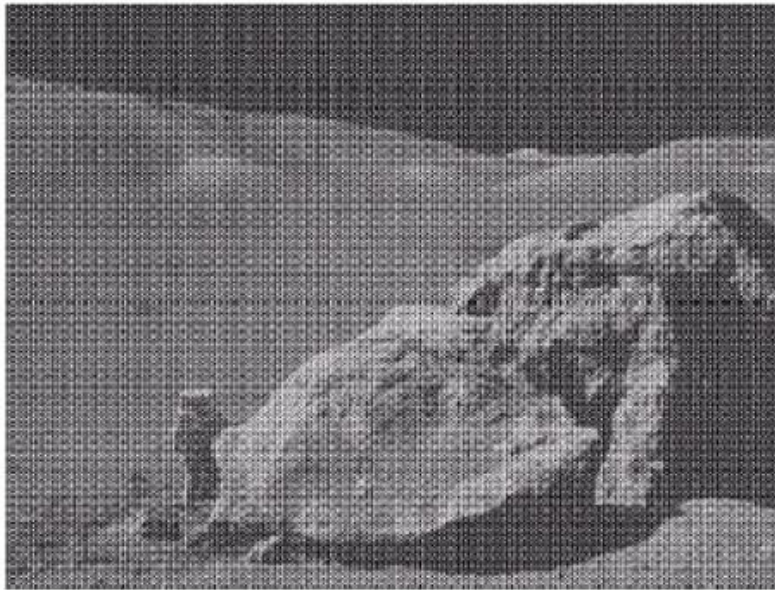
- Kép periodikus zajjal
- A kép spektruma
- Sávkészítő Butterworth szűrő átviteli jellemzőgörbéje
- Szűrt kép



Zajszűrés a frekvenciatartományban

- Megfelelő sáváteresztő (bandpass) szűrő alkalmazásával lehetséges az eredeti képből izolálni csak a periodikus zajt

$$H_{bp}(u, v) = 1 - H_{bs}(u, v)$$



Zajszűrés a frekvenciatartományban

Notch szűrők

- Ha az (u_0, v_0) és $(-u_0, -v_0)$ koordinátájú frekvenciákat kell elnyomni, akkor a $D_1(u, v)$ és $D_2(u, v)$ távolságokkal definiáljuk őket

$$D_1(u, v) = \sqrt{(u - M/2 - u_0)^2 + (v - N/2 - v_0)^2}$$
$$D_2(u, v) = \sqrt{(u - M/2 + u_0)^2 + (v - N/2 + v_0)^2}$$

- Ideális
$$H(u, v) = \begin{cases} 0, & D_1(u, v) \leq D_0 \text{ ili } D_2(u, v) \leq D_0 \\ 1, & \text{drugde} \end{cases}$$

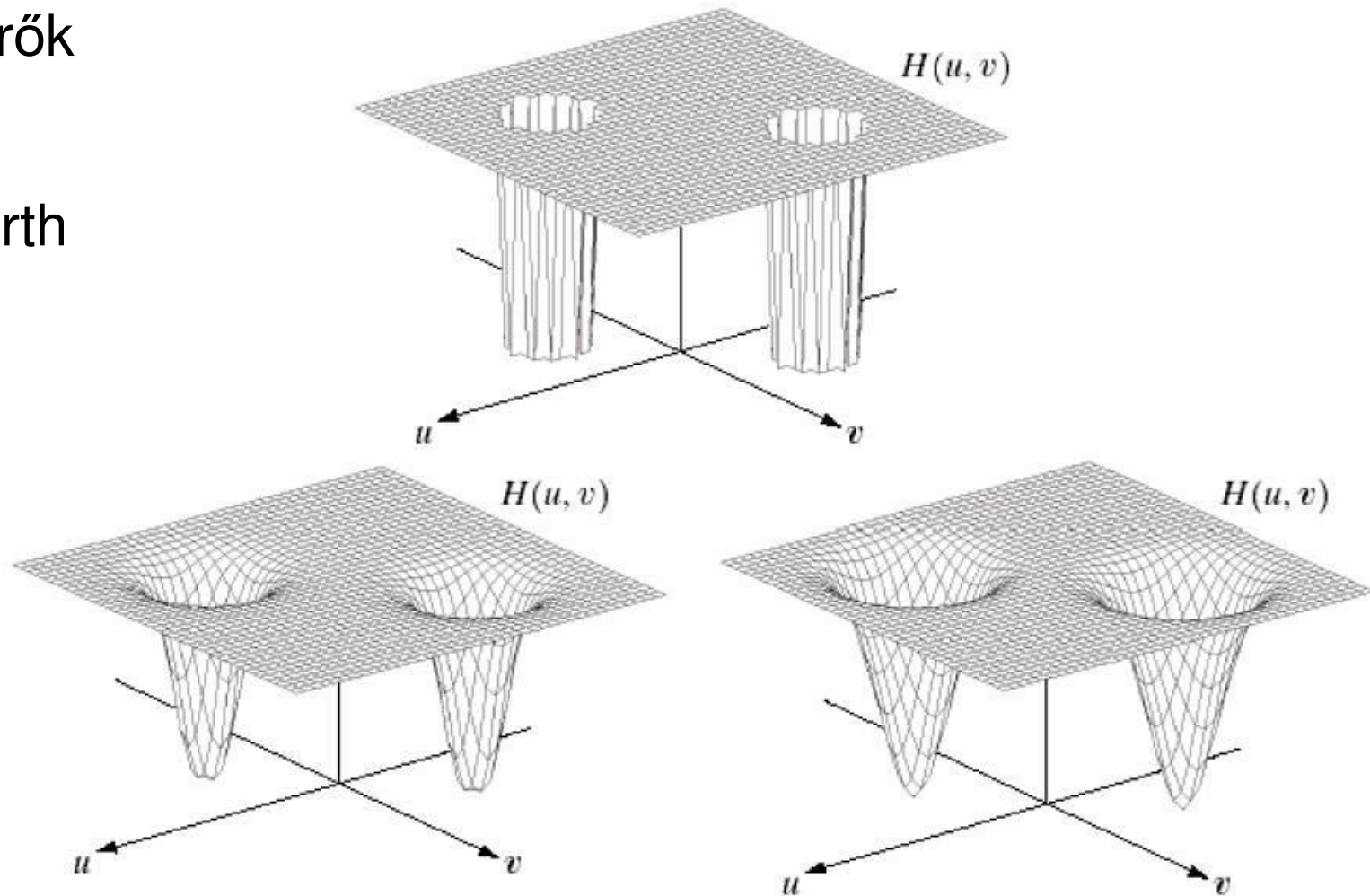
- Butterworth
$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0^2}{D_1(u, v) D_2(u, v)} \right]^n}$$

- Gauss
$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{D_1(u, v) D_2(u, v)}{D_0} \right]}$$

Zajszűrés a frekvenciatartományban

Notch szűrők

- Ideális
- Butterworth
- Gauss



Zajszűrés a frekvenciatartományban

Notch szűrők

- A Notchpass szűrő átviteli görbét a notchstop szűrő inverziójával nyerjük

$$H_{np}(u, v) = 1 - H_{ns}(u, v)$$

- Lehetséges olyan tetszőleges jellemgörbájű Notch szűrőt tervezni amely a képspektrum meghatározott sávját elnyomja

Példa

- Periodikus zaj elnyomása a képfelvevő rendszer hiányossága miatt



Zajszűrés a frekvenciatartományban

Notch szűrő

- A kép spektruma: megfigyelhetjük a vízszintes és a függőleges komponensek
- Olyan Notch szűrő amely elnyomja a függőleges komponenset
- A periodikus zaj amelyet a szűrő eltávolított
- Restaurált kép

