

Ipari képfeldolgozás

Szűrők 2-

Felüláteresztő szűrők

Megyesi Zoltán

megyesi.zoltan@gamf.kefo.hu

KF GAMF Kar AAI Szakcsoport



Laplace szűrő és közelítése

- Laplace operátor:

$$g(x, y) = \Delta f(x, y) \doteq \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) f$$

- Az intenzitásfüggvény másodfokú parciális deriváltjaiból áll
- 3x3 Laplace konvolúciós kernel közelítése különbségekkel:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \rightarrow \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\Delta f \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Laplace szűrő és közelítése

- Közelítés átlag segítségével:

- Ha normalizációs együttható 4, akkor

$$w_L = \Delta f(x, y) \approx f(x, y) - Av(x, y),$$

- Ahol $Av(x, y)$ a 4 szomszédos pixel intenzitás átlaga:

$$Av(x, y) \doteq \frac{1}{4} [f(x-1, y) + f(x, y-1) + f(x+1, y) + f(x, y+1)]$$

- Tipikusan használt Laplace maszkok:

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

4 szomszéd

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

8 szomszéd

Laplace szűrő tulajdonságai

- Kapcsolat az átlaggal:

- Jól közelíthető a kép és az átlag különbségével
- Következmény1: „lassú” változások eltűnnek, csak a „finom” változások maradnak meg (high pass filter)
- Következmény2: homogén képrészekben az eredmény 0

- Értékkészlet:

- Formálisan: [-255, 255]
- Gyakorlatban ritka a nagy változás, az értékkészlet tipikusan szűk

- Érzékeny a gyors intenzitásváltozásra, kis részletekre

- Kontúrok
- Pontok
- Vékony vonalak

Laplace szűrő tulajdonságai

- Zaj érzékenység:
 - Másodfokú derivált nagyon zajérzékeny
- Leggyakrabban simító szűrőkkel együtt használjuk
- Laplacian-of-Gaussian (LoG):
$$W_{LoG} = W_G * W_L$$
 - Simítás a deriválás előtt
 - Kevésbé zajérzékeny
 - A nulla átmenetei az LoG-nak éleket jelöl
- Tipikus **Felüláteresztő (High-pass)** szűrő

Laplace szűrő példák



input



Laplace absolute



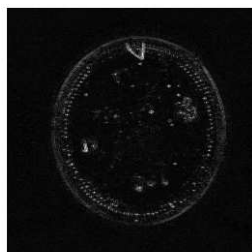
Laplace shift

- Megjelenítési lehetőségek:
 - Abszolút érték: -127-> 127, 127->127
 - Eltolás: -127->0, 127->255
- Különböző részletek

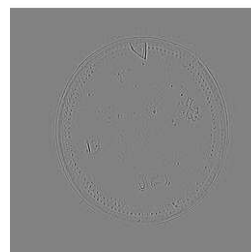
Laplace szűrő példák



input



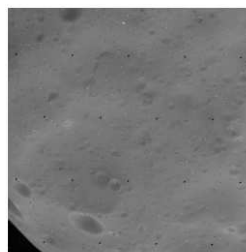
Laplace absolute



Laplace shift

- Finom részletek kiemelése (szilánk, gravírozás)
- Lassú változások eltüntetése

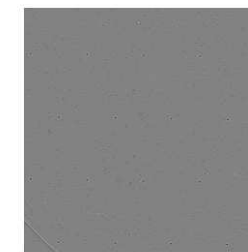
Laplace szűrő példák



input



Laplace absolute



Laplace shift

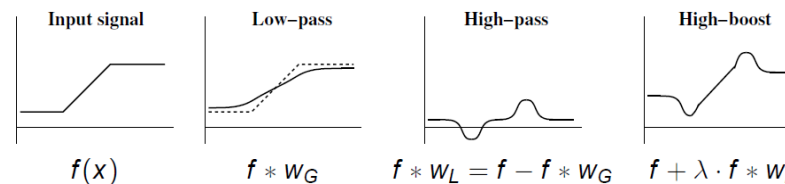
- Laplace szűrő zajérzékeny
- Kiugró pixelhibák esetén, ha nincs kontraszt az eredmény többnyire csak zaj

Unsharp Masking szűrő

- Cél:
 - Kontúrok és más magas frekvenciás jellemzők kiemelése
- Megoldás:
 - Módosítsuk a képet a laplace szűrővel
 - A Laplace szűrő kiemeli a gyors képi változásokat
- Definíció:

$$g(x, y) = f(x, y) + \lambda \cdot \Delta f(x, y)$$
 - Ahol $\lambda > 0$:
 - Minél nagyobb, annál erősebb magas frekvenciás kiemelés
- Tipikus **Felülkiemelő (high-boost)** szűrő

Unsharp Masking szűrő



- Alul áteresztő (Low-pass):
 - Képsimítás (pl.: átlag szűrők)
- Felüláteresztő (High-pass):
 - Magas frekvenciás változások kiemelése (pl.: Laplace szűrő)
 - Az eredeti és egy aluláteresztő különbsége
- Felülkiemelő (High-boost):
 - Az eredeti képhez egy felüláteresztő hozzáadása (pl.: Unsharp Masking)
 - Az „alul” és a „felül” fogalmak a frekvenciatartományból származnak

Unsharp Masking szűrő

- Konvolúciós kernel konstruálás:
 - 8 szomszédság alapú Laplace szűrő alkalmazása

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \lambda \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 + 1/\lambda & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

- Vezessük be $\beta=1/\lambda$, és normalizáljunk:

$$w_U = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 + \beta & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

- Ahol $0 \leq \beta \leq 1$, tipikusan $\beta=0,1 - 0,2$
- Normalizálás, hogy a legnagyobb érték 255 legyen, de más szempont is lehet

Unsharp Masking példák



image 1 result 1 image 2 result 2

- Alkalmazás:
 - Kontraszt javításra fényképészetben
 - Élkiemelés
- Felerősítheti a zajokat

Kép piramisok

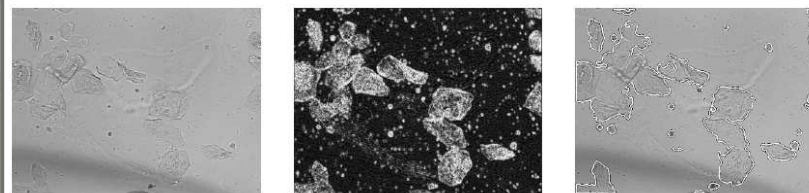
- Képsorozat egy képről különböző felbontással
 - Szűrő alkalmazása majd felbontás csökkentés
 - Addig ismételni, amíg a megfelelő szintet el nem érjük



Gaussian pyramid

Laplacian pyramid

Kép piramisok példa



cell image

pyr. level 2, resized

detected objects

- Példa:
 - különböző sejtek képei
 - Laplace szűrő alkalmazása: objektumhatárok frekvenciája magas
 - Laplace piramis, különböző részletek
 - Feldolgozás alacsony szinten, robusztus eredmény
 - A megtalált objektumok kontúrjai

Szeeparábilis szűrők

- Szeeparábilis szűrők felbonthatók 2 1D szűrő szorzatára:

$$w(x, y) = u(x) \cdot v(y)$$
- Olyan szűrők, melyek konvolúciós maszkjai felbonthatók két vektor diadikus szorzatára, szeeparábilisek

$$w(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad u(x) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$v(y) = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Szeeparábilis szűrők

- Futási sebesség, ha az ablak $D_w \times D_w$ méretű
 - Eredeti: $N = O(D_w^2)$
 - Szeeparabilis: $N = O(2 D_w)$
- Gauss és doboz szűrők szeeparábilisek

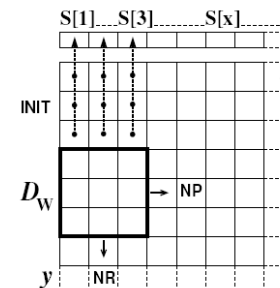
$$w_G(x, y) = w_G(x) \cdot w_G(y), \quad w_G(x) \propto \exp\left\{-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right\}$$
- Szűrő felbontás:
 - Singular Value Decomposition (SVD)

Futó szűrők

- Amikor a szűrő ablak elmozdul:
 - ne számoljunk újra minden értéket
 - csak azt ami változott
- Doboz szűrő és Medián szűrő futó szűrővel gyorsítható
- A hatékonyság a szűrő frissítésének költségén múlik
 - Összegzést tartalmazó függvényeken olcsóbb
 - Medián esetében drágább
- A szűrő frissítése bonyolultabb alakú ablak esetén is értelmezhető

Futó szűrők

- Adatszerkezet: Oszlop eredmények tömbje (S[])
- Inicializálás:
 - Számoljuk ki az első pozíción minden x oszlopra az eredményt és tároljuk S[x]-ben
- Az első pozíció: Adjuk össze az oszlop eredményeket
 $P = (\sum_x(S[x]))$, ez a szűrő kimenete
- Következő pozíció a sorban: frissítsük a szűrő értéket
 - Vonjuk le P-ből S[1]-et és adjuk hozzá S[x+1]-et
- Következő sor: frissítsünk minden oszlop eredményt
 - Minden S[x]-re az első elemet kivonjuk és új értékeket hozzáadunk



Adaptív ablakválasztás

- Idáig nem adaptív szűrőkkel foglalkoztunk:
 - Fix ablak
 - Fix függvény
- Adaptivitás: a lokális környezet felhasználása, a szűrő eredményének javítására
 - P1: átlag szűrőnél átlagolás megakadályozása éleken keresztül
 - P12: medián szűrőnél a sarkok lekerekítésének kezelése
- A probléma oka:
 - Különböző „osztályokba” tartozó pixeleket azonosan kezel a szűrő
 - P1: előtér és háttér objektumok határán

Adaptív ablakválasztás

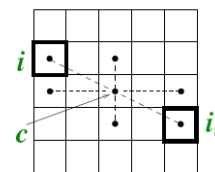
- Alap ötlet:
 - Válasszuk szét az előtér a háttértől
 - Válasszuk szét az lényeges szűrkeszinteket a lényegtelenektől
- Adaptivitás a környezet megválasztásánál:
 - Csak az érdekes pixeleken végezzük a műveletet
- Adaptivitás lehetséges a végrehajtott függvények megválasztásával is
 - Nem foglalkozunk vele

Adaptív ablakválasztás

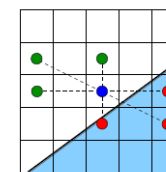
- Hagyományos környezet:
 - NxN-es ablak minden pixel használva (N^2)
- K legközelebbi szomszéd (K-Nearest Neighbours, K-NN)
 - Válaszuk az intenzitásban a c középponthez k legközelebbi pixelt
 - Tipikus k érték: $k = n \times \left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil + (n - 1)$
 - Pl: n=3, k=5
- Sigma- legközelebbi szomszéd
 - Válaszuk az i pixelt, ha $|I(i) - I(c)| < k \cdot \sigma$
 - Általában k=2, σ a zaj szórása homogén terület felett

Adaptív ablakválasztás

- Szimmetrikus legközelebbi szomszédok:
 - Válaszuk az i pixelt, ha $|I(i) - I(c)| < |I(i_s) - I(c)|$
 - Ahol i_s az i-re középpontosan szimmetrikusan elhelyezkedő pixel
 - Intenzitás és geometria összefüggést egyaránt figyelembe veszi
 - Hasznos élek esetén

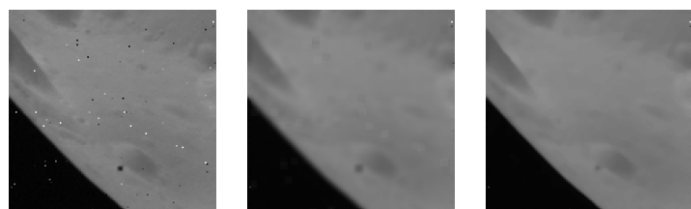


symmetric pixel pair



operation on edge

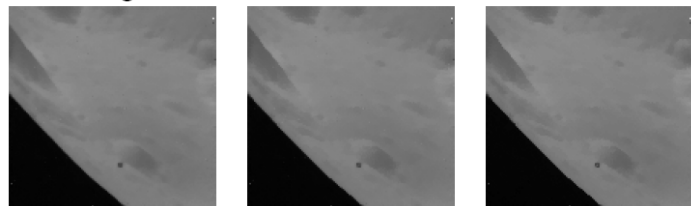
Adaptív ablakválasztás - példa



image

box

median

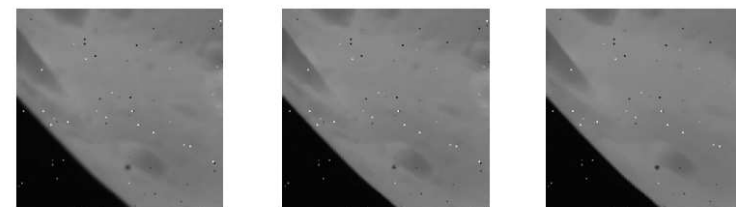


k-NN mean

symm. mean

symm. med.

Adaptív ablakválasztás - példa



sigma mean 5×5

sigma med. 5×5

sigma med. 9×9

- Sigma-legközelebbi ablak pontszerű zajra érzékeny

Források:

- D. Chetverikov: ELTE Digitális képelemzés előadás: <http://visual.ipan.sztaki.hu/>