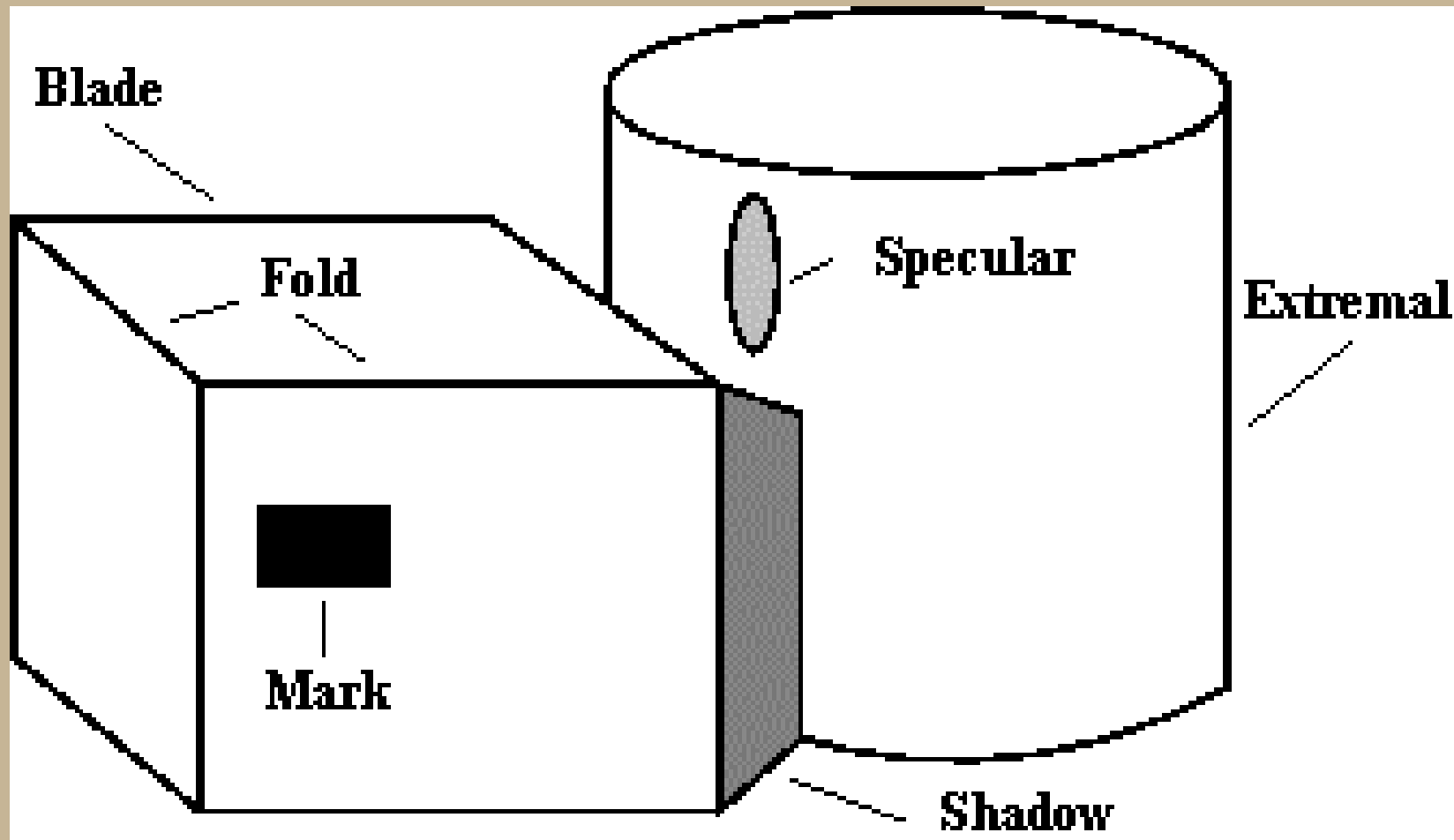


3. Élek detektálása

Kató Zoltán

<http://www.cab.u-szeged.hu/~kato/segmentation/>

- Hol keletkeznek a képen élek?
 - Ahol hirtelen intenzitásváltozás történik:



- ➔ Az intenzitás-gradiensből következtethetünk az élek helyére, irányára.

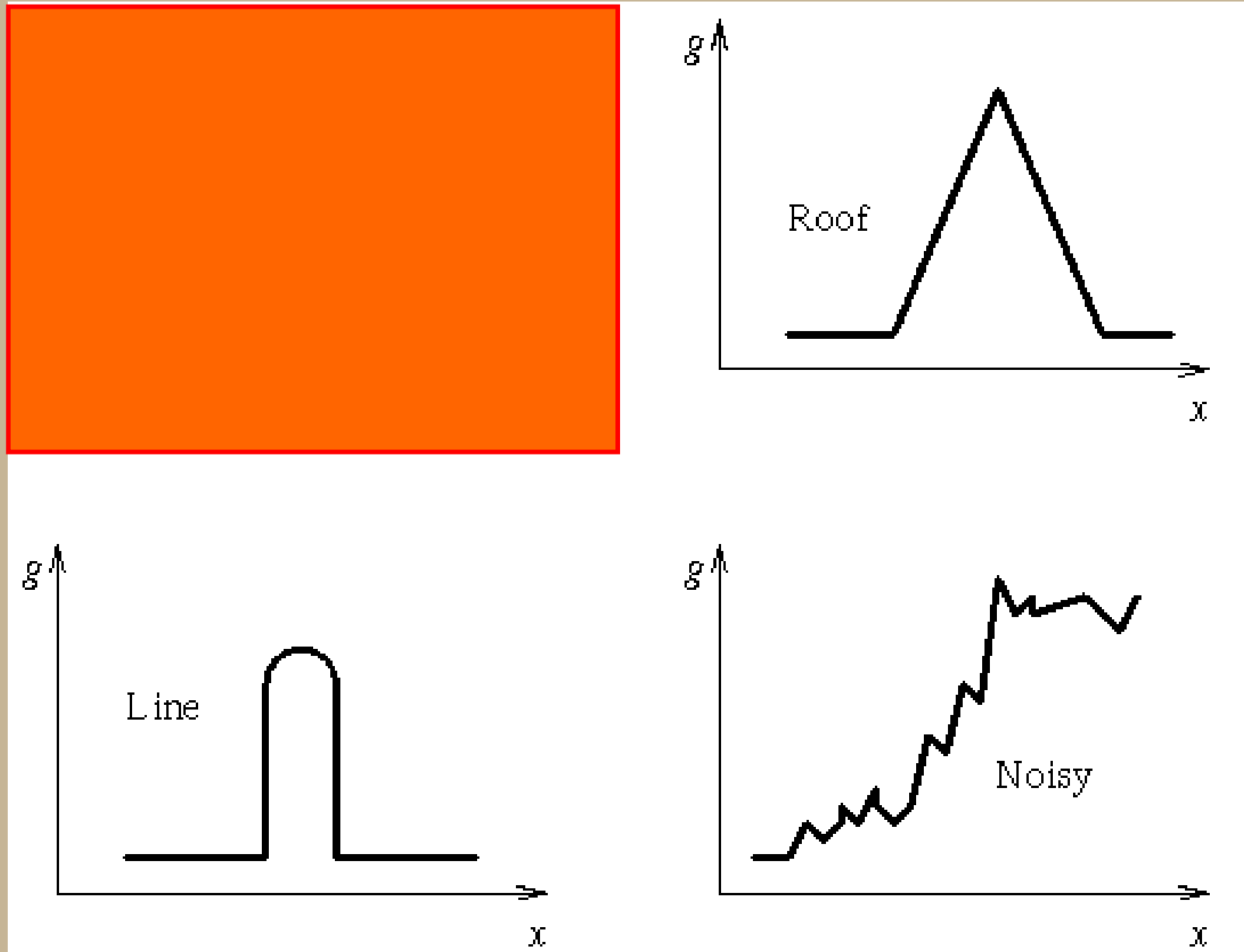
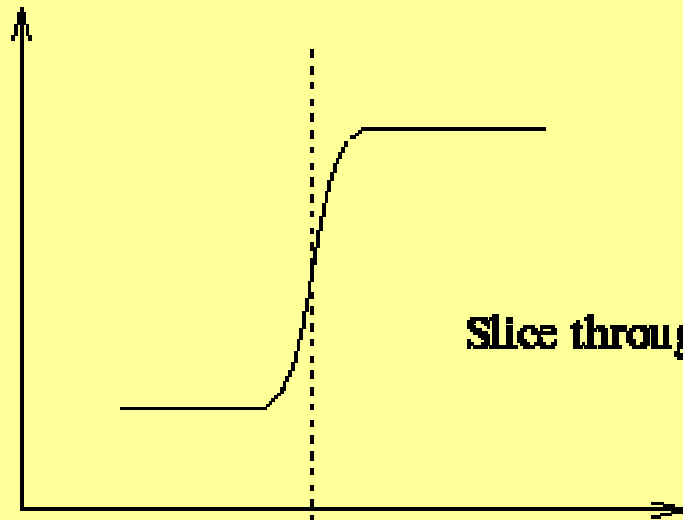


Figure 4.17 Typical edge profiles.

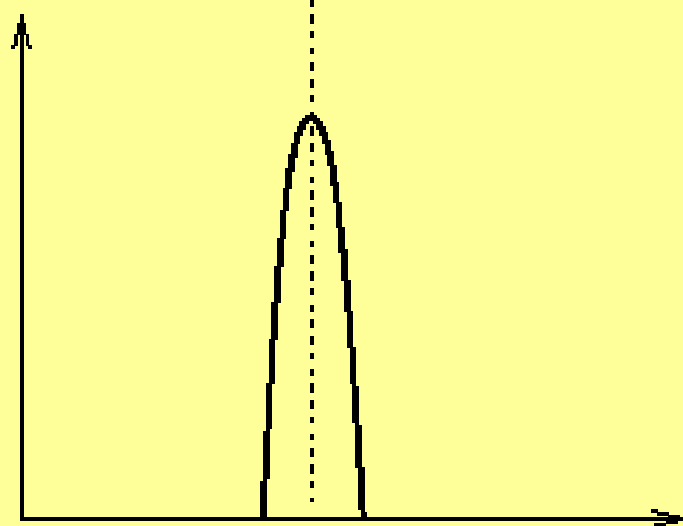
Élek és gradiens

Intensity

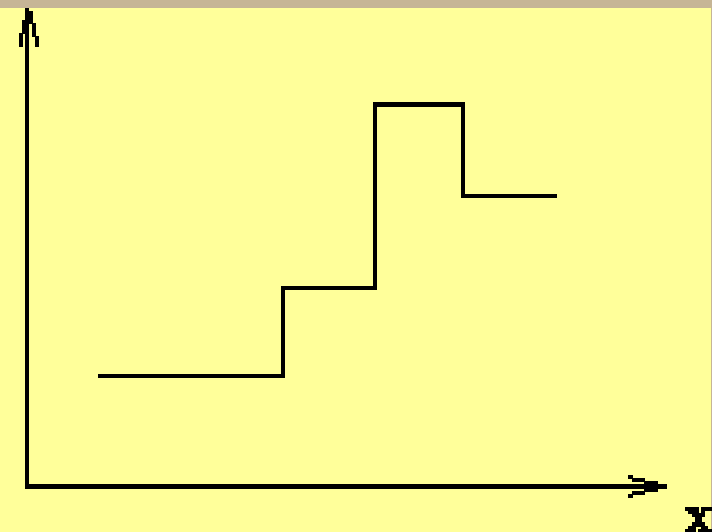


Slice through image

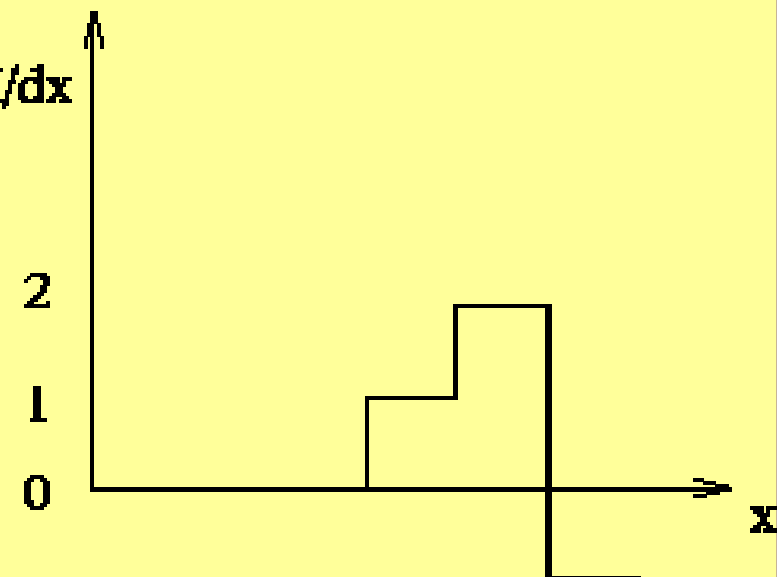
Derivative



I



dI/dx



Gradiens módszer

5

- Gradiens nagysága: $G(x, y) \approx \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
- Gradiens iránya: $\theta(x, y) \approx \arctan(\Delta y / \Delta x)$
$$\Delta x = f(x + n, y) - f(x - n, y)$$
- A fenti értékeket pl. konvolúció segítségével számítjuk ki az alábbi maszk x majd y irányú alkalmazásával:

-1 | +1

- A fenti módszernek több variánsa létezik. Pl. Roberts operátor, ami a 45 fokos éleket emeli ki:

+1	0		0	+1
0	-1		-1	0
G _x			G _y	

Sobel operátor

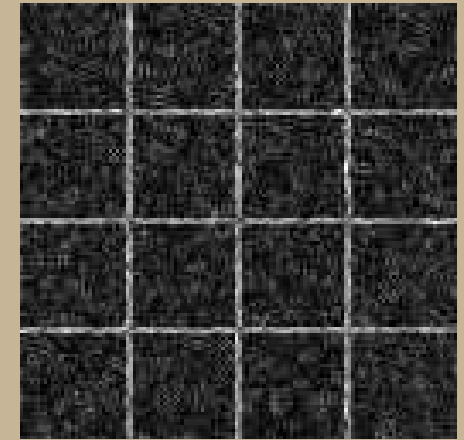
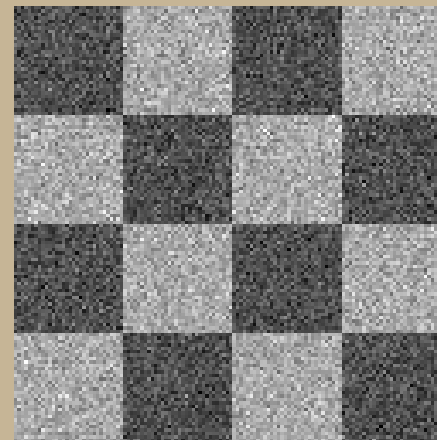
- 3X3 maszk
- Előnye: Kevésbé zajérzékeny (a nagyobb maszkméret eltünteti a pontszerű zajt)
- Hátránya: A nagyobb maszkméret miatt a meredek élek két-három pixel szélességben jelentkeznek. Emiatt utófeldolgozás (élvékonyítás) szükséges.

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

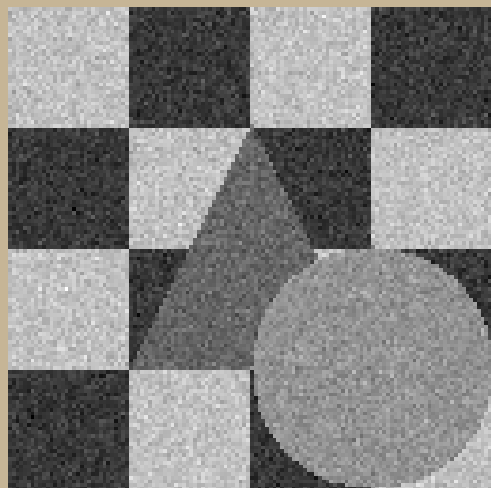
Gx

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

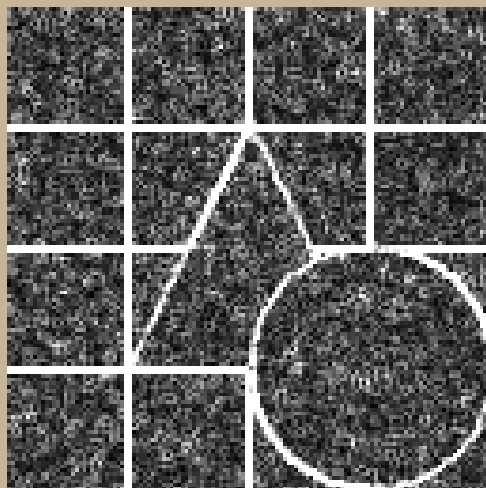
Gy



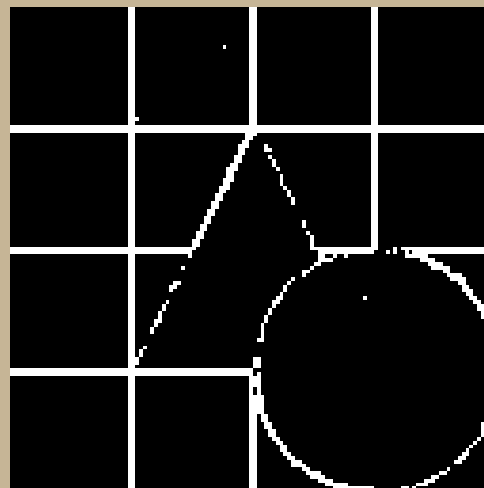
Sobel + Thresholding



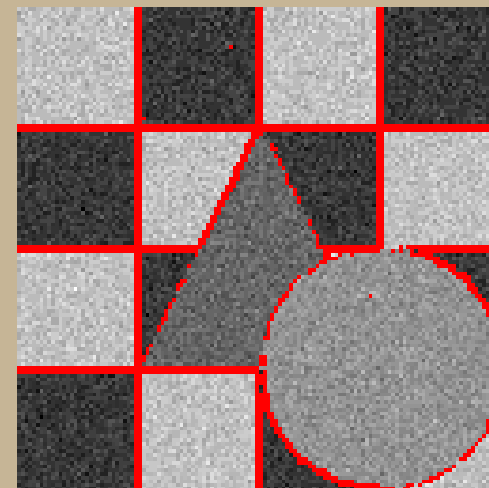
original



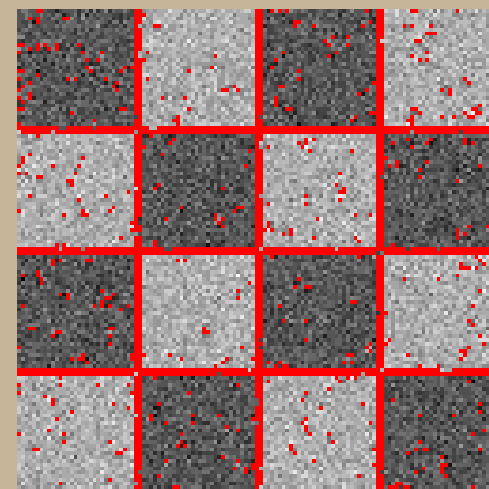
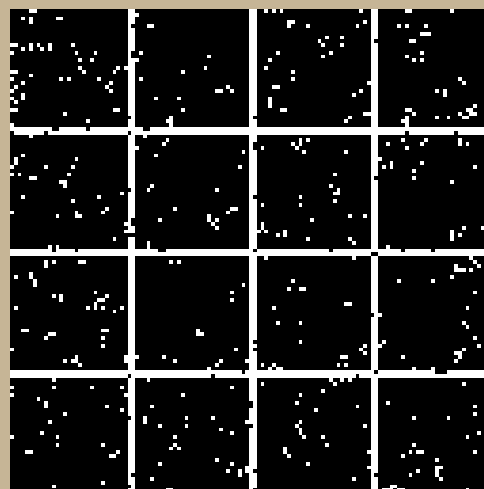
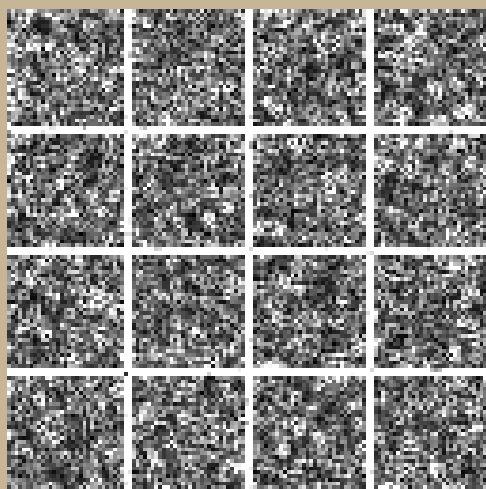
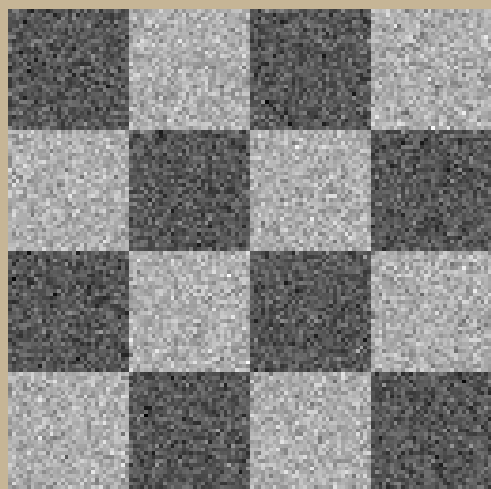
Sobel operátor
Gradiens nagysága



T=250 küszöbölés



Élek



Sobel + Thresholding

8



original

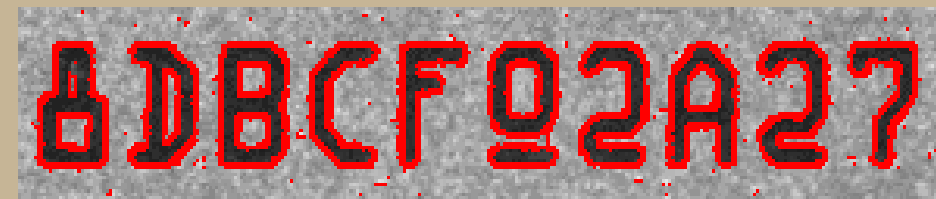


Sobel operátor: gradiens nagysága



$T=250$ küszöbölés

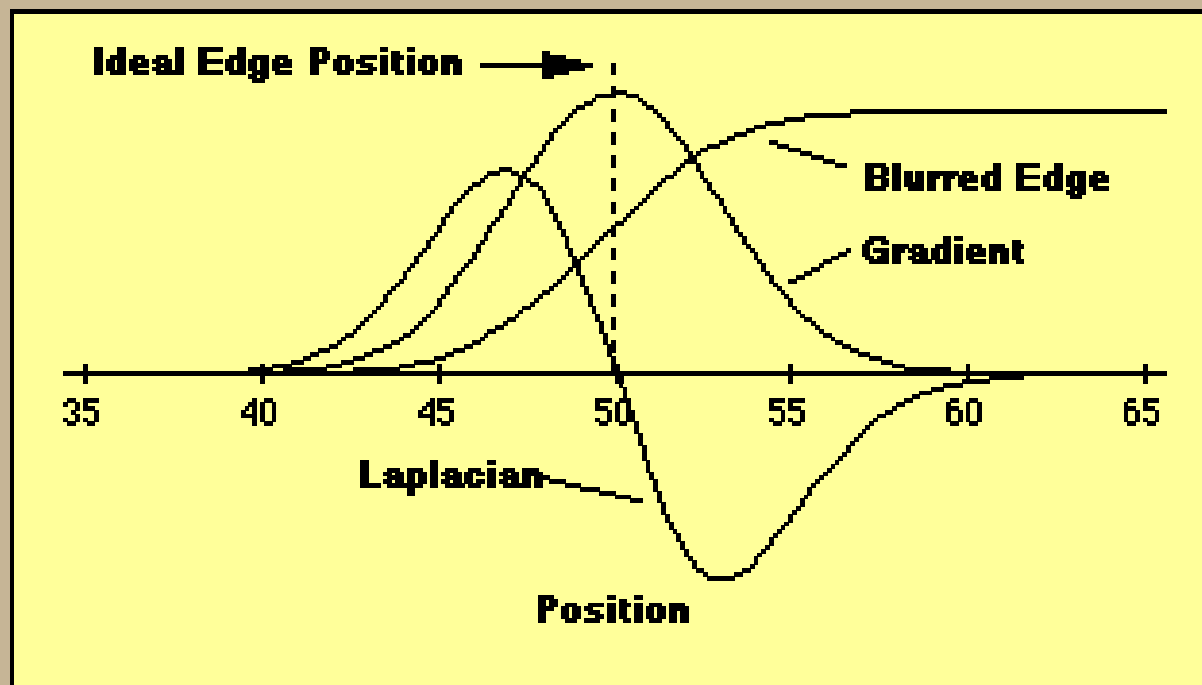
$T=128$ küszöbölés



Élek

- Ahol a gradiens nagy, ott a második derivált **0**(előjelet vált)
- Elmosódott élek esetén pontosabb lokalizálást érhetünk el
- Ebben az esetben csak az élek helyét tudjuk meghatározni, az irányát nem
- Az operátor nem érzékeny az elforgatásra, minden irányban egyformán érzékeny.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$



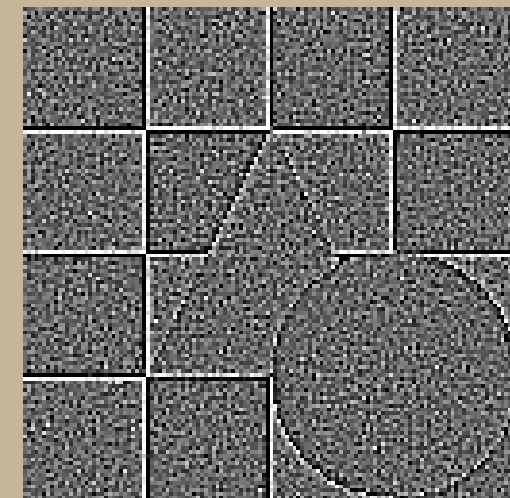
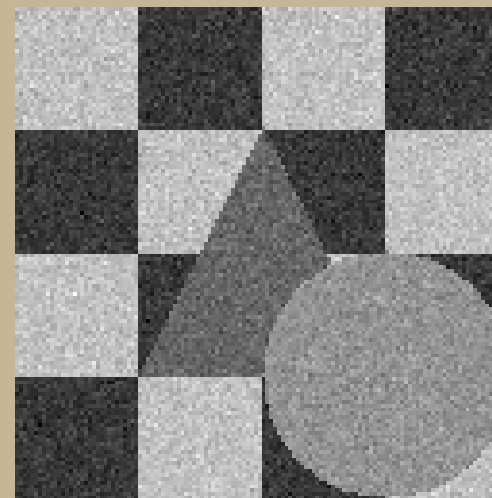
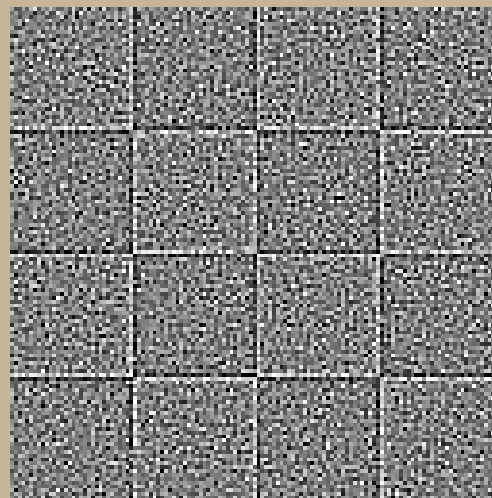
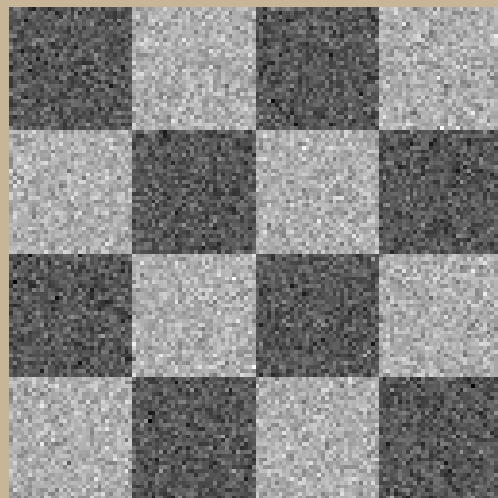
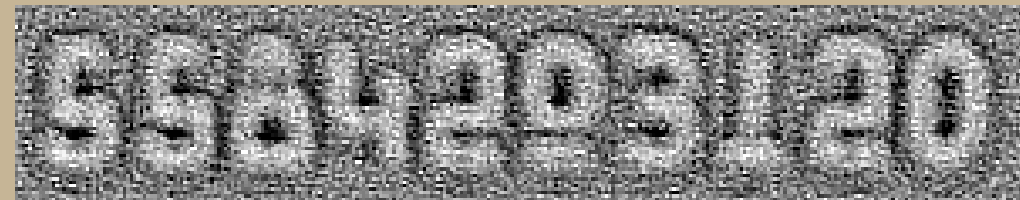
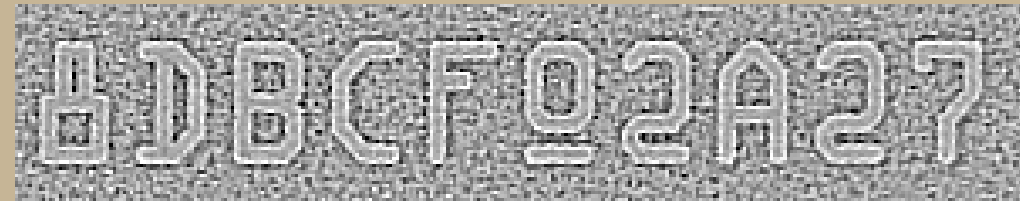
$$\tilde{h} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{h} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

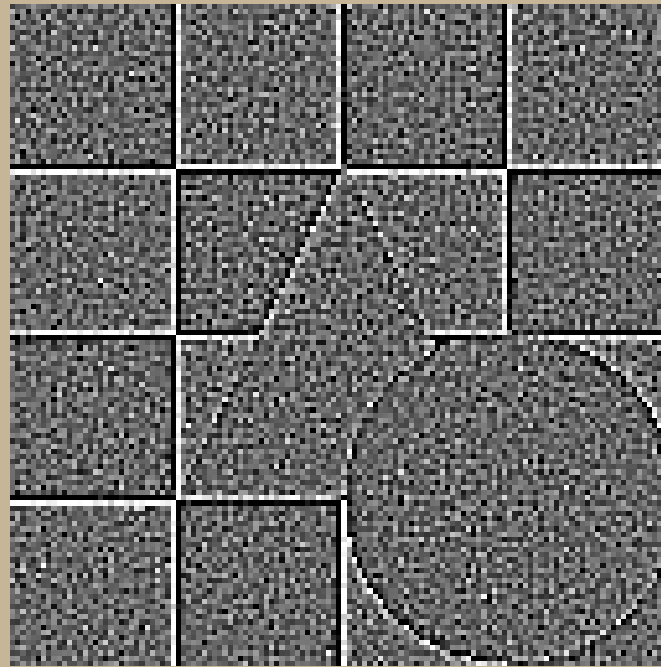
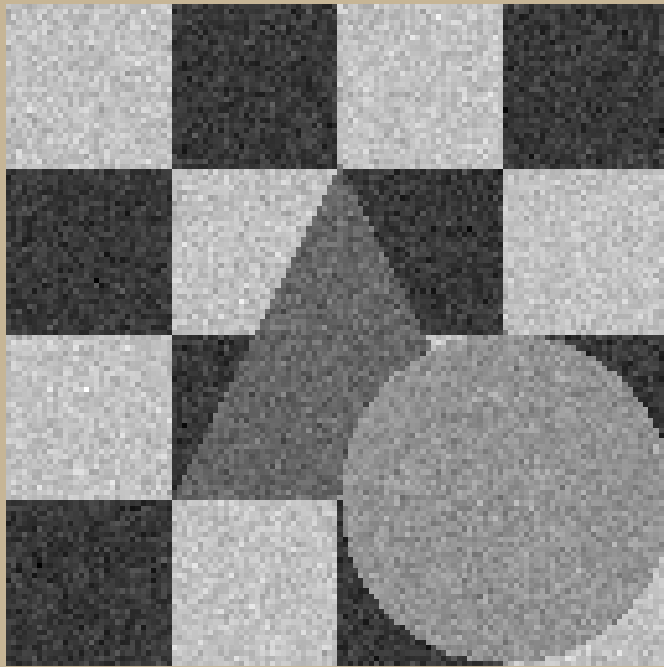
- Közelíti a második deriváltat
- Digitális képek esetében a második derivált egy **3X3** maszkkal közelíthető

Laplace operátor - példák

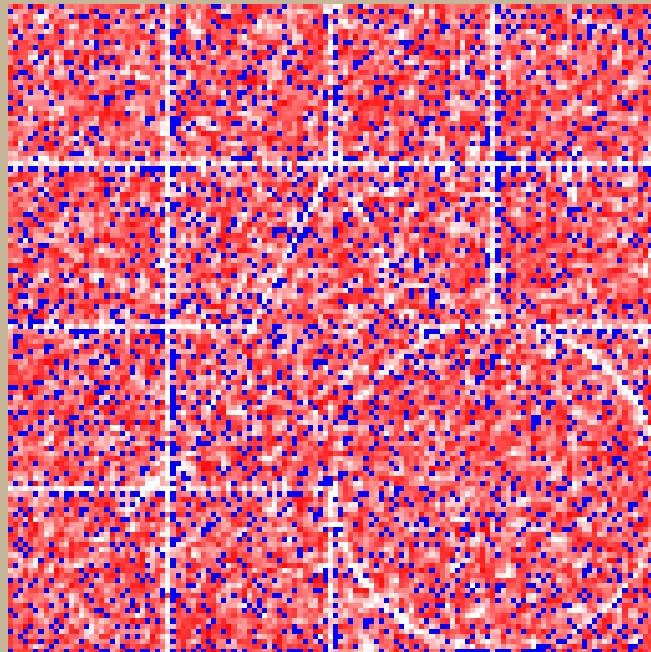
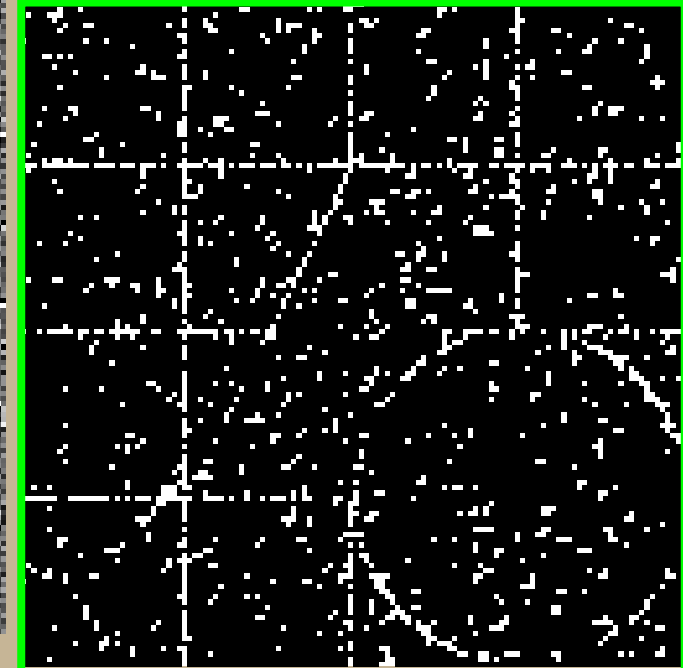
11



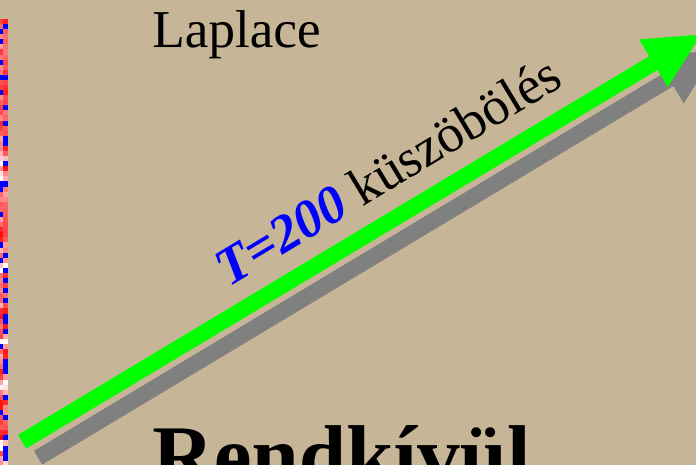
Nulla-átmenetek+gradiens nagysága ¹²



Laplace

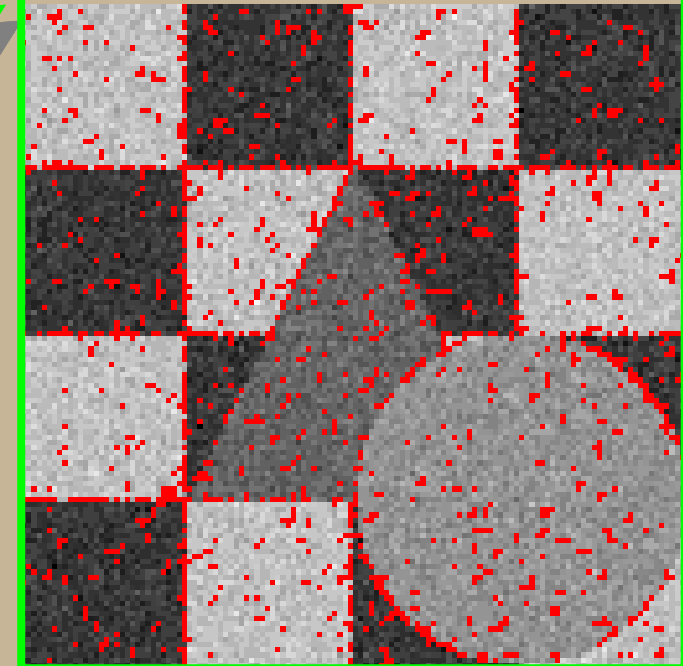


Gradiens nagysága a 0-átmenetekben

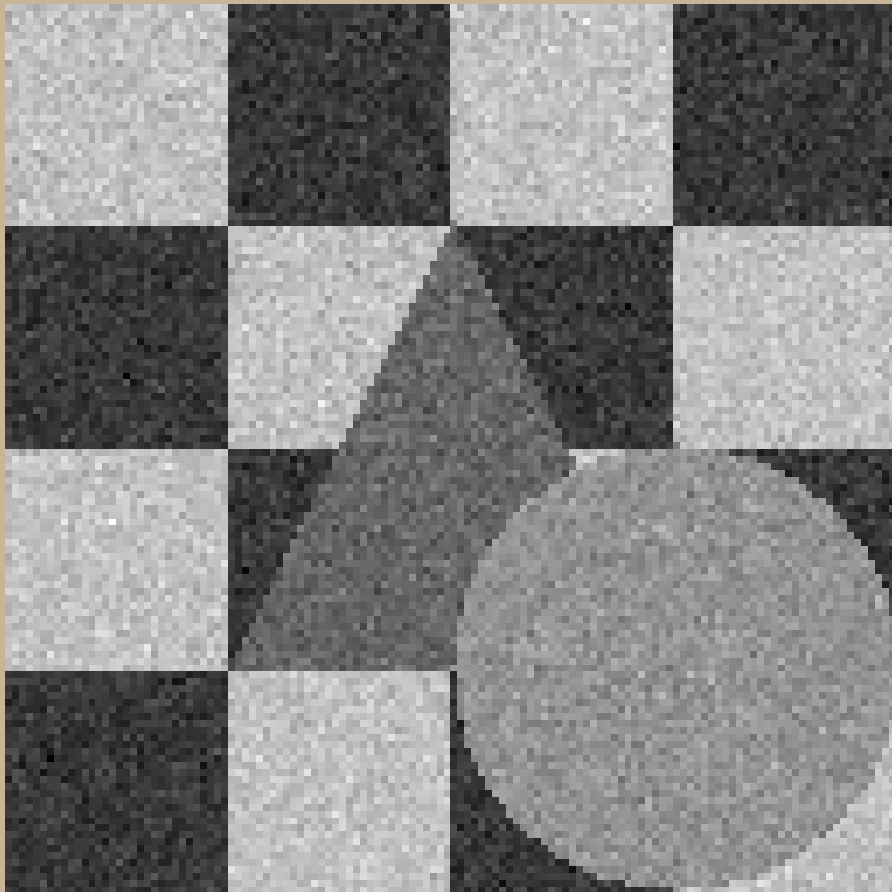


$T=200$ küszöbölés

**Rendkívül
zajérzékeny**

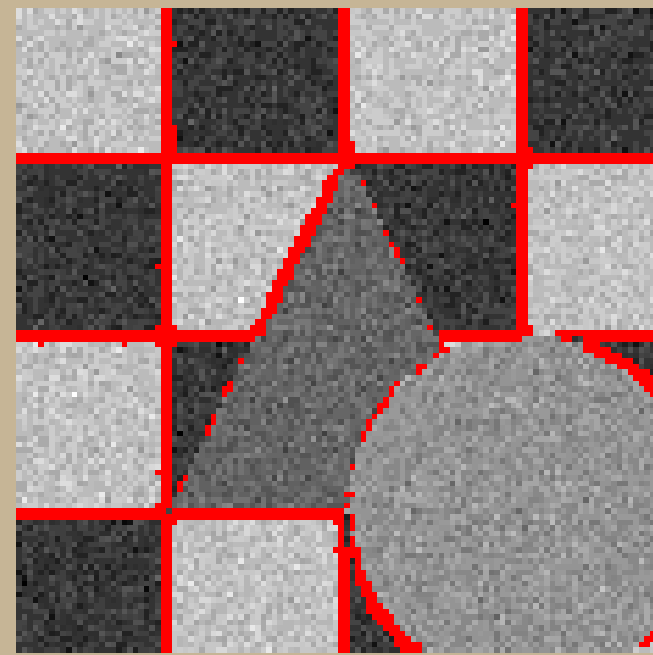
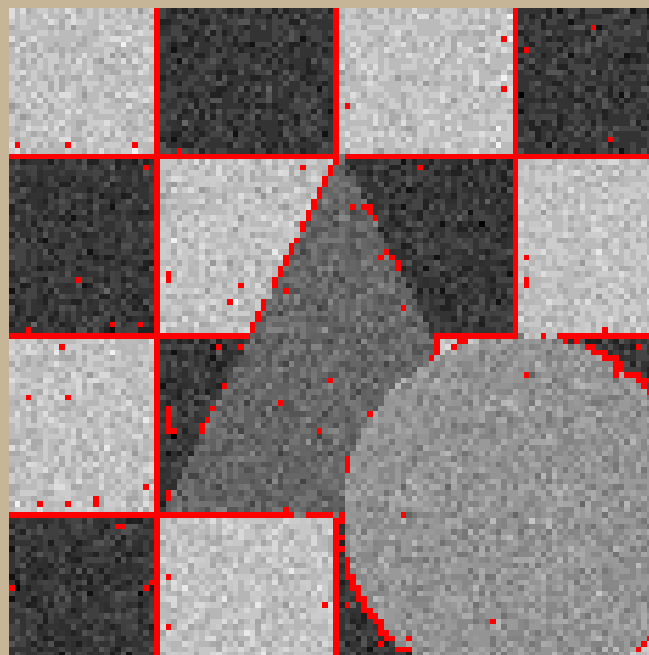
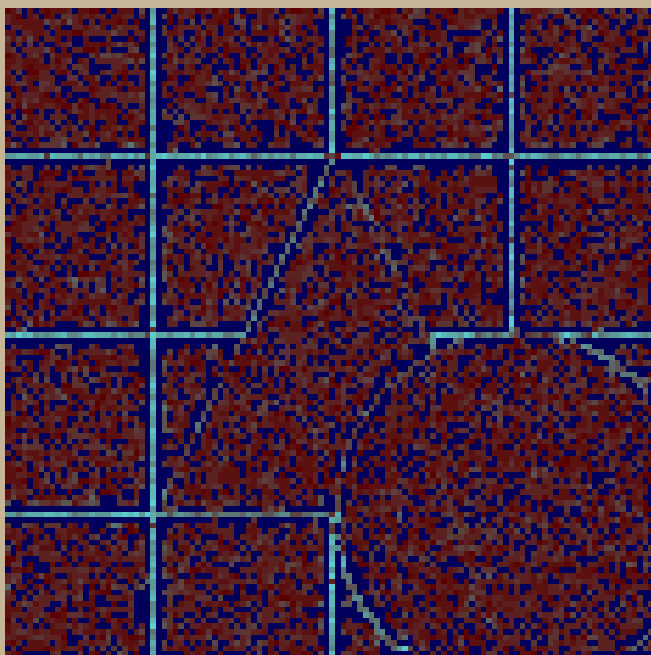
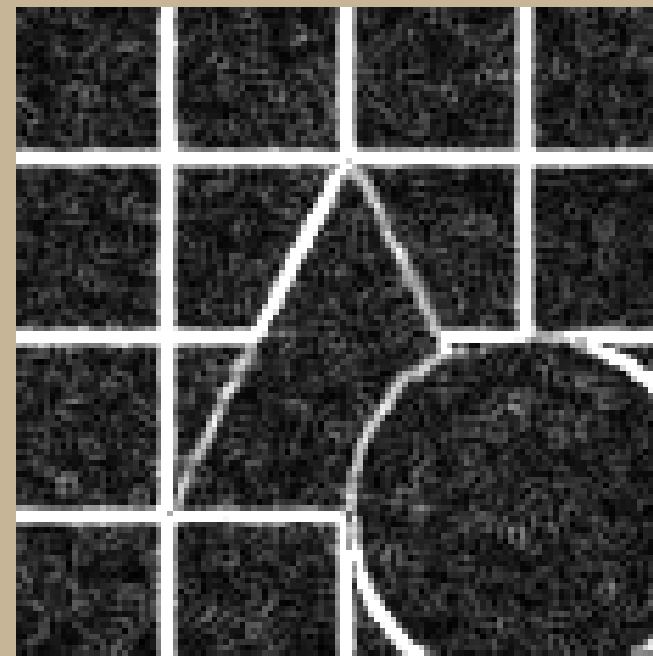
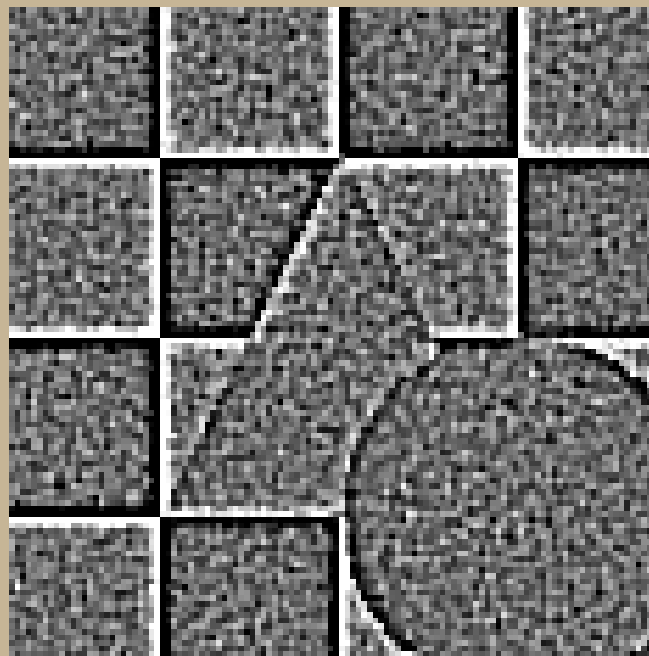
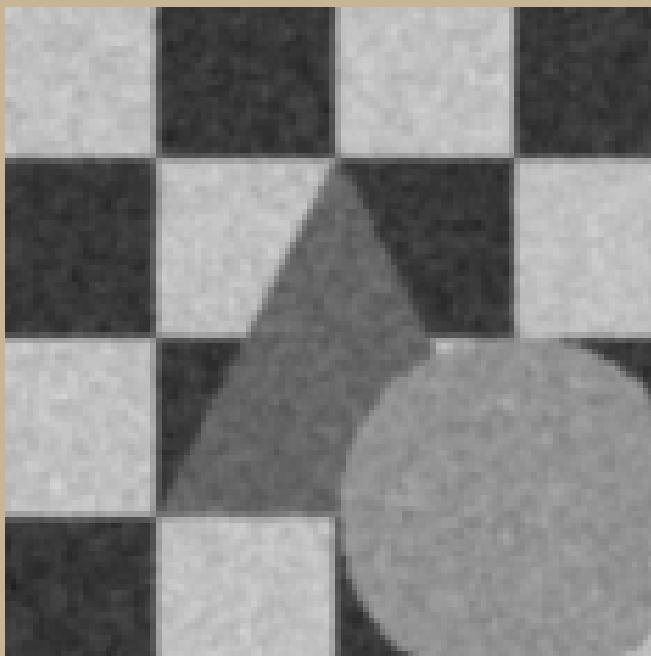


- Zajra nagyon érzékeny, ezért az operátor alkalmazása előtt simítást szoktak alkalmazni
 - Például Gauss simítás:



Gauss + Laplace & Sobel

14



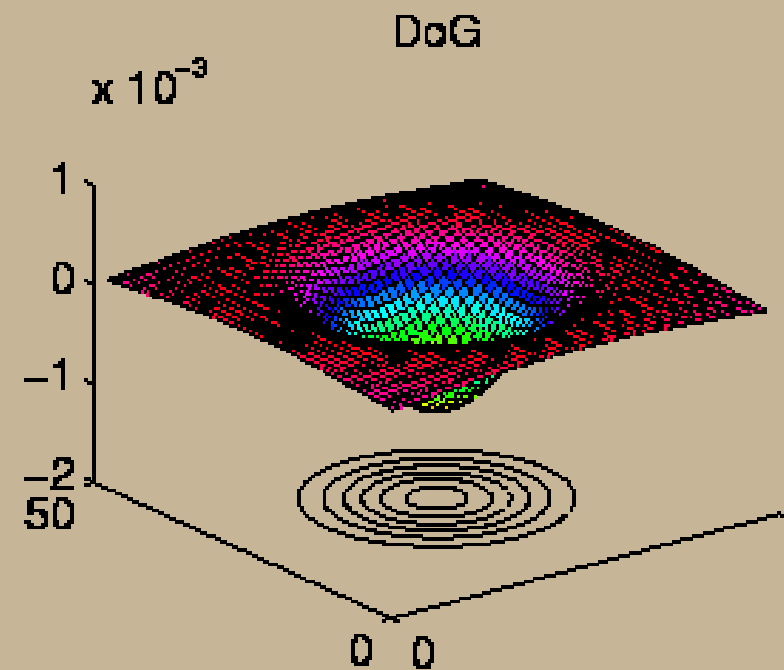
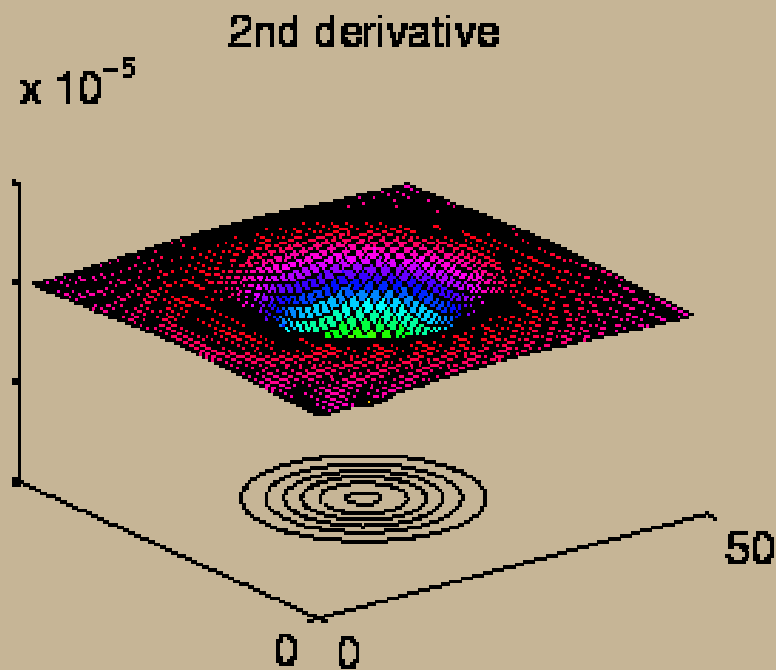
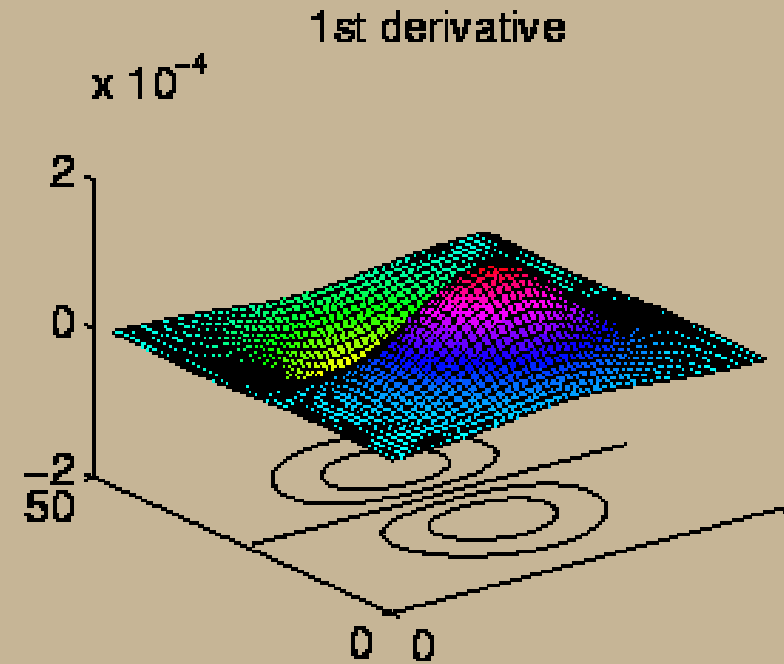
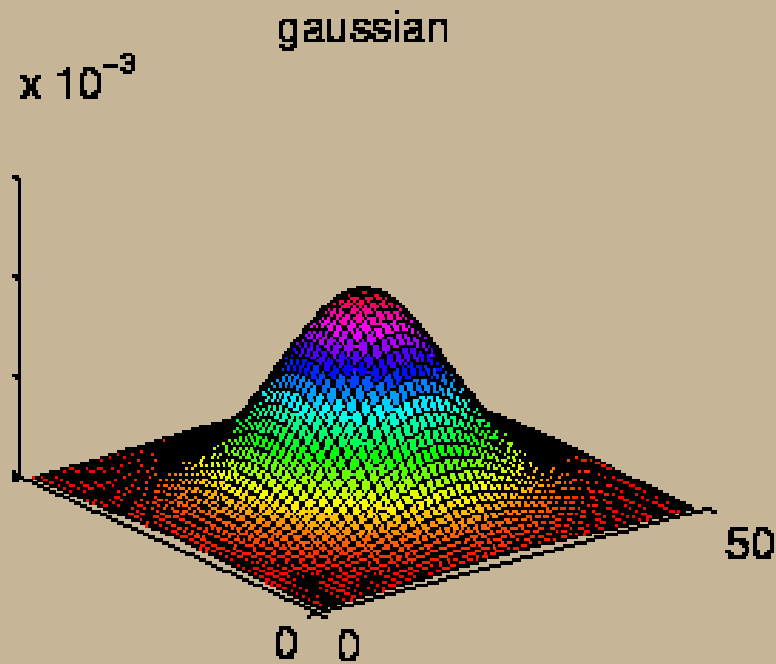
Laplace

Sobel

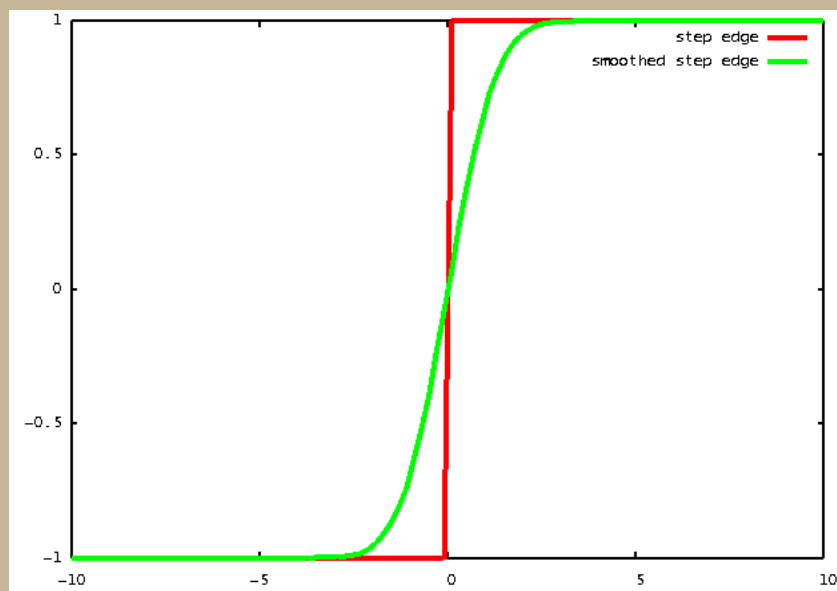
- Alkalmazhatjuk közvetlenül a Gauss szűrő második deriváltját: **LoG** (Laplacian of Gaussian)
- Marr-Hildreth (LoG) operátor előnyei:** $\nabla^2 (G \otimes f) = \nabla^2 G \otimes f$
 - Az emlősök szemében hasonlóan működő receptorok vannak
 - Szimmetrikus: bármilyen irányú éleket megtalál
 - Nulla-átmeneteket egyszerűbb megtalálni (előjelváltás)
 - Mindig zárt kontúrt ad (nem mindig előnyös...)
- Problémák:**
 - Zajérzékeny
 - Némely esetben nem létező éleket is detektál
- Jól közelíthető két Gauss szűrő különbségével, melyek szórásának aránya **1:1.6**
 - DoG** (Difference of Gaussian) operátor $\sim$ **LoG**

DoG operátor

16



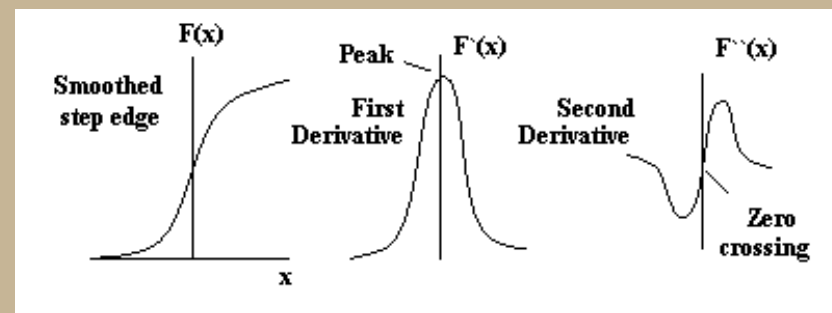
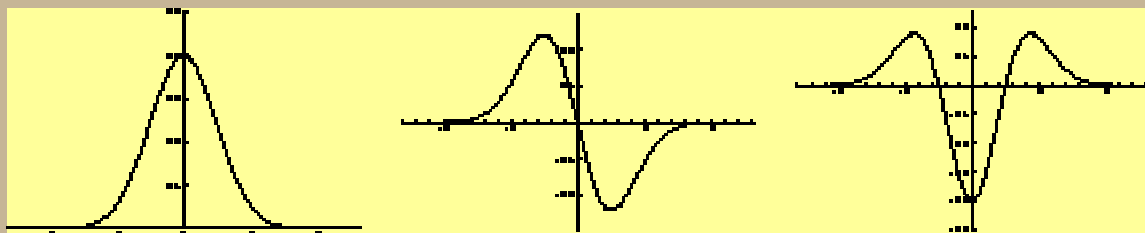
- A leggyakrabban használt éldetektáló algoritmus
- Matematikailag meghatározott, optimális éldetektáló
- **Alapfeltételezés:**
 - Elsősorban 'step-edge' detektálására alkalmas
 - A kiindulási kép Gauss-zajjal terhelt
 - Leggyakrabban használt zaj modell, amely jó pontossággal írja le a szenzor, mintavételezés és kvantálás által keletkezett zajt (vagyis a digitális képrögzítés által létrehozott kép és az eredeti kép közötti eltérést).



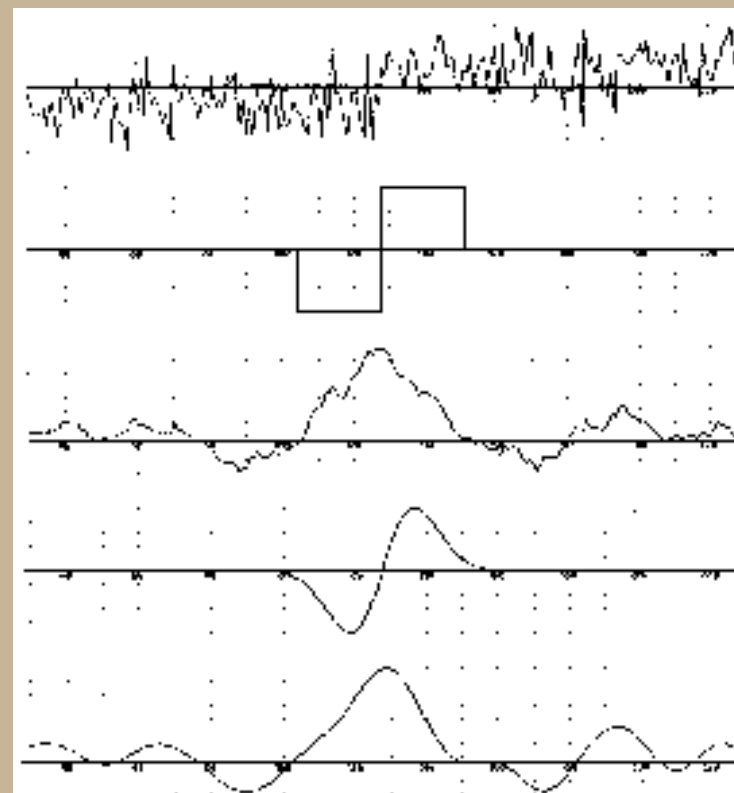
- Milyen kritériumoknak kell megfelelnie egy ideális éldetektálónak?
 - Megbízható
 - mindent valódi élt detektál
 - nem detektál hibás éleket (zajos kép)
 - Az éleket pontosan lokalizálja
 - Minden élt pontosan egyszer jelez (ld. Sobel operátor)
- A fenti kritériumokat matematikailag egy hibafüggvényben összefoglalva meghatározhatjuk az optimális szűrőt, amely nagyon közel áll a Gauss függvény első deriváltjához:

$$G'(x) = -\frac{x}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

- Simitás Gauss függvénnnyel, első és második derivált

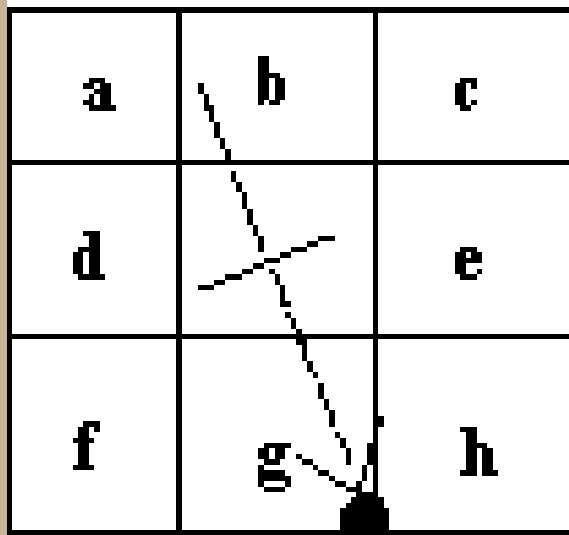


- A kép és a Gauss fv. konvolúciójának első deriváltjának ekvivalens a kép és a Gauss fv. első deriváltjának konvolúciójával.
- Zajszűrés és éldetektálás kombinálható
- Első derivált: élekben maximum
- Második derivált: élekben 0 átmenet
- Thresholding már adhat éleket
- 4 lépéses eljárás adja az optimálisat



- Simitás egy kétdimenziós Gauss szűrővel
 - Nagyobb szűrő esetén lassú
 - Két 1D Gauss szűrővel (x és y irányú) közelítünk (minden pontban 2 értéket ad)
- Differenciálás
 - 2D Gauss esetén x és y irányban differenciálunk
 - Két 1D Gauss esetén az
 - x irányú simított kép y-irányú 1D Gauss deriválttal vett konvolúciója
 - y irányú hasonlóan
 - Ezekből már számolható a gradiens nagysága és iránya, mint a Sobel operátornál.
- Ha nagyobb a Gauss szűrő akkor jobban csökkenti a zajt **DE** kevésbé pontosan lokalizálja az éleket!

- Élek ott vannak, ahol a gradiensnek lokális maximuma van
- A nem maximumokat el kell hagyni
 - Azokat akarjuk elhagyni, amelyek **merőlegesek** az élre
 - a párhuzamosakat érdemes megtartani, hogy folytonos éleket kapjunk (sarkoknál problémás lehet).
- Differenciálás helyett közelítést alkalmazhatunk

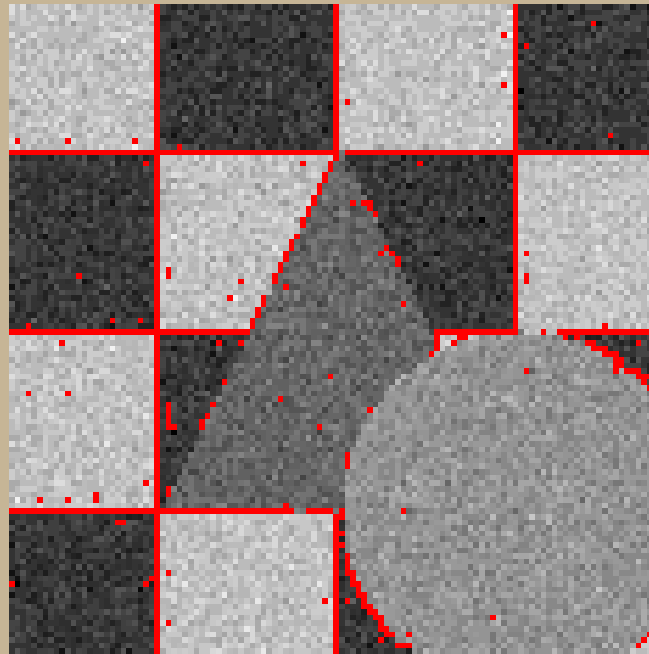


From central gradient value
interpolate gradient value at
● from gradient values at e,
g and h. Repeat in opposite
direction. Suppress if
non-maximum

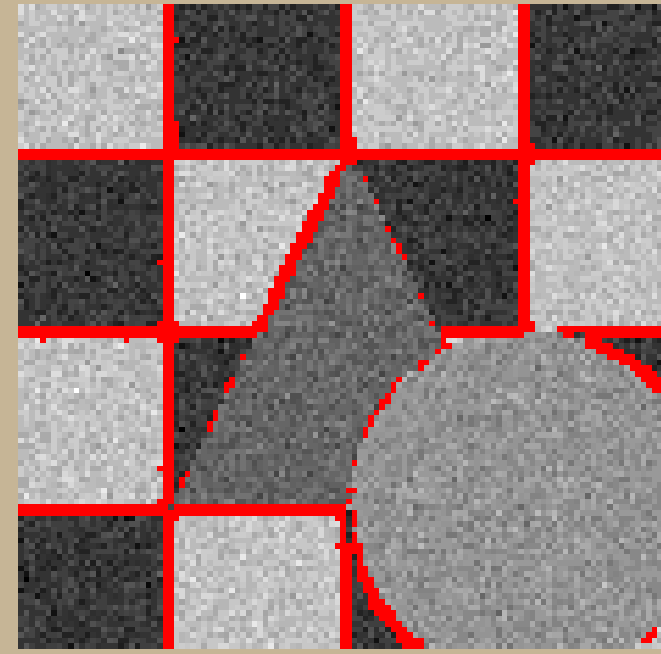
- Thresholding: ha az élek értéke a küszöb körül ingadozik, akkor sok szakadás keletkezik
- Hysteresis**: egy helyett két küszöb (alsó, felső)
 - Ha a felső küszöbnél nagyobb, akkor vegyük fel élnek
 - Ha az alsó küszöb alatt van, akkor nem él
 - Ha a kettő között van, akkor vegyük fel élnek, ha egy szomszédos pixel élhez tartozik.

Canny éldetektáló: példák

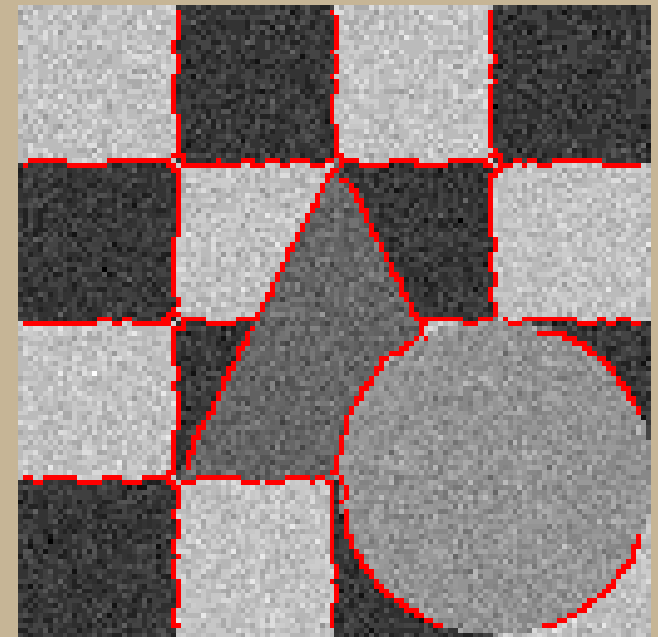
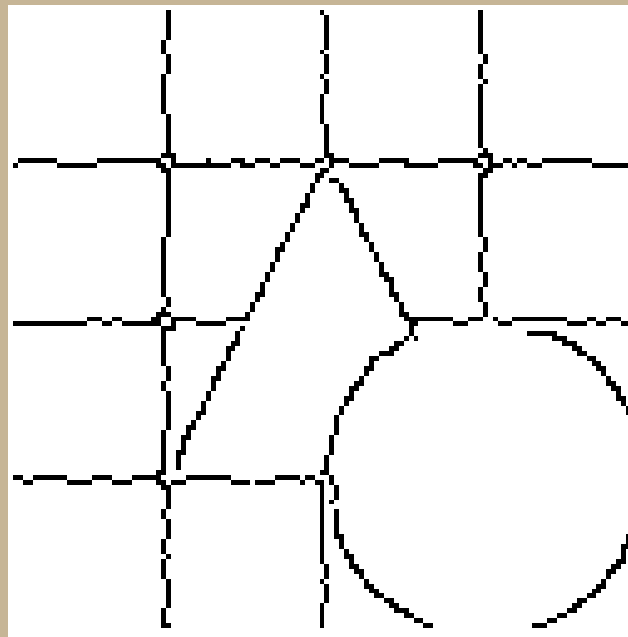
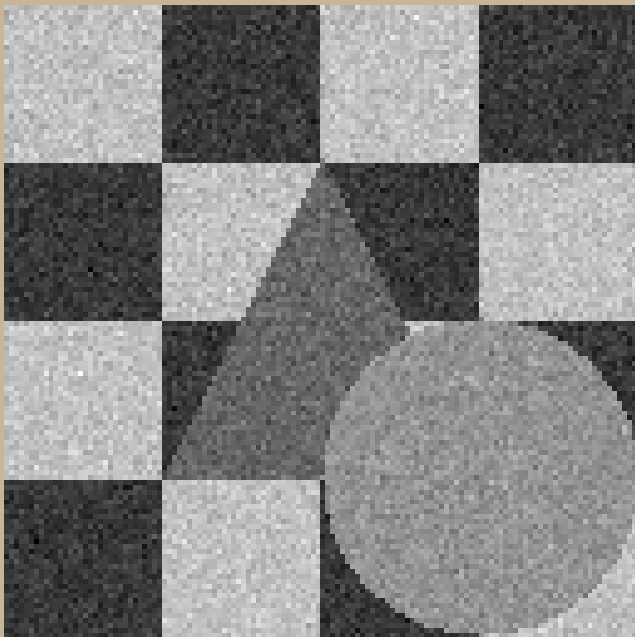
23



Best Laplace



Best Sobel



Canny éldetektáló: példák

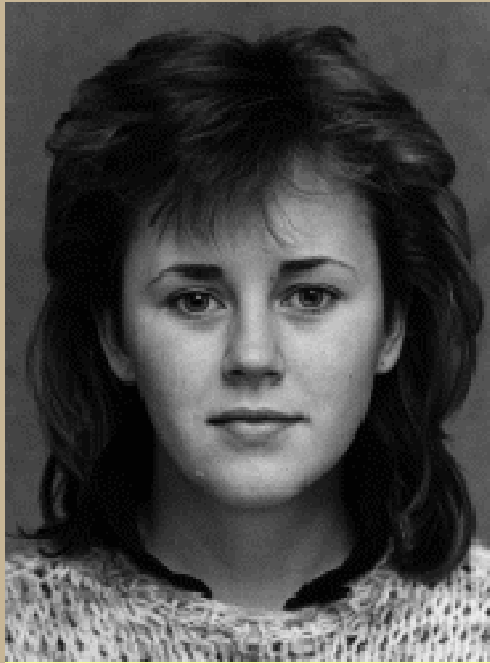
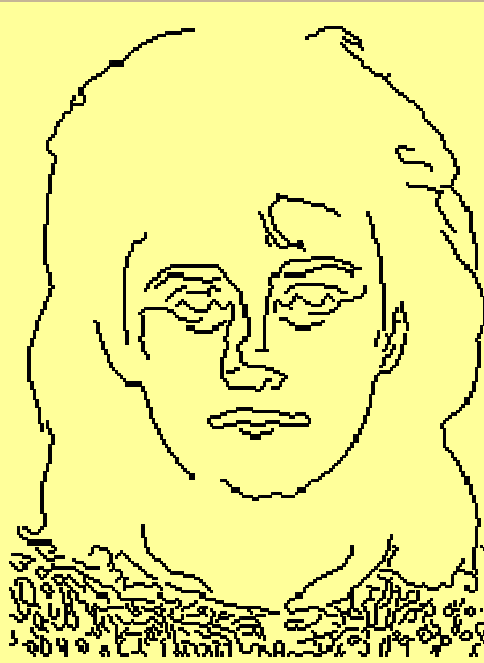


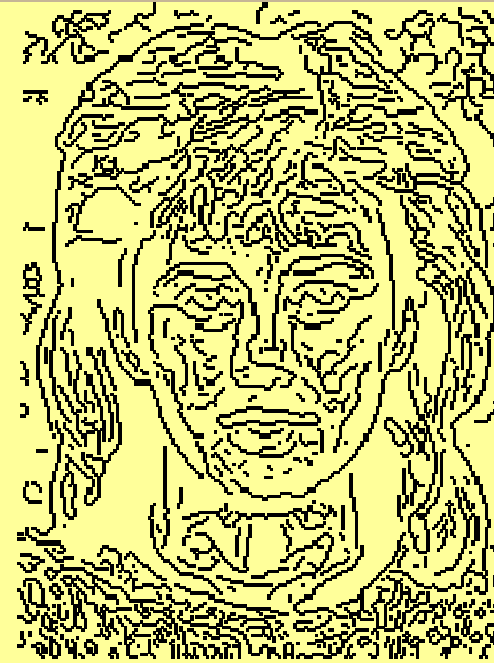
Image of girl



$a=1, m=9, l=0.3, h=0.9$



$a=0.5, m=7, l=0.3, h=0.9$



$a=1, m=9, l=0.1, h=0.9$