

Aktív kontúrok és különböző éltérképek

Kovács Andrea, Szirányi Tamás

web.eee.sztaki.hu

Tartalom

- A hagyományos aktív kontúr
- A Gradient Vector Flow (GVF) snake
- Harris-alapú GVF snake

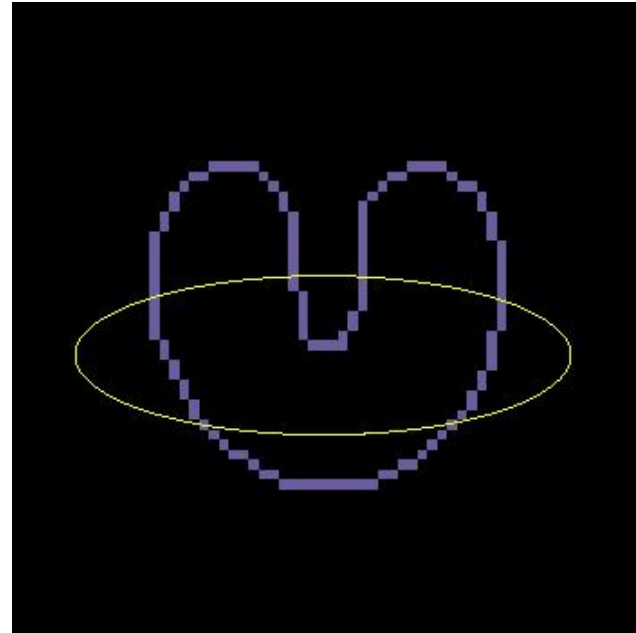
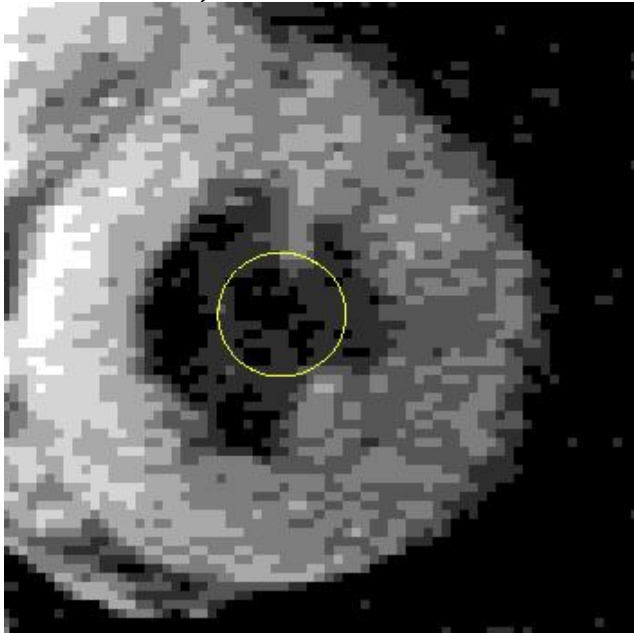
Bevezetés

- Aktív kontúr (snake):
 - Michael Kass
 - Andrew Witkin
 - Demetri Terzopoulos

„Snakes: Active contour models”,
International Journal of Computer Vision,
vol. 1, no. 4, pp. 321–331,
1988.

Mi is az aktív kontúr?

- Energia minimalizáló eljárás, ahol a körvonalat különböző erők vezérik:
 - Belső erők (pl. különböző simasági feltételek a görbére)
 - Külső, feltételes és képi erők (pl. kiinduló alakzat, élek, sarkok)



Aktív kontúr alkalmazásai

- Objektumok körvonalának detektálása
- Éldetekció
- Képek összehasonlítása
- Mozgás követése
- ...

Aktív kontúr viselkedése

- Az aktív kontúr a legközelebbi lokális energia minimumot találja meg.
- Szükséges külső erő alkalmazása:
 - Felhasználó beavatkozása (kezdeti kontúr kijelölése)
 - Magasabb rendű ismeretek kihasználása (mit keresünk?)
- Legjobb a keresett körvonal környékén kijelölni a kezdeti kontúrt, ha lehetséges
- Így a snake biztosan a megfelelő objektumot találja meg

Aktív kontúr energiák

- $v(s) = (x(s), y(s))$ – a kontúr pontjai

$$E = \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{ext}(v(s)) ds$$

- E_{int} = hajlításból származó belső energia, a görbe simaságát befolyásolja
- E_{ext} = külső feltételek
 - Felhasználó beállításai, magasabb rendű ismeretek
 - Képi tulajdonságok: élek, sarkok, ...

E_{int}

- Belső, hajlításból származó energia
- $E_{\text{int}} = \frac{1}{2} (\alpha(s)|v_s(s)|^2 + \beta(s)|v_{ss}(s)|^2)$
 - $v_s(s)$, $v_{ss}(s)$: első- ill. másodrendű derivált
 - $\alpha(s)$: elaszticitási paraméter
 - Rugalmasságot segíti, 2 szomszédos pontot figyel
 - $\beta(s)$: rigiditási paraméter
 - Merevséget segíti, 3 szomszédos pontot figyel, kilógó pontokat „behúzza”

E_{ext}

- Képi tulajdonságok kiemelése
- A képi alakzatokat (élek, sarkok) kiemeli, ezek lesznek a minimumhelyek
- Tipikus külső energiák:

$$E_{\text{ext}}^1(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2$$

$$E_{\text{ext}}^2(x, y) = -|\nabla(G_\sigma(x, y) * I(x, y))|^2$$

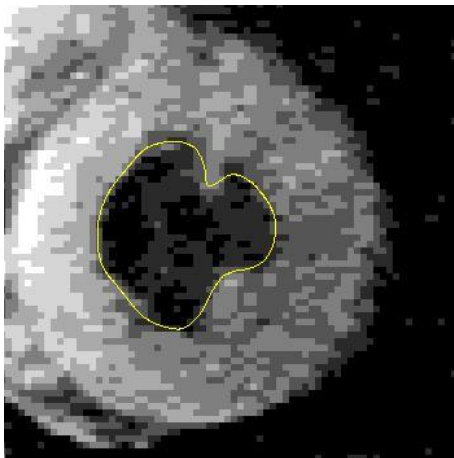
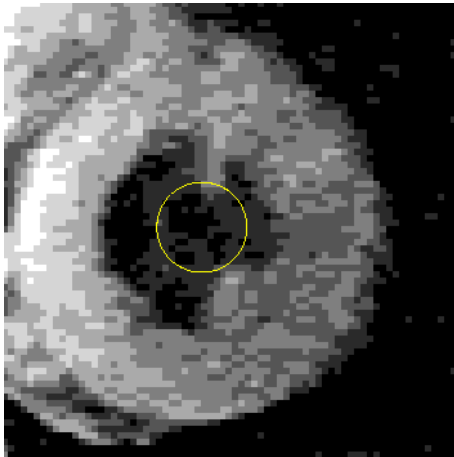
$$E_{\text{ext}}^3(x, y) = I(x, y)$$

$$E_{\text{ext}}^4(x, y) = G_\sigma(x, y) * I(x, y)$$

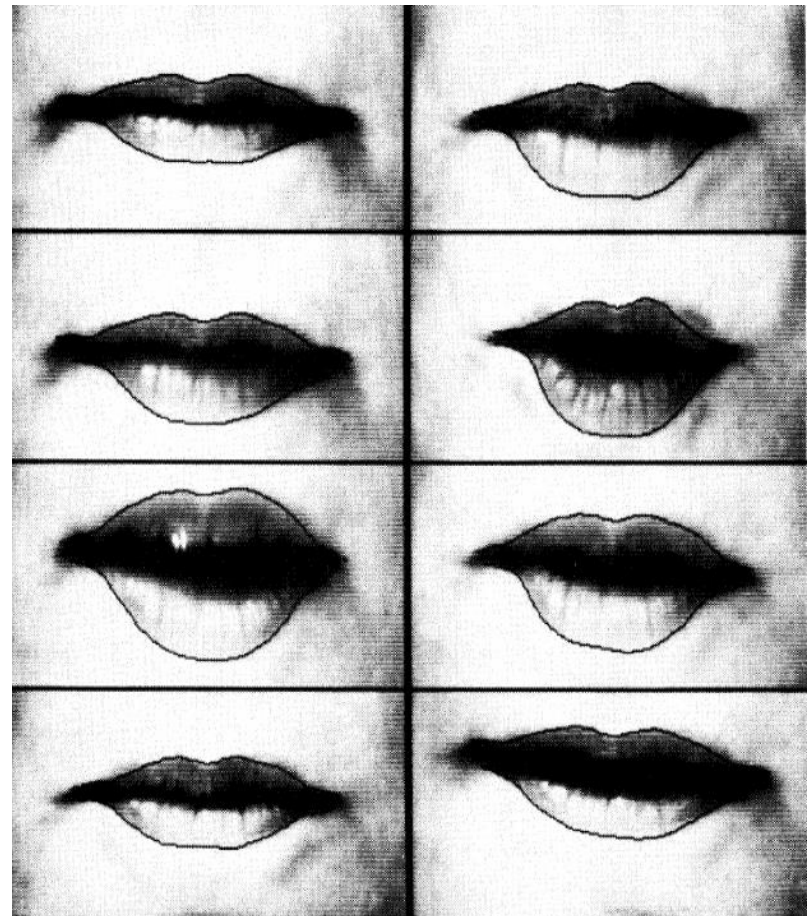
- $G_\sigma(x, y)$: σ -szórású Gauss-elmosás

Alkalmazások

- Objektum keresése:

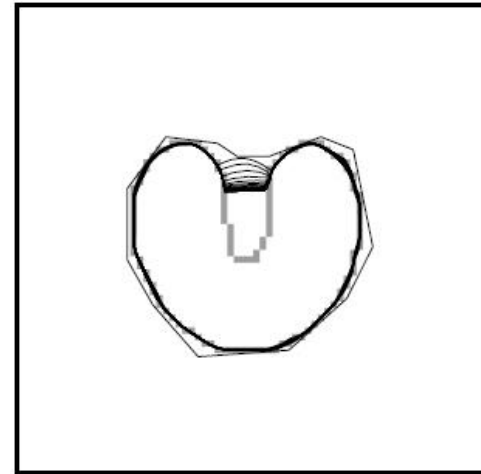
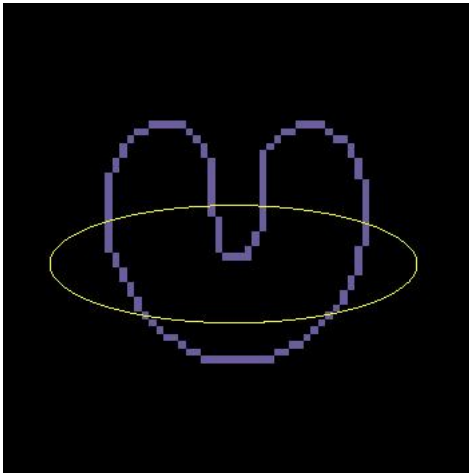


- Mozgás detekció:



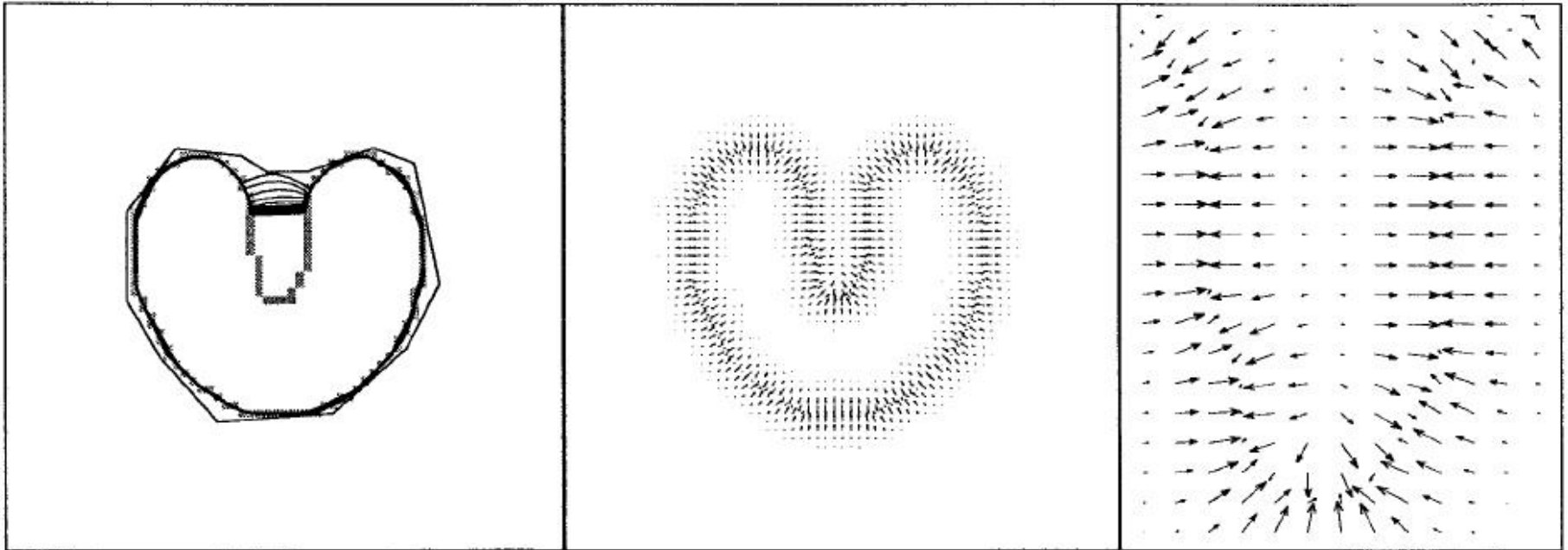
Hátrányok

- Érzékeny a kiindulási alakzatra, zajra
- Konkáv régiókba nem tud belemenni

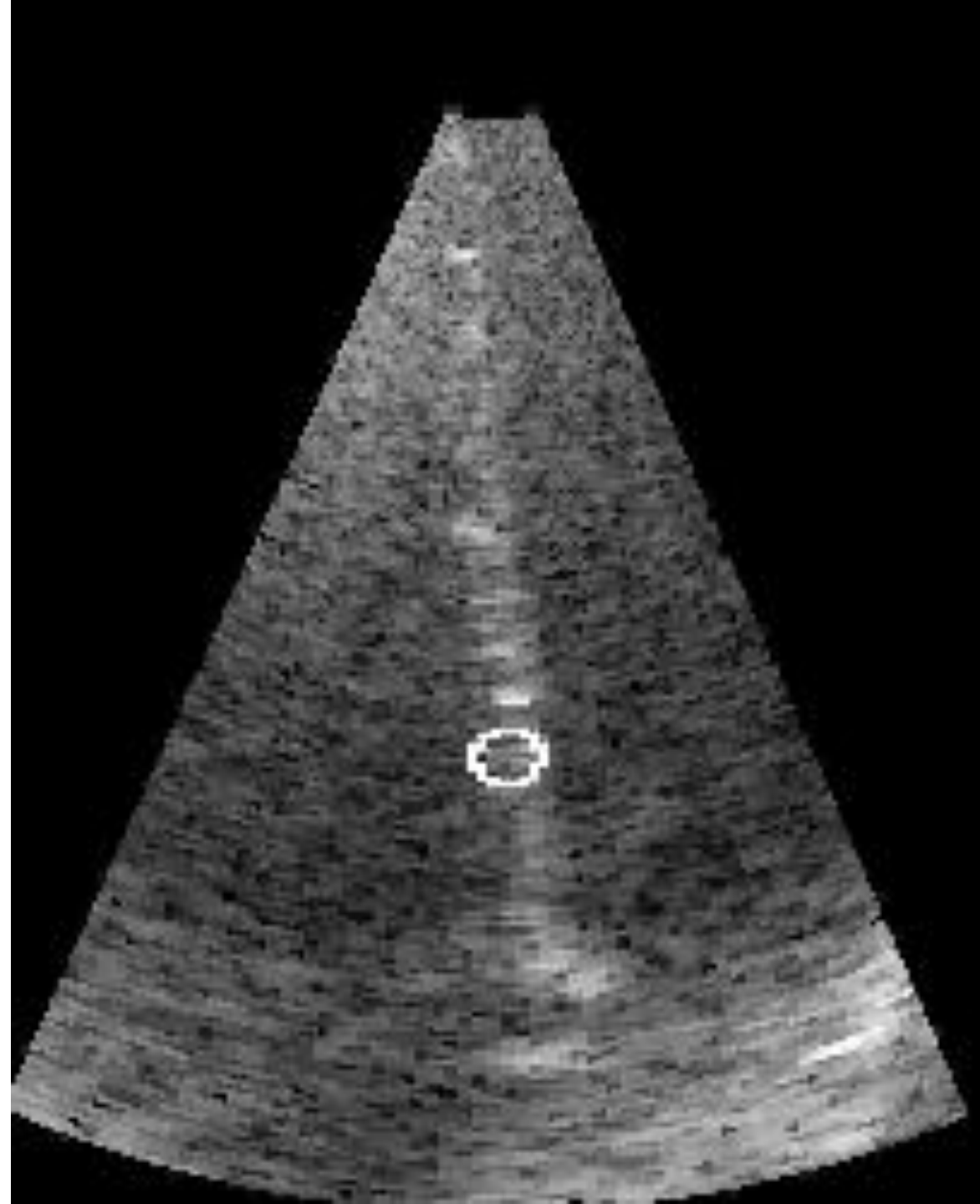


Konkáv régiók

- Külső energiák kihálnak vagy rossz irányba mutatnak



- Konkáv hajlatban vízszintes ill. „kihalt” energiák
- Új külső energia kellene



GVF Snake

- Új külső energiafüggvény: Gradient Vector Flow
 - Chenyang Xu
 - Jerry L. Prince

„Gradient vector flow: A new external force for snakes”,

in *IEEE CVPR*, pp. 66–71,

1997

GVF snake

- Kiindulási alap: éltérkép
 - Eddig használt külső energia negáltja
- $$f(x,y) = - E_{\text{ext}}(x,y)$$
- Fontos tulajdonságok:
 - f gradiensében a vektorok az élek felé mutatnak
 - ezen vektorok csak az élek közelében nagyok
 - f gradiense a homogén régiókban 0

GVF snake

- Ekkor a GVF vektormező az a $\mathbf{v}(x,y) = [u(x,y), v(x,y)]$ vektormező, mely minimalizálja az alábbi kifejezést:

$$\mathcal{E} = \iint \mu(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + |\nabla f|^2 |\mathbf{v} - \nabla f|^2 dx dy$$

- ha $|\nabla f|$ kicsi, akkor az energiát a vektormező parciális deriváltjainak négyzetösszege adja (simítás)
- ha $|\nabla f|$ nagy, a minimumot a $\mathbf{v} = \nabla f$ esetben kapjuk
- μ : regularizációs paraméter, zaj esetén növelendő

GVF snake energiái

- A belső energia változatlan ($v(s)$ - kontúr):

$$E_{\text{int}} = \frac{1}{2} (\alpha(s)|v_s(s)|^2 + \beta(s)|v_{ss}(s)|^2)$$

- A külső energia a kapott $v(x,y)$ energiamező

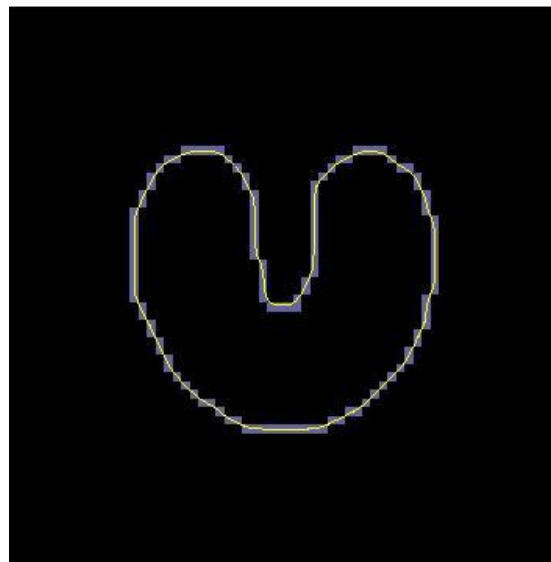
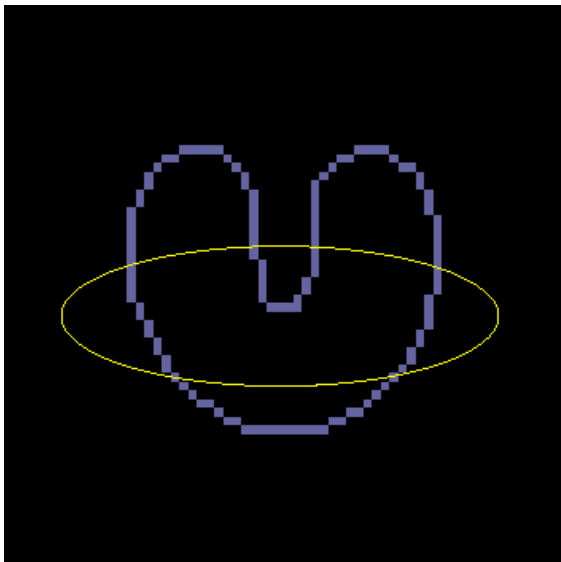
$$E_{\text{ext}} = v$$

- A paraméteres egyenlet:

$$E = \int_0^1 E_{\text{int}}(v(s)) + E_{\text{ext}}(v(s)) ds$$

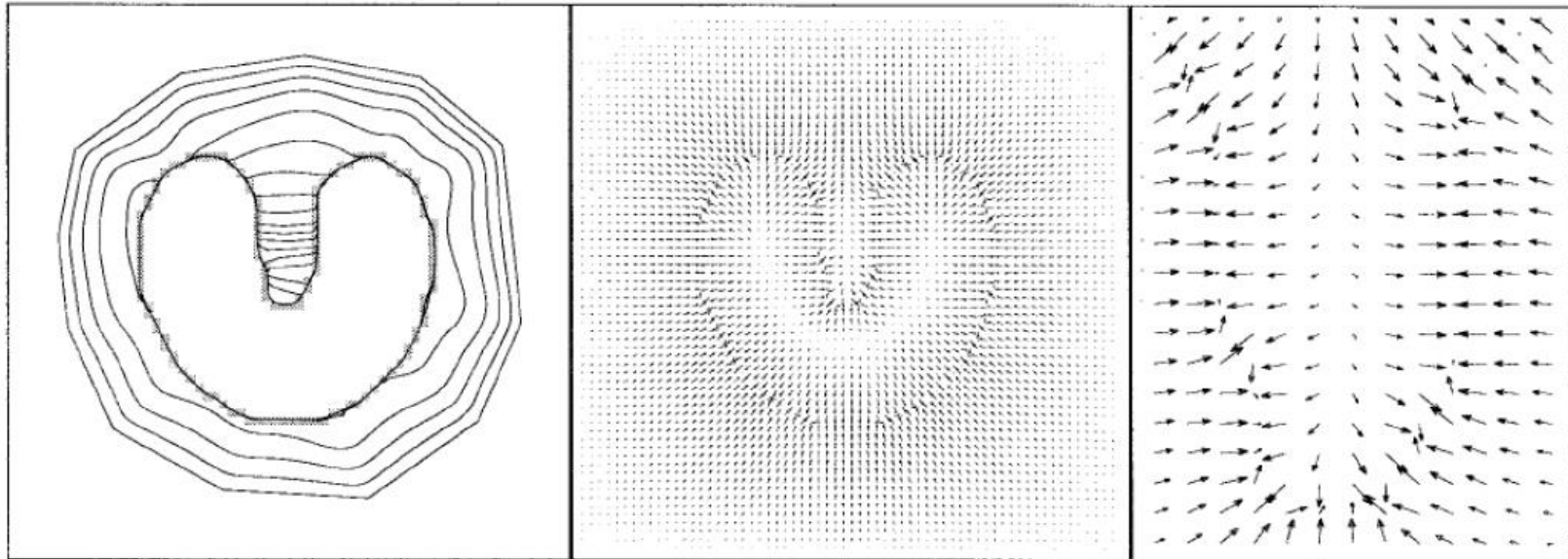
GVF snake viselkedése

- Kevésbé érzékeny a kiindulási görbére
- Konkáv régiókba is bemegey



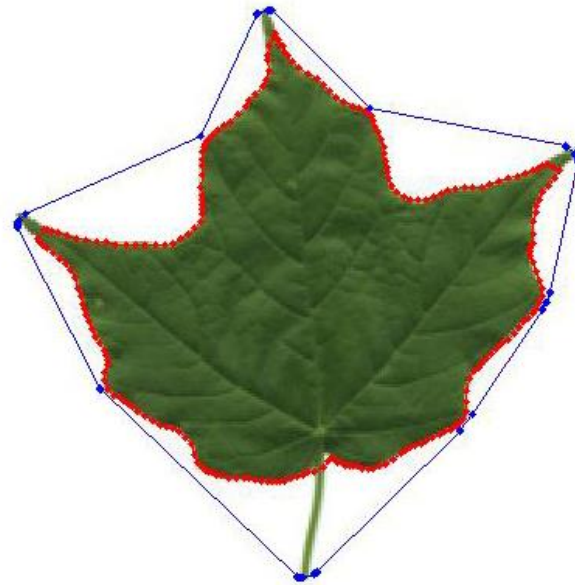
Konkáv régiók

- Jó irányba mutatnak az energiák



Hátrányok

- Lokális maximumba ragadhat
- A hegyes sarkokat, csücsköket lekerekíti



- Tovább kellene változtatni a külső energiát

Új külső energia keresése

- Jobban ki kellene emelni a sarkokat
- Olyan módszer kellene, mely a lehető legjobban megközelíti a körvonalat
- Mindkettőt segítheti valamilyen sarokpont detektor felhasználása

Harris-féle sarokpont detektor

- Chris Harris
- Mike Stephens

„A combined corner and edge detector”,
Proceedings of the 4th Alcey Vision Conference,
Pages 14-57,
1988

Alapelv

- Sarokpontoknál az intenzitás több irányban meredeken változik
- Különböző irányokban vett eltolások minimumát vizsgáljuk:

$$E_{x,y} = \sum w_{u,v} [I_{x+u,y+v} - I_{u,v}]^2$$

– ahol (x,y) az eltolás, (u,v) a kép pontjai

– $w_{u,v} = \exp(-(u^2+v^2)/2\sigma^2)$

Levezetés

- $E_{x,y}$ helyettesíthető:

$$E_{x,y} = Ax^2 + 2Cxy + By^2$$

– Ahol $A = X^2 * w$; $B = Y^2 * w$; $C = (XY) * w$

– X és Y az eredeti kép x ill. y irányú deriváltjai

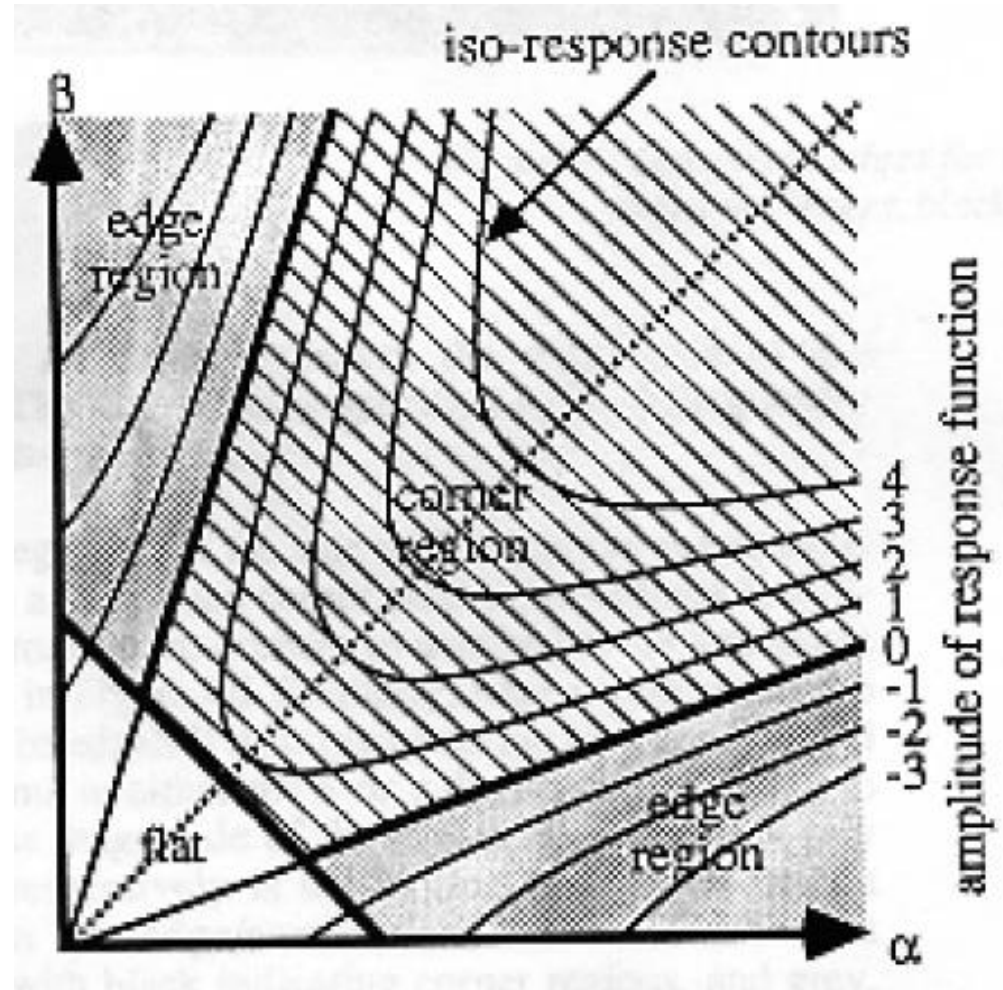
- Innen:

$$E_{x,y} = (x,y) M (x,y)^T \quad M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix}$$

- Legyenek α és β az M mátrix sajátértékei

Sajátértékek

- A sajátértékek 3 csoportba sorolhatók:
 - Ha α és β kicsi, akkor „lapos” a régió
 - Ha egyikük kicsi, a másik nagy, akkor „élrégió”
 - Ha mindkettő nagy, akkor „sarokrégió”



Sarkossági függvény

- Sajátértékek kiszámítása helyett érdekesebb karakterisztikus függvényt meghatározni

$$\text{Tr}(M) = \alpha + \beta = A + B$$

$$\text{Det}(M) = \alpha \beta = AB - C^2$$

- Ekkor a sarkossági függvény:

$$-R = \text{Det} - k \text{Tr}^2$$

k: konstans (~0.04)

Sarokpontok kiválasztása

- R értéke:
 - a „sarokrégiókban” nagy
 - az „élrégiókban” negatív
 - a „lapos régiókban” 0-hoz közeli
- Kiválasztva az R függvény lokális maximumait, a sarokpontokat kapjuk

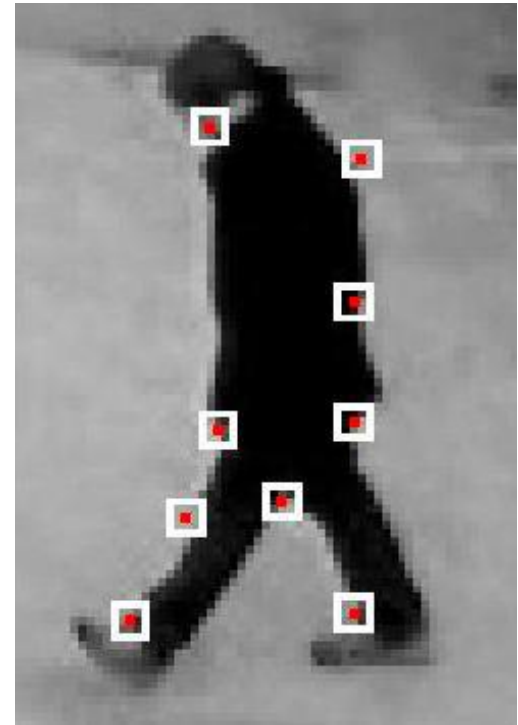
Sarokpontok



Eredeti kép



R



Sarokpontok

Harris-detektor alkalmazás

- Változás detekció térfigyelő kamera képeken
- Ha stabil a sarokpont detekció:
 - megjelennek a szomszédos képeken ugyanazok a „háttér” sarokpontok
 - ahol mozgás van, ott lesz eltérés
 - azonos koordinátájú pontokat elhagyva, a mozgó objektumok pontjai maradnak meg
 - ezekre futtathatunk aktív kontúrt az alakzat megkeresésére



- A mozgó objektumok pontjai maradnak csak meg

Új külső energia

- $|R|$ függvény használható éltérképként
- A sarokrégióban nagy, élrégiókban kisebb, a lapos régiókban ≈ 0 az értéke
- Definiáljuk az éltérképet:

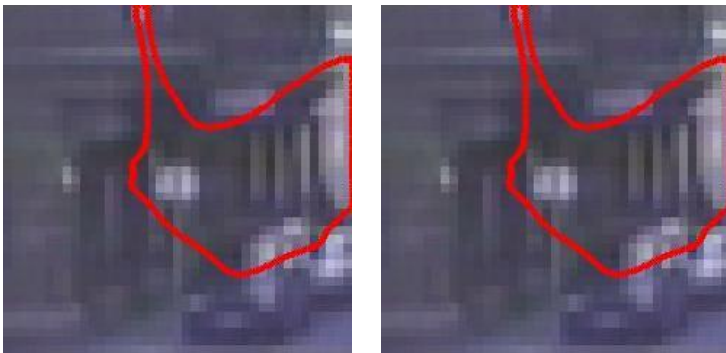
$$f_{|R|} = G_{\sigma}(x,y) * |R(x,y)|$$

$GVF_{|R|}$ alkalmazása

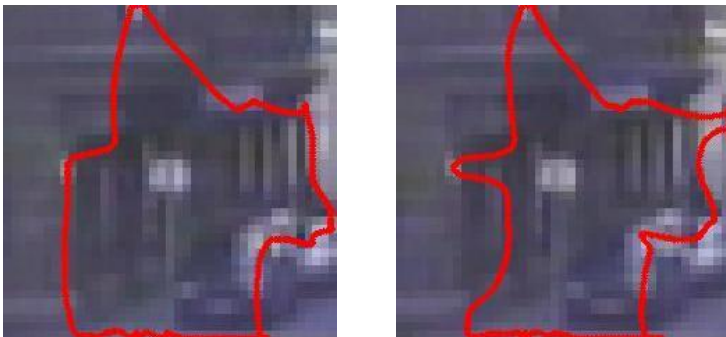
- Használható video frame-ek összehasonlítására
- A szomszédos frame-eket a sarokpontok alapján hasonlítjuk:
 - A sarokpontok körül aktív kontúrokat generálunk
 - A kontúrokat Fourier leírókkal reprezentáljuk
 - A leghasonlóbb találatokat összepárosítjuk
 - Ezek alapján kiszámoljuk a két kép közti eltolást
 - A többi pontpárt már az eltolás alapján keressük
- Az eredeti GVF -fel sokkal instabilabb a párosítás

$GVF_{|R|}$ alkalmazása

- Szomszédos képek 1-1 sarokpontjának kontúrja:

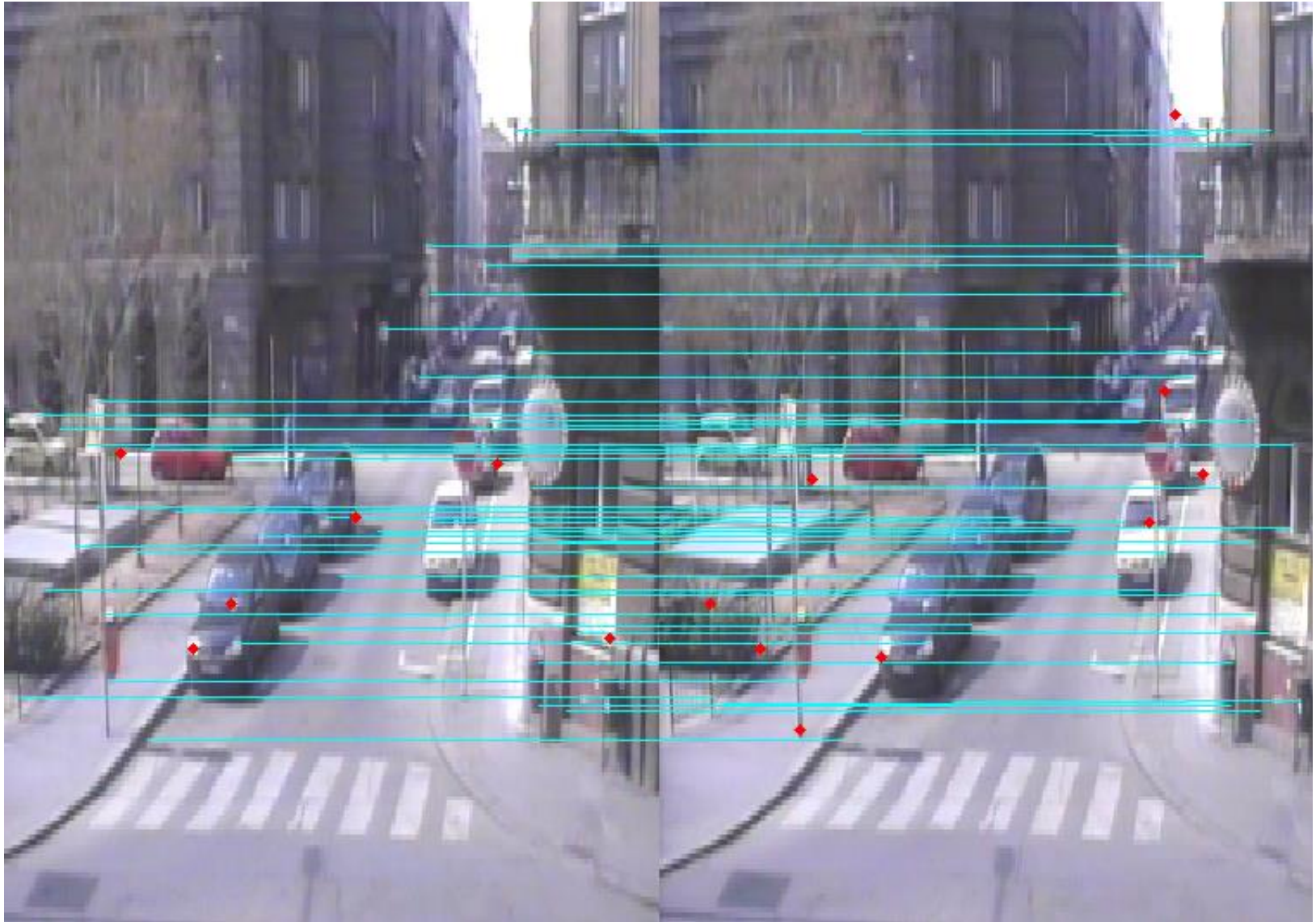


$GVF_{|R|}$



Eredeti GVF

$GVF_{|R|}$ alkalmazása



Harris-alapú aktív kontúr keresés

- Az $f_{|R|}$ éltérkép konkrét objektumok körvonalának keresésére kevésbé használható
- Túlzottan kiemeli a „sarokrégiókat”
- „Élrégiók” elvesznek



Harris-alapú aktív kontúr keresés

- Ötlet: térjünk vissza a sajátértékekhez!
- R kiszámítása helyett számoljuk ki M mátrix λ_1 és λ_2 sajátértékeit
 - Ha mindkét sajátérték nagy, akkor „sarokrégió”
 - Ha egyik nagy, a másik kicsi, akkor „élrégió”
 - Ha mindkettő kicsi, akkor homogén régió
- λ_1 és λ_2 alapján többféle karakterisztikus függvény definiálható

Karakterisztikus függvények

$$R_{eig} = (\lambda_1 + 1)(\lambda_2 + 1) - 1$$

$$R_{max} = \max(\lambda_1, \lambda_2)$$

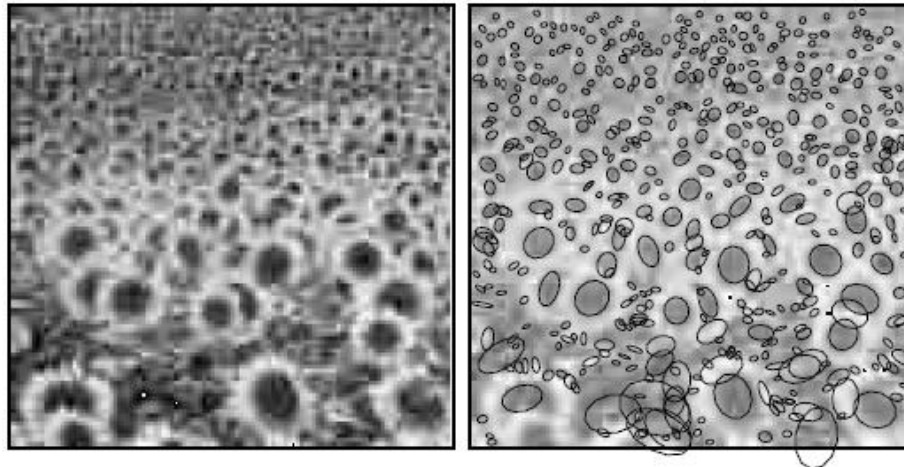
$$R_{logmax} = \max(0, \log[\max(\lambda_1, \lambda_2)])$$

$$R_{logmin} = \max(0, \log[\min(\lambda_1, \lambda_2)])$$

- \log : természetes alapú logaritmus, simítja az értékeket
- A sarok- és élrégiók kiemelésére szolgálnak

Scale selection

- Scale space elmélet: T. Lindeberg, 1993
 - Különböző szórású (scale-es) Gauss-elmosást alkalmazunk a képre
 - Az elmosott képek közül kiválasztjuk a maximális értéket eredményezőt minden pontra
 - Ezen elmosásnak a scale-je arányos a pont körüli ROI-val
 - Megadja a sugarat, ahol érdemes objektumot keresni



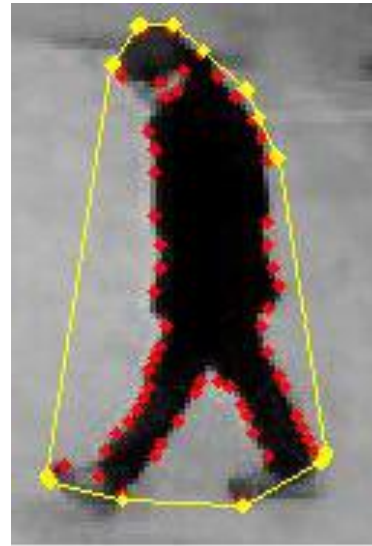
$R_{sc*logmax}$

$$R_{sc*logmax} = (R_{scale} * \max(0, \log[\max(\lambda_1, \lambda_2)]))$$

- Ahol R_{scale} a scale selection algoritmus által megadott sugár
- Célja a fontosabb, nagyobb hatású pontok kihangsúlyozása

Kiinduló kontúr meghatározása

- A kiinduló kontúrt segítheti az optimális scale paraméter
- Vegyük a detektált sarokpontok körüli R_{scale} által megadott sugárra levő pontokat
- Ezek konvex burka jó kezdeti alakzat lehet



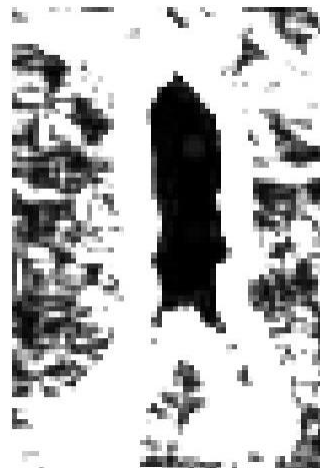
Különböző karakterisztikák



R



R_{eig}



R_{max}



R_{logmax}



R_{logmin}



$R_{\text{sc*logmax}}$

Karakterisztikák elemzése

- Objektum keresés szempontjából jó éltérkép:
 - Kiemeli az éleket és sarkokat
 - Homogén régiókat elhanyagolja
 - Egyenletesen nagy értékeket ad élekre és sarkokra is
 - Nem hangsúlyozza túlzottan a sarkokat
- Ezek alapján várhatóan $R_{\log\max}$ fog legjobban teljesíteni, hisz ebben az élék és sarkok egyenletesen nagy értékeket kapnak
- Az eredeti R az éleket teljesen elveszti, így ez körvonal keresésre alkalmatlan, elhanyagolhatjuk

$$f_{R\dots}(x, y) = |\nabla(G_\sigma(x, y) * R\dots(x, y))|$$

Karakterisztikák tesztelése



R_{eig}



R_{max}



R_{logmin}



R_{logmax}



$R_{\text{sc}*\text{logmax}}$



Eredeti AC

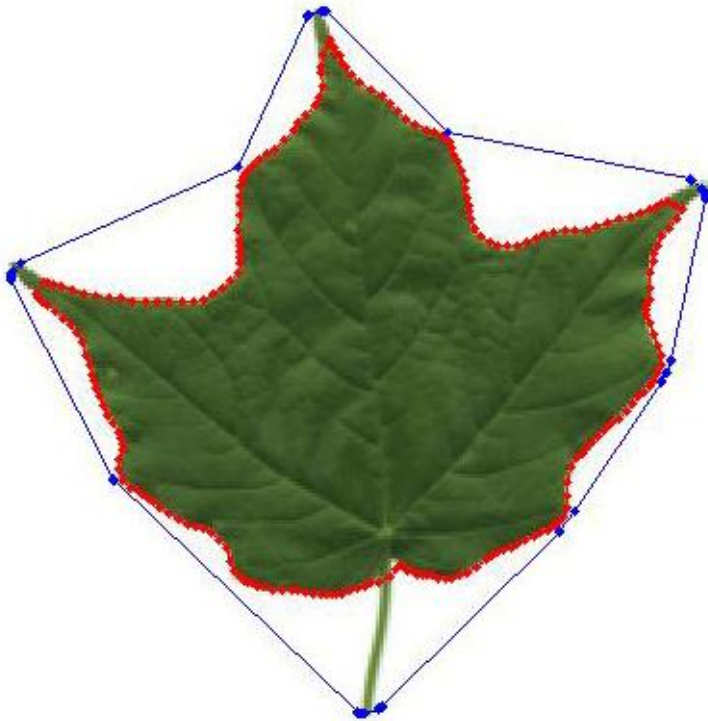
•

•

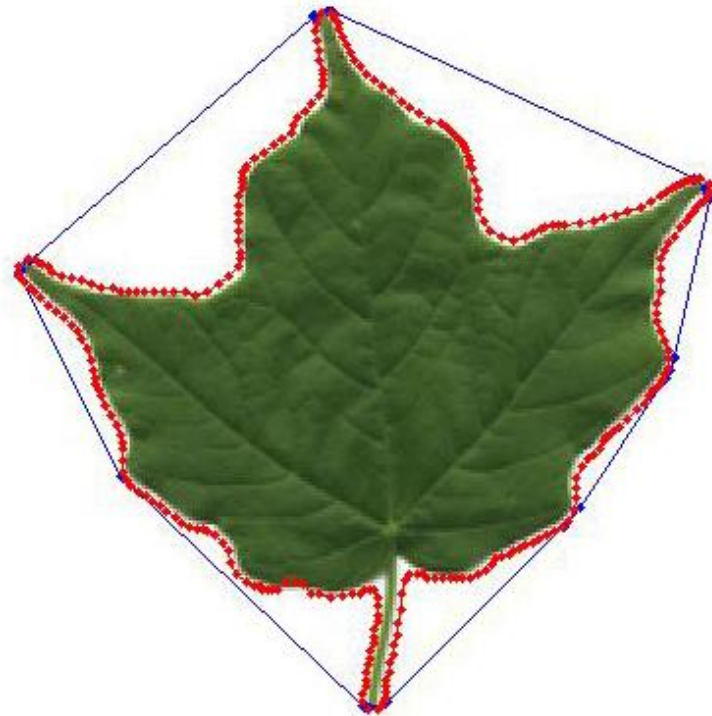
$$R_{\log\max}$$

- A várakozásnak megfelelően $R_{\log\max}$ teljesített legjobban

Eredeti AC



$R_{\log\max}$



Egyéb képek

Eredeti AC



$R_{\log\max}$



Egyéb képek

Eredeti AC



$R_{\log\max}$



Egyéb képek

Eredeti AC



$R_{\log\max}$



Összefoglalás

- Hagyományos aktív kontúr
 - Objektumok detektálása
 - Kezdeti körvonalától függ, konkáv régiókat nem találja meg
- GVF snake
 - Új külső energia, vektormező
 - Konkáv régiókat is megtalálja
 - Még mindig függ a kezdeti kontúrtól
 - Éles csúcsokat, sarkokat lekerekíti

Összefoglalás

- Harris-alapú GVF
 - Harris-detektor sarkossági függvényét ill. sajátértékeinek különböző függvényeit használja éltérképként
 - Éleket is hangsúlyozza, hegyes sarkokat jól kiemeli
 - Harris-féle sarokpontok körüli optimális scale felhasználásával jó kezdeti kontúr adható meg

Referenciák

- M. Kass, A. P. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *International Journal of Computer Vision*, vol. 1, no. 4, pp. 321–331, 1988.
- Active Contours, Deformable Models, and Gradient Vector Flow, Chenyang Xu and Jerry L. Prince, [<http://iacl.ece.jhu.edu/projects/gvf/>]
- C. Xu and J.L. Prince, "Gradient Vector Flow: A New External Force for Snakes," *Proc. IEEE Conf. on Comp. Vis. Patt. Recog. (CVPR)*, Los Alamitos: Comp. Soc. Press, pp. 66-71, June 1997.
- C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," in *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*, 1988, pp. 147–151.
- Tony Lindeberg, "On scale selection for differential operators," in *Proc. 8th Scandinavian Conf. on Image Analysis*, 1993, pp. 857–866.
- Snakes: Active Contours, Zoltan Kato
- Snakes, Shapes and Gradient Vector Flow, Zsolt Gera, 2004
- A. Kovács, T. Szirányi, „Local contour descriptors around scale-invariant keypoints”, *ICIP2009*, Cairo, Egypt
- A. Kovács, T. Szirányi, „Harris Function in Enhanced Active Contour Detection for Local Structures”, *ICPR2010*
- A. Kovács, T. Szirányi, „High Definition Feature Map for GVF Snake by Using Harris Function”, *ICIP2010*

Köszönöm a figyelmet!