



# A Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék kutatási témáiból

Nyúl László

<http://www.inf.u-szeged.hu/ipcg/>

<http://www.inf.u-szeged.hu/ipcg/projects/>

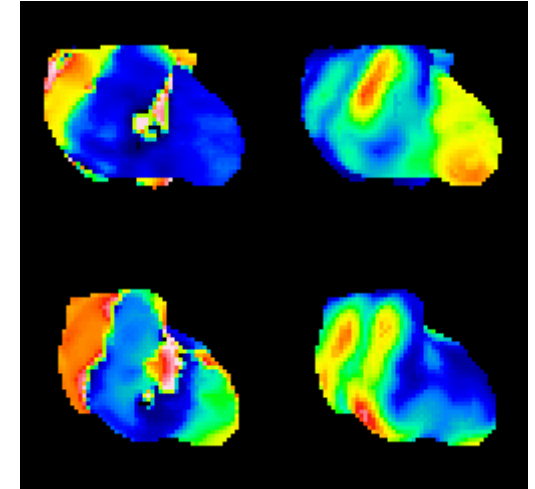
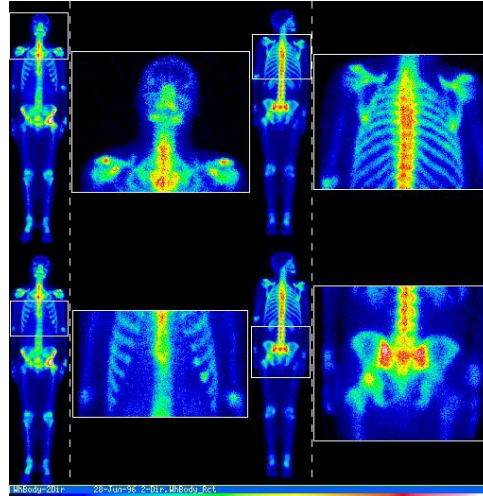
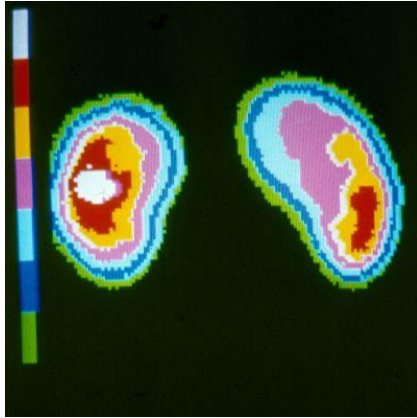
# Főbb kutatási területeink

- Orvosi képfeldolgozás
- Diszkrét tomográfia
- Topológia és vázkijelölés
- Számítógépes látás
- Mobil képfeldolgozás



# Meghatározó korábbi projektek

- SEGAMS “család” (~1975-199x)

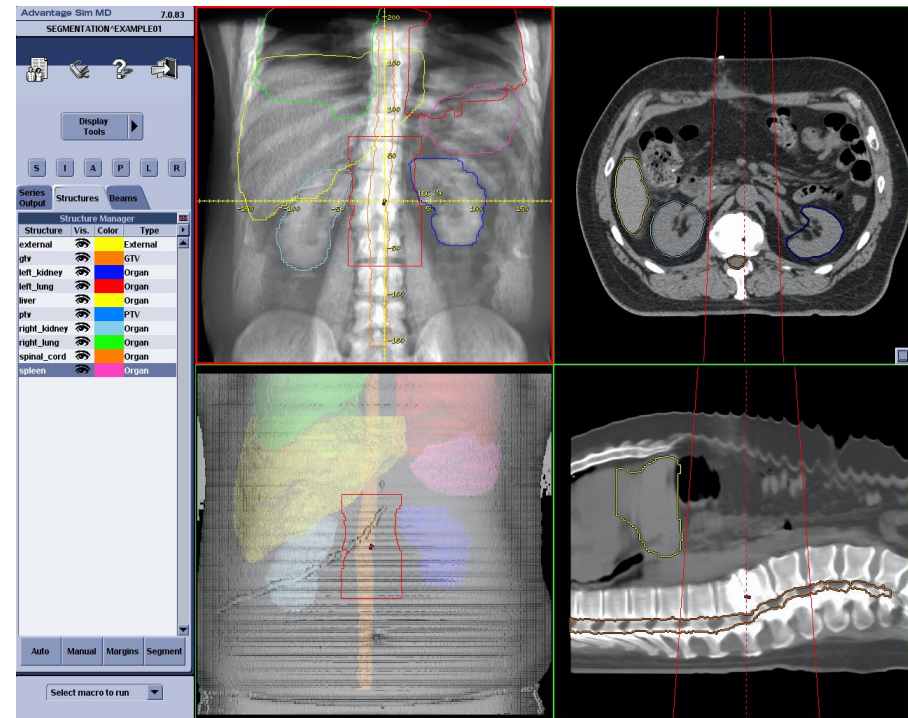


- SZOTE-PACS (~1994-2005)
- Műtéti tervezés (1999-2012)
- GE HealthCare együttműködés (2001-...)



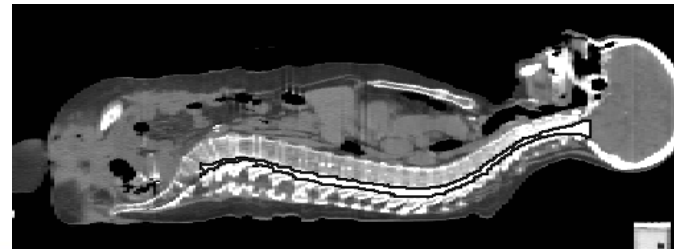
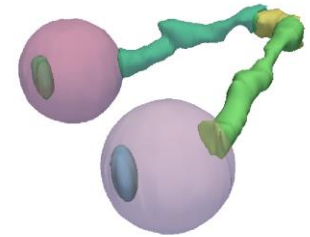
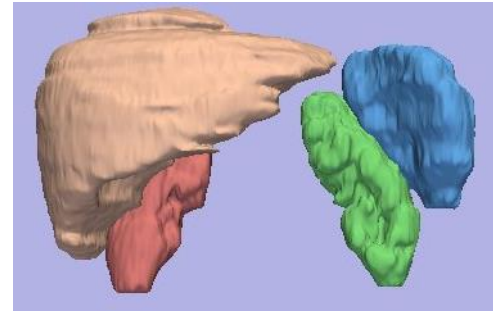
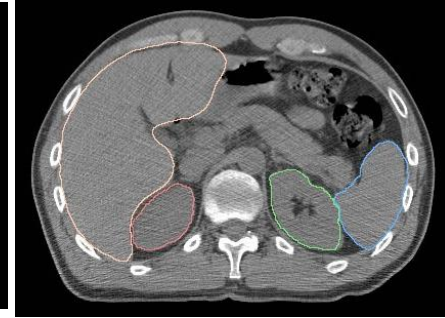
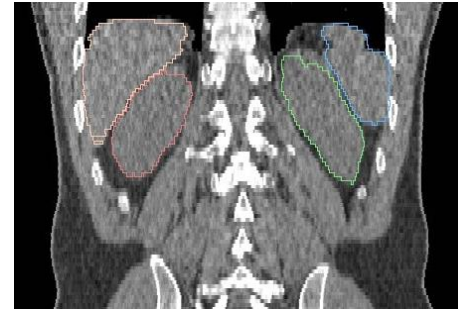
# 3D CT képek szegmentálása radioterápia tervezéshez

- A szegmentálás gyakran kézi kontúrozással történik
- Problémák: időigényes és szubjektív
- Automatikus szegmentálás  
-> időmegtakarítás és a pontosság növelése
- Kihívások
  - Képminőség
  - Az anatómiai objektumok alakja és változatossága
  - Abnormalitások



# 3D CT képek szegmentálása radioterápia tervezéshez

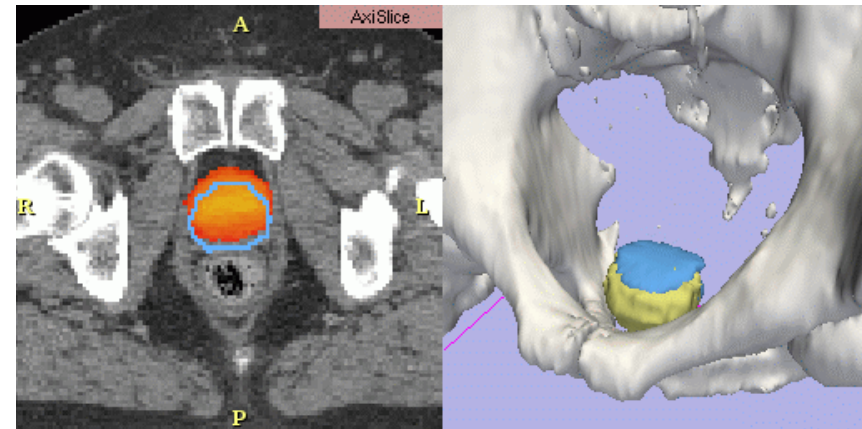
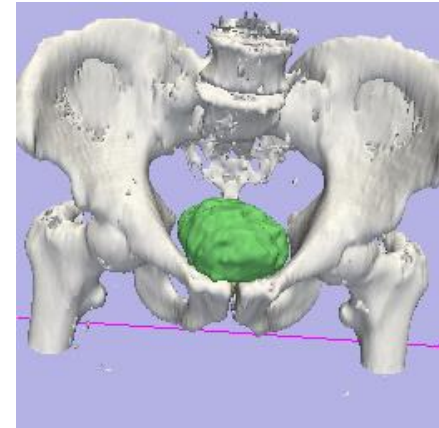
- Szegmentált objektumok
  - Gerincvelő / -csatorna, máj, vese, hólyag, prosztata, látószervek
- Módszerek
  - 2D és 3D régió-, felszín-, és modell-alapú eljárások
- Eredmények
  - Piaci termékbe illesztett modulok
  - 3 szabadalom





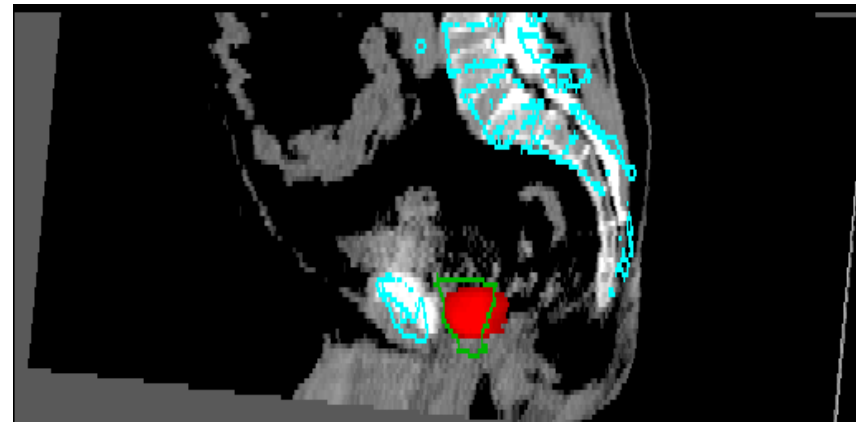
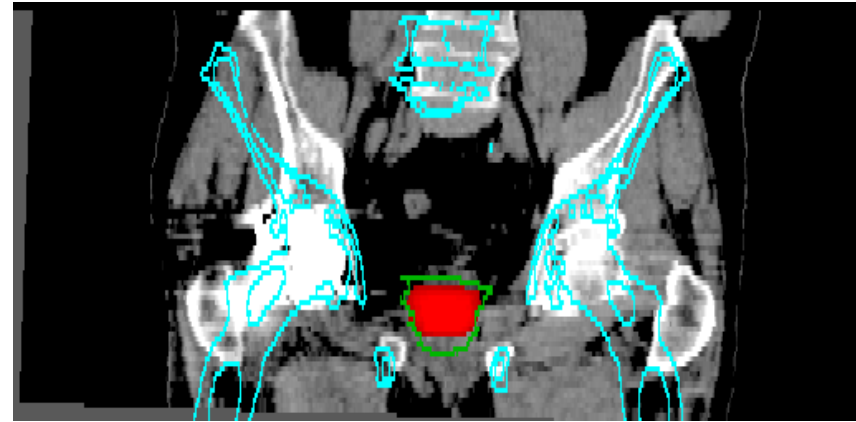
# Regisztráció medence-környéki szervek szegmentálásához

- Különböző betegek CT vizsgálatainak közös referenciatérbe transzformálása
  - Valószínűségi atlasz vagy deformálható szervmodell készítése
  - Klinikai szoftverben: atlasz vagy szervmodell kezdeti elhelyezése
- Elvárás
  - A szeméremcsont környéke illeszkedjen „jól”
  - Gyors végrehajtás



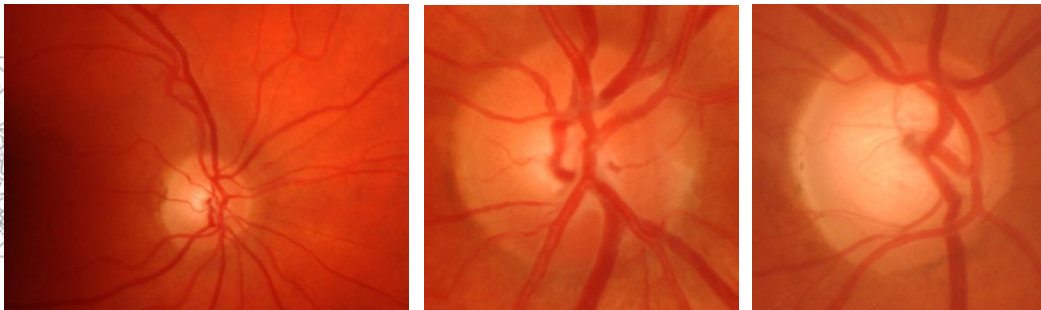
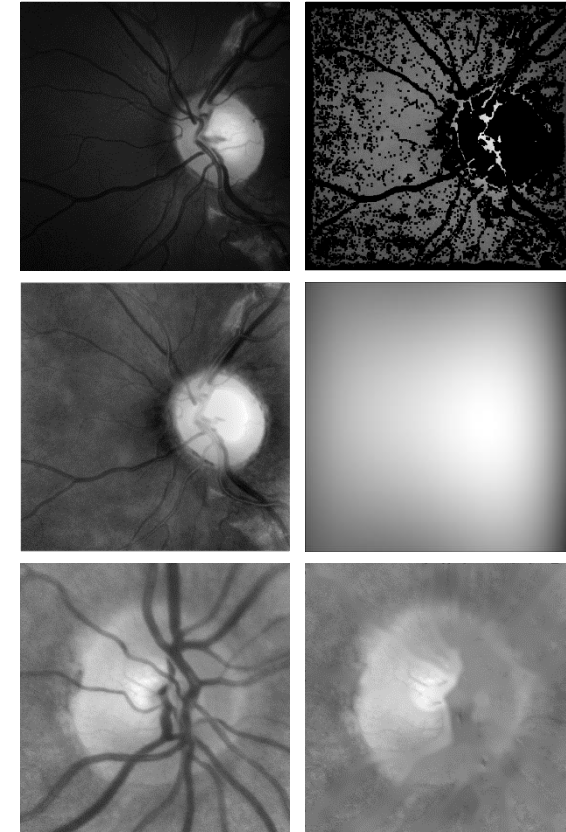
# Regisztráció medence-környéki szervek szegmentálásához

- Kétlépéses automatikus algoritmus
  - Globális illesztés (9 DOF)
  - Lokális finomítás a szeméremcsont körül (6 DOF)
- Eredmények
  - A finomítás hatására a prosztatata régiók szignifikánsan közelebb kerülnek egymáshoz
  - 1 szabadalom



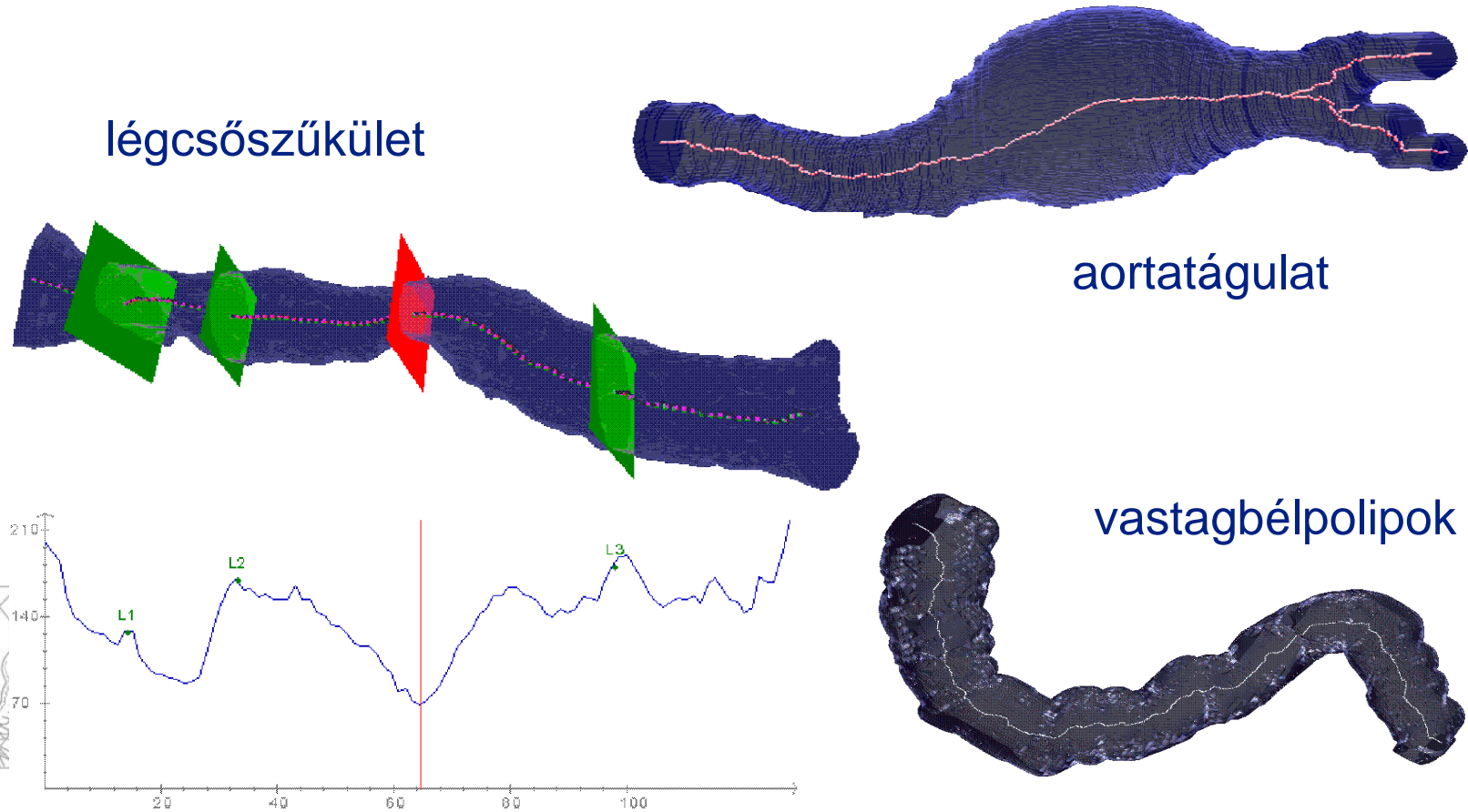
# Retina képelemzés betegségek korai felismeréséhez

- Feladat: Glaukómára utaló elváltozások automatikus detektálása a betegség korai fázisában egy szűrővizsgálati rendszerhez
- Módszer
  - Megvilágítás korrekció
  - A látóidegfő beazonosítása
  - ROI normalizálás
  - Véredények eltüntetése (inpainting)
  - Megjelenés-alapú osztályozás



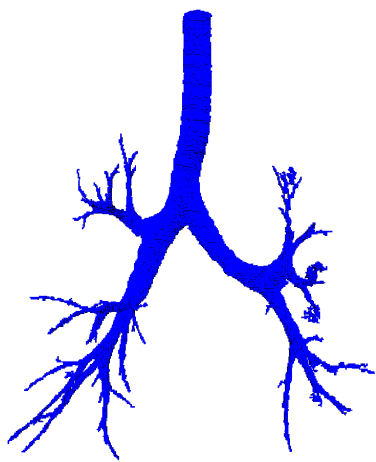


# Csőves felépítésű objektumok 3D vázon alapuló vizsgálata

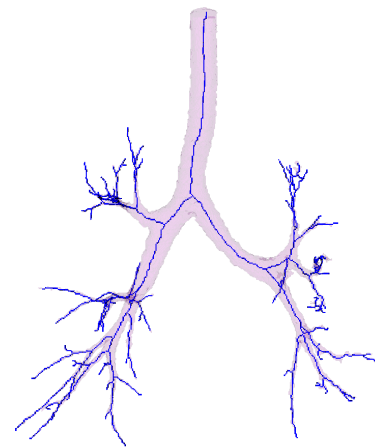


# Tüdő légútfa analízis

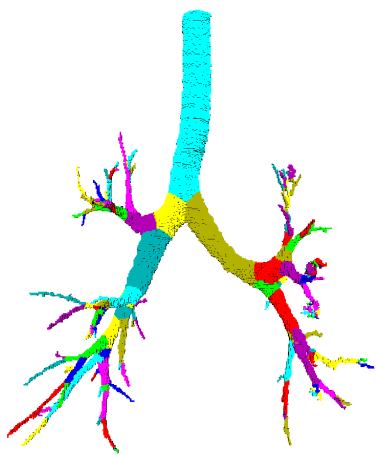
CT-ből  
szegmentált  
légútfa



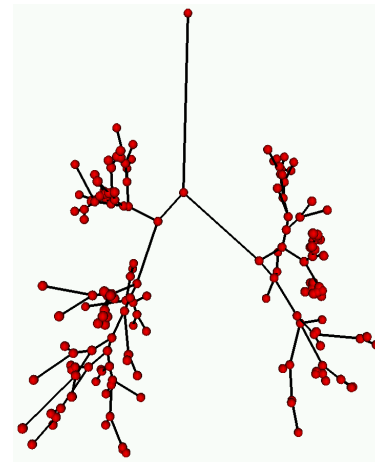
középvonalak



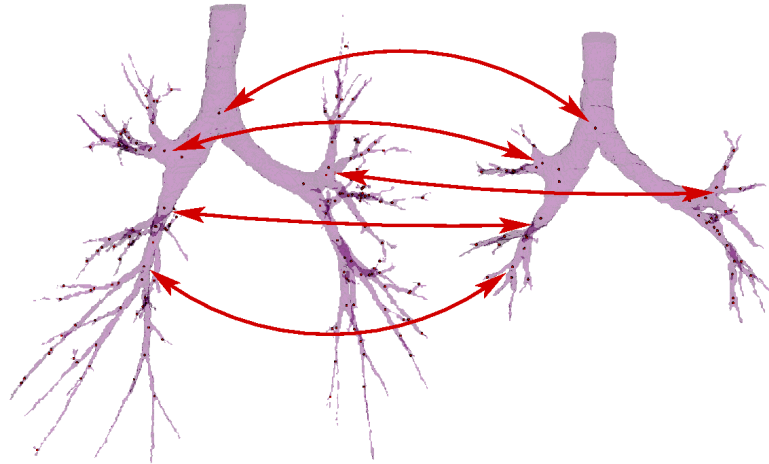
címkézett fa



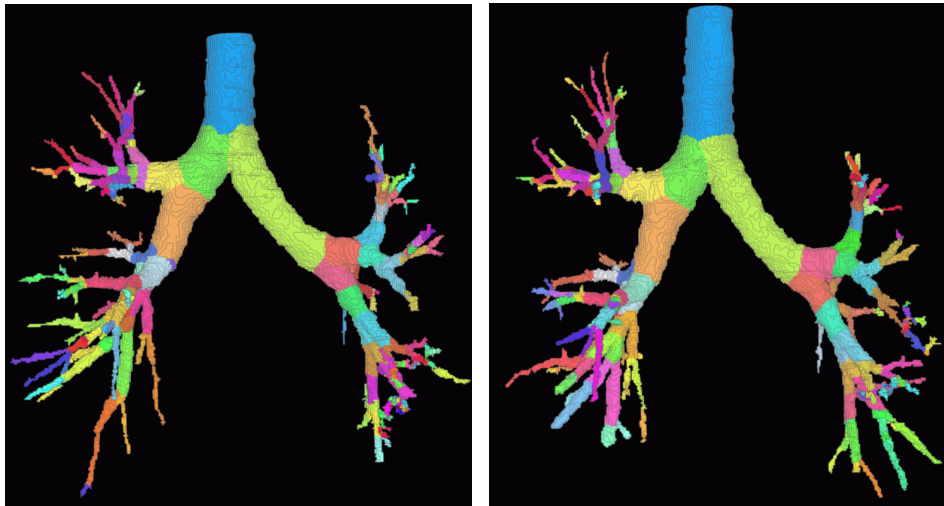
formális fa  
(hossz, térfogat,  
felszín, átmérő  
adatokkal)



# Fa-illesztés



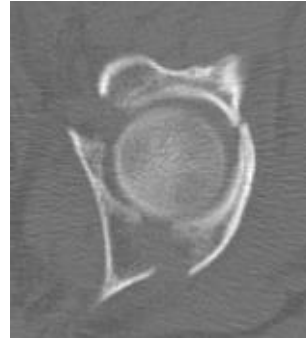
a középvonalon  
detektált elágazási  
pontok alapján



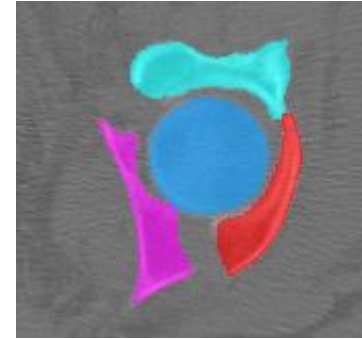
illesztett funkcionális  
reziduális kapacitás  
(FRC) és teljes  
tüdőkapacitás (TLC)  
fák

# Műtéti tervezés

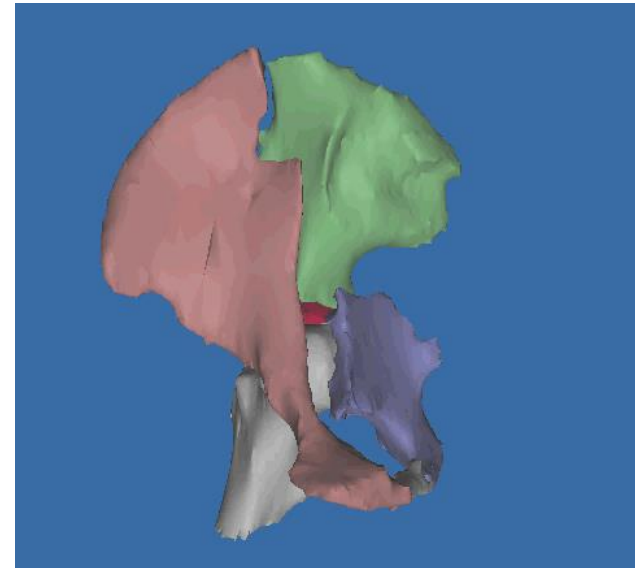
- **CT**
- **Szegmentálás**
- **Felszín generálás**
- Tervezés
  - Újrappozicionálás
  - Implantátumok elhelyezése
- Mechanikai modell generálása
- Elemzés
- **Eredmény kiértékelése**



Eredeti CT szelet



Szegmentált csontok



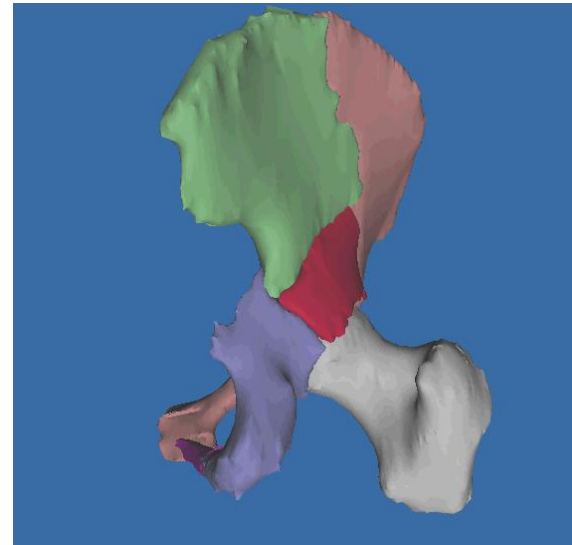
3D felszín





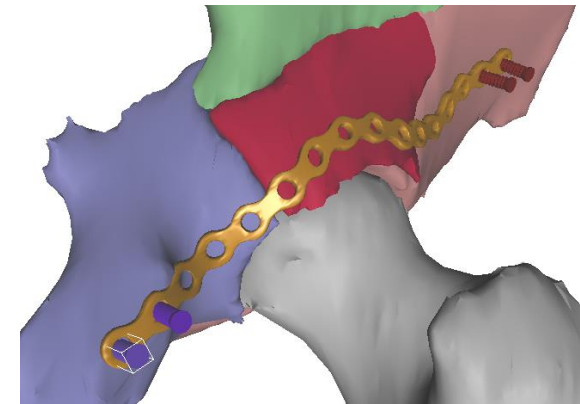
# Műtéti tervezés

- CT
- Szegmentálás
- Felszín generálás
- **Tervezés**
  - Újrapozícionálás
  - Implantátumok elhelyezése
- Mechanikai modell generálása
- Elemzés
- Eredmény kiértékelése



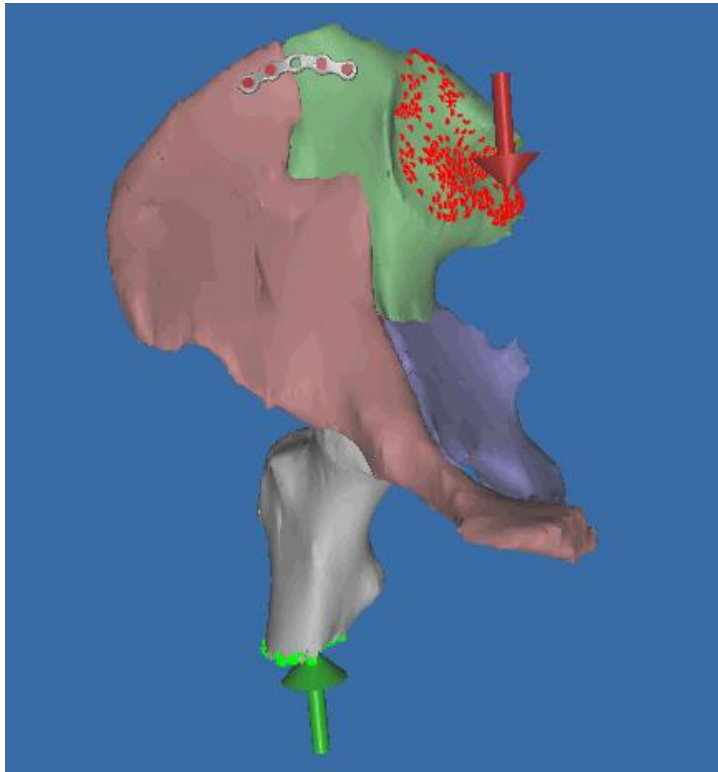
újrapozícionálás  
után

rögzítő lemez és  
4 csavar

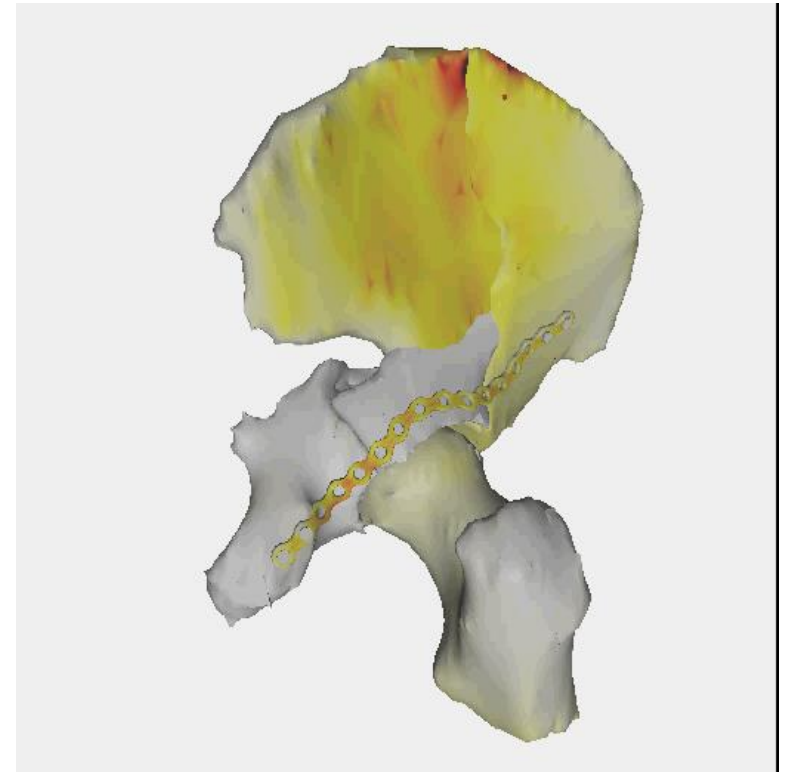


# Műtéti tervezés

“A” terv (2 rögzítő lemez, 8 csavar)



Mechanikai modell

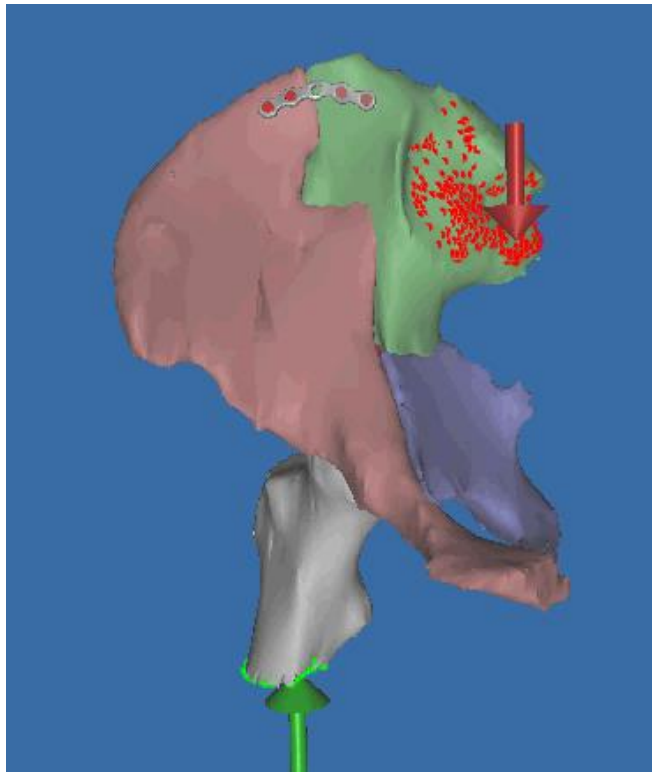


FEA eredmény

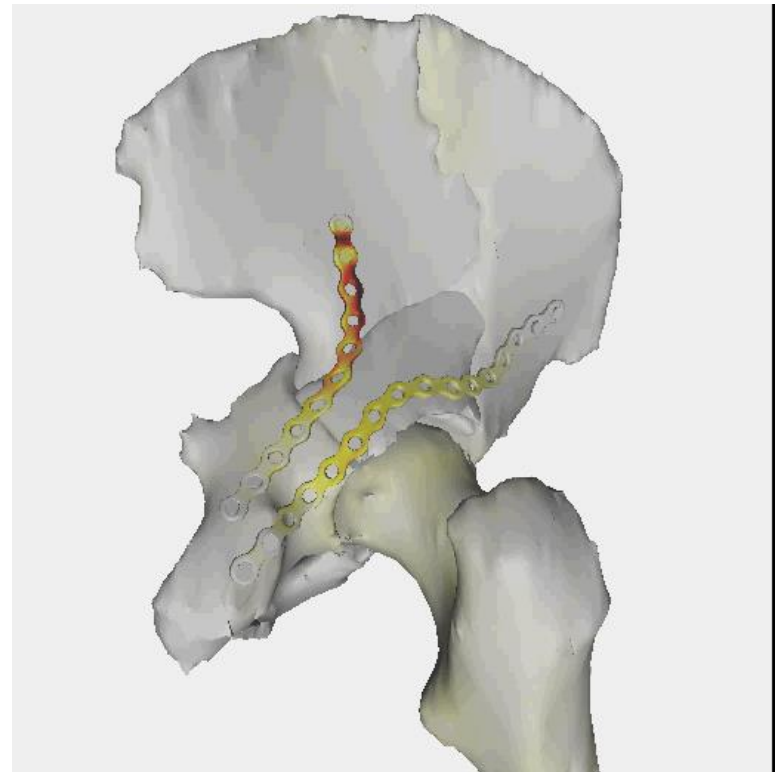


# Műtéli tervezés

“B” terv (3 rögzítő lemez, 12 csavar)



Mechanikai modell

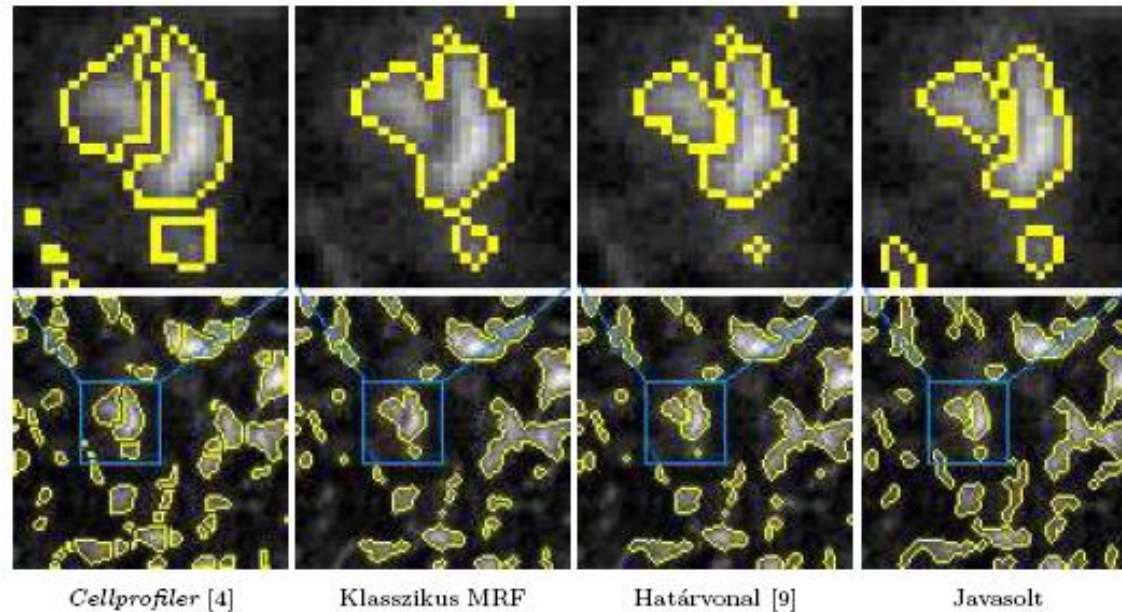


FEA eredmény

# Élősejt szegmentálása fluoreszcenciás mikroszkóp képeken

Markov modell + gráfvágás

TIRF (Total Internal Reflection Fluorescence) mikroszkóp





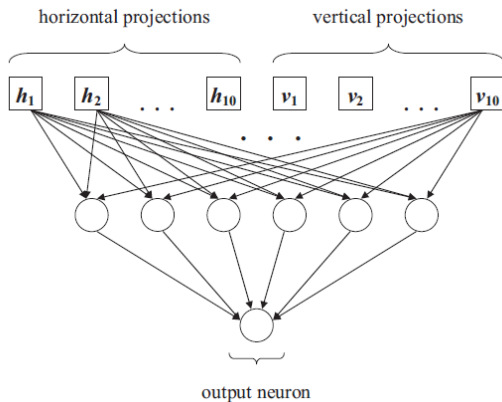
# Bőrgyógyászati képelemzés

- Cél: Bőrbetegségek kiértékeléséhez és kezeléséhez teledermatológiai és diagnosztikai alkalmazások kifejlesztése
- Módszer: Több irányú színes és mélység képek regisztrálása, bőrfelszín és elváltozások régiók automatikus detektálása és kvantitatív leírása

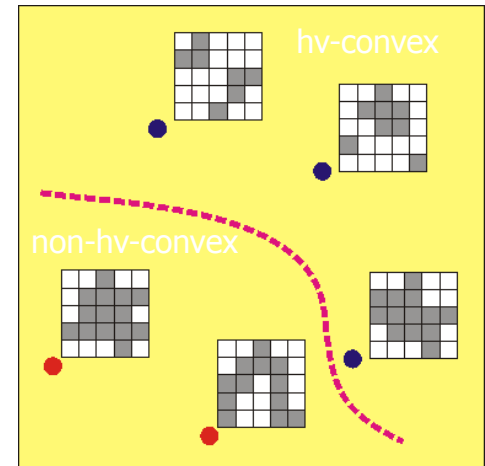


# Gépi tanulás a bináris tomográfiában

- Bináris képek jellemzőinek azonosítása vetületekből (konvexitás, összefüggőség, terület, stb.)
  - Legközelebbi szomszéd módszere, döntési fák, neurális hálók
- Rekonstrukció optimalizálási feladat megoldásával a bizonytalan, megtanult információk felhasználásával



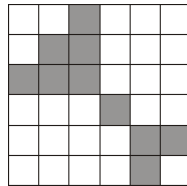
```
h10 <= 2 :
  v1 <= 3 :
    h1 <= 4 : hv-convex
    h1 > 4 :
      v10 <= 2 : hv-convex
      v10 > 2 :
        h4 <= 6 : random
        h4 > 6 : hv-convex
  v1 > 3 :
    v10 <= 2 : hv-convex
    v10 > 2 :
      h5 <= 7 : random
      h5 > 7 : hv-convex
h10 > 2 :
  v10 <= 2 :
    h1 <= 3 :
      v1 <= 2 : hv-convex
      v1 > 2 :
        v5 <= 4 : random
        v5 > 4 :
          v3 > 4 : hv-convex
          v3 <= 4 :
            h1 <= 2 : hv-convex
            h1 > 2 : random
    h1 > 3 :
      h6 > 7 : hv-convex
      h6 <= 7 :
        v9 <= 2 : hv-convex
        v9 > 2 :
          v1 <= 1 : hv-convex
          v1 > 1 : random
```



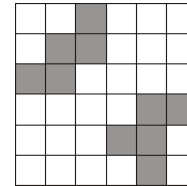
# Bináris tomográfia geometriai priorok alkalmazásával

- Rekonstrukciós algoritmusok tervezése összefüggőség és konvexitás tulajdonságokkal definiált bináris képosztályokra

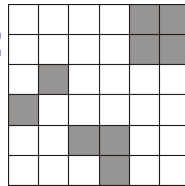
hv-konvex  
8-összefüggő:  
 $O(mn \cdot \min\{m, n\})$



hv-konvex  
kanonikus:  
 $O(m^3n^3 \cdot \min\{m^2, n^2\})$

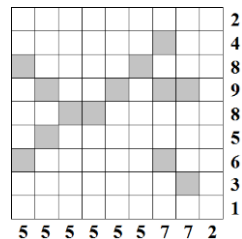


hv-konvex általános:  
NP-teljes  
→ heurisztika

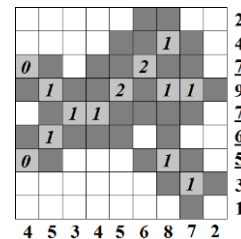


- A rekonstrukciós algoritmusok teszteléséhez létrehozott benchmark adathalmaz publikusan elérhető
- Rekonstrukció vetületekből morfológiai váz alkalmazásával

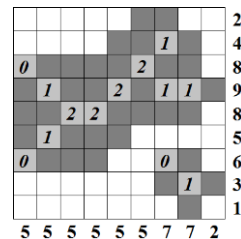
adottak vetületek  
és vázpontok



vázpontok  
címkézése  
helytelen  
vetületekkel

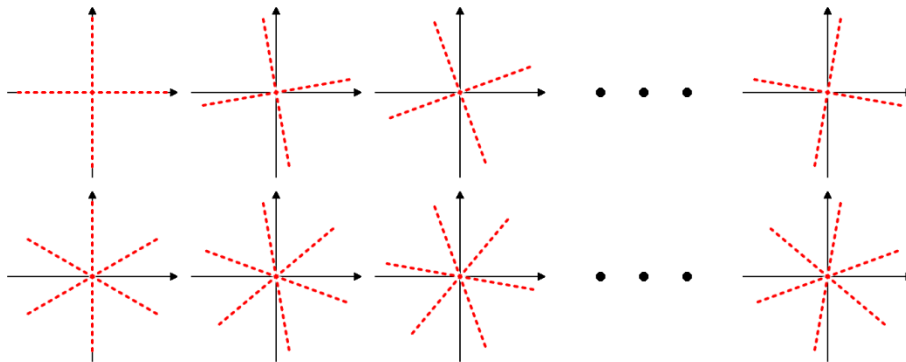


vázpontok  
címkézése  
helyes  
vetületekkel

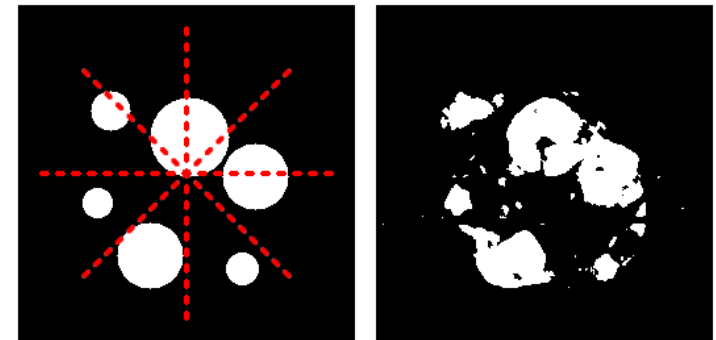


# Írányfüggőség a bináris tomográfiában

- Nagy szabadság a bináris tomográfiában alkalmazott kevés számú vetület megválasztására
- Nagyobb információ tartalmú vetületek választásával javítható a rekonstrukció minősége
- Új irányválasztó stratégiák a rekonstrukció minőségének javítására és gyakorlati alkalmazásokhoz



Different projection directions for 2 and 3 projections



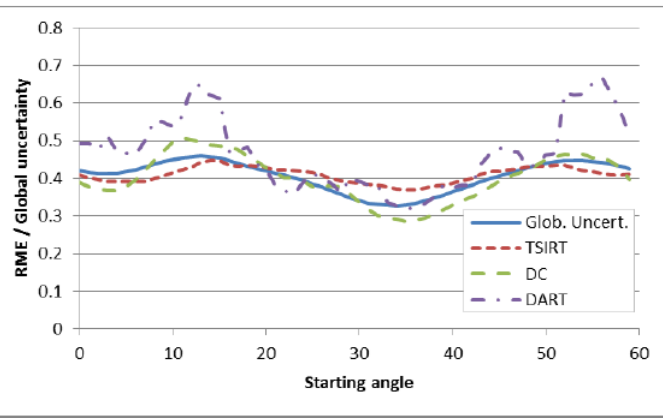
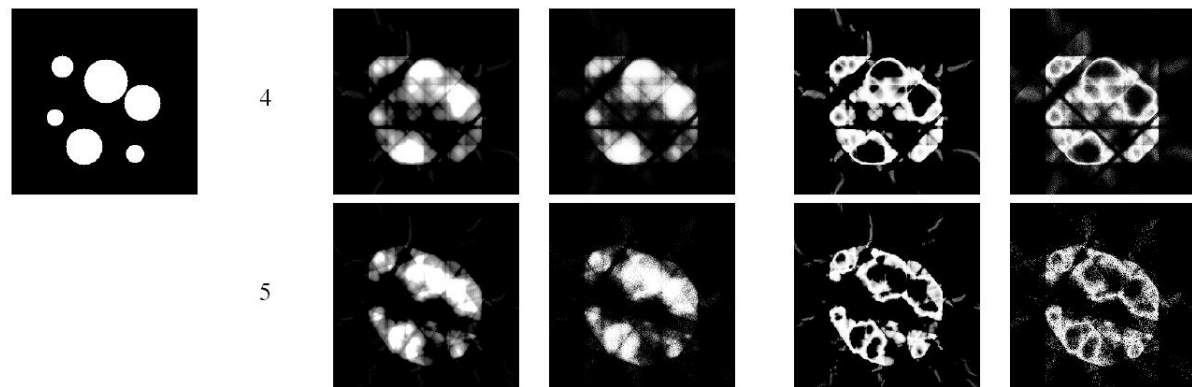
Reconstructions of an object from different projection sets



# Bizonytalanság a diszkrét tomográfiában

- A rekonstrukcióban bizonytalanok azok a pixelértékek, melyekről a vetületek nem tartalmaznak elegendő információt
- A vetületi adatokból becsülhető a rekonstrukció eredményében az egyes pixelek megbízhatósága
- A globális bizonytalansági mérték összhangban áll a rekonstrukció hibájával
- A bizonytalansági mérték más rekonstrukciós algoritmusba építve javíthat annak pontosságán

Original image    # projs.    Non-discrete recon. from Alg. 1    from Alg. 2    Entropy map from Alg. 1    from Alg. 2





# Diszkrét konvexitás mértéke

- Mely diszkrét halmaz tekinthető közel konvexnek?
- Egy halmaz milyen mértékben tekinthető konvexnek, ha nem felel meg a szigorú kritériumoknak?
- Valós alkalmazásokban szükség van “engedékenyebb” szabályokra, a fokozatosság kifejezésére
- Új mérőszámot definiáltunk a diszkrét konvexitás fokának mérésére



$$\Psi_h = 0.97293$$

$$\Psi_v = 0.97698$$



$$\Psi_h = 0.76725$$

$$\Psi_v = 0.86526$$



$$\Psi_h = 0.57703$$

$$\Psi_v = 0.61871$$



$$\Psi_h = 1.00000$$

$$\Psi_v = 0.00000$$



$$\Psi_h = 0.70096$$

$$\Psi_v = 0.97483$$



$$\Psi_h = 0.65352$$

$$\Psi_v = 0.88247$$



$$\Psi_h = 0.61404$$

$$\Psi_v = 0.81841$$

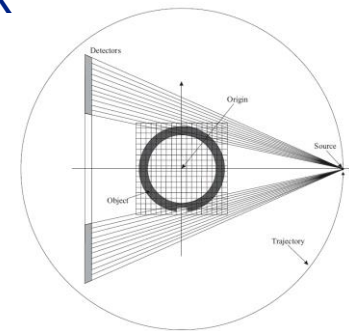


$$\Psi_h = 0.52158$$

$$\Psi_v = 0.69037$$

# Rekonstrukció zajos vetületekből

- Nemroncsoló anyagvizsgálat
- Cső erózió vizsgálat
  - Szimulációk
- Torzítások
  - Csökkentett dinamikus tartomány
  - Zaj
  - Polikromatikus Röntgensugár

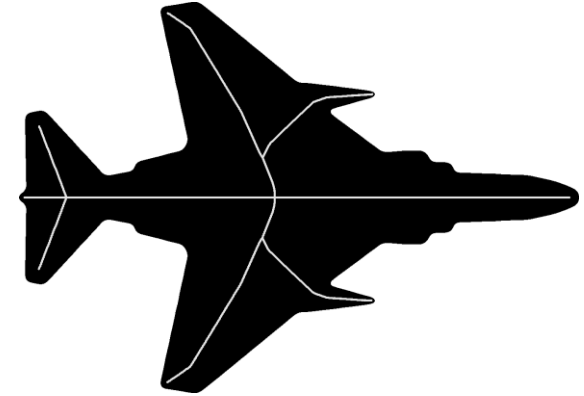


- Gáznyomás szabályozó
  - Vetületek korrekciója

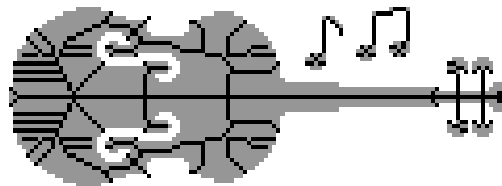


# 2D topológia-megőrző vékonyító algoritmusok tervezése

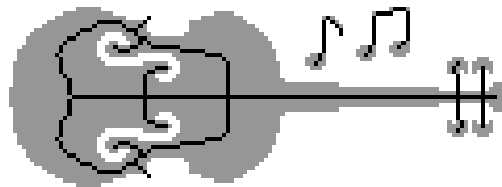
- Új al-iterációs vékonyító algoritmus



- Iteráció-szintű határellenőrzéssel kombinált vékonyítás



Hagyományos  
almezős  
vékonyítás

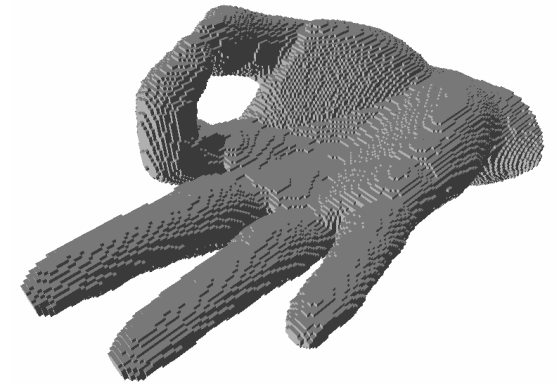


Almezős vékonyítás  
iteráció-szintű határ  
ellenőrzéssel

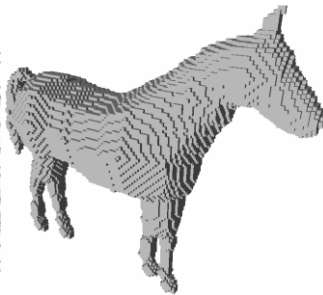


# 3D topológia-megőrző vékonyító algoritmusok tervezése

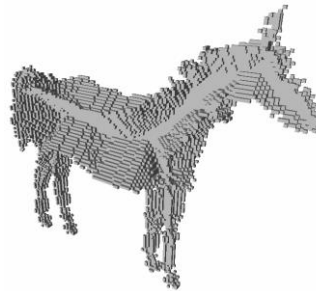
- A topológia-megőrzéshez szükséges, egyedi pontokat figyelembe vevő feltételek vékonyító stratégiákkal és geometriai feltételekkel kombinálva



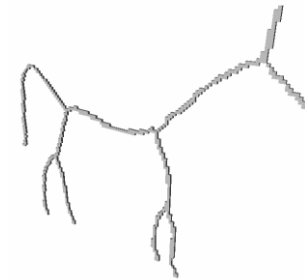
- Irányfüggetlen szekvenciális vékonyítás



eredeti  
objektum



közép-  
felület



közép-  
vonal



# Többrétegű MRF modellek

Cél: Képszegmentálás többféle tulajdonság alapján

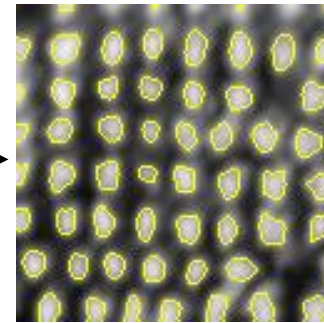
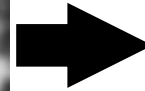
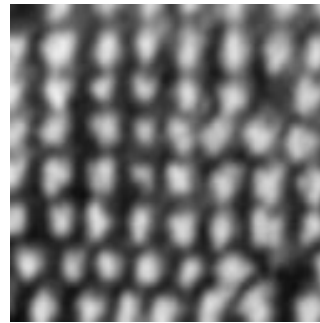
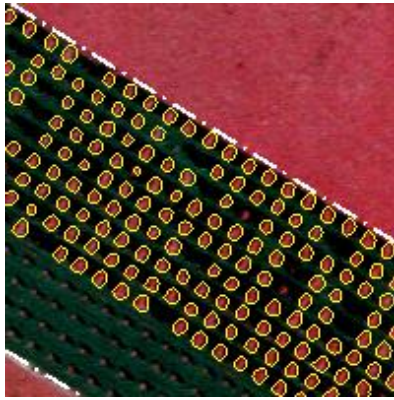


Alkalmazás: változás detektálás légi felvételeken

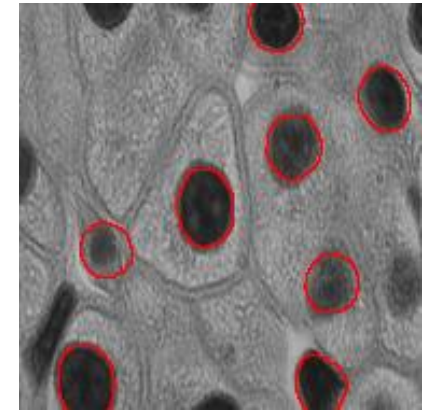


# Magasabb rendű aktív kontúrok

Cél: Körszerű objektumok detektálása zajos és elmosódott képeken zsúfolt háttér mellett



Lombkorona detektálás légi fotókon  
(Képek: IFN, France)



Mikroszkópiás felvétel

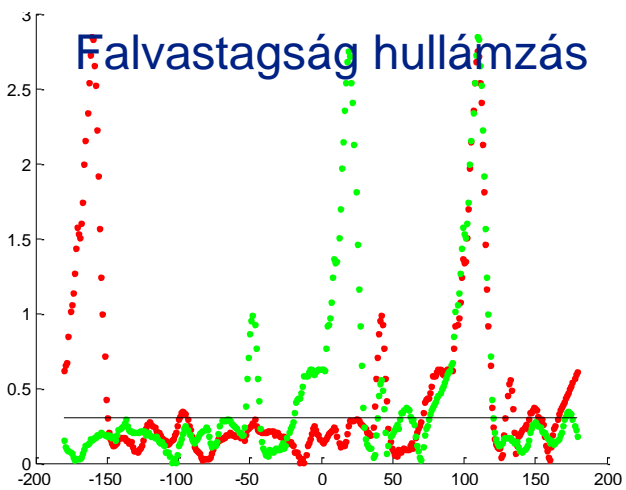
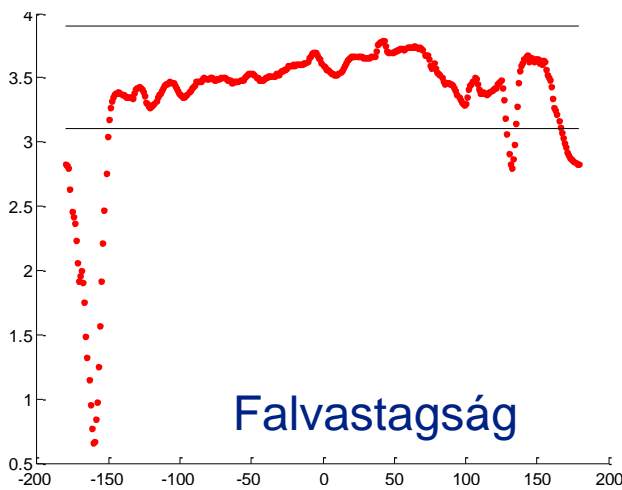
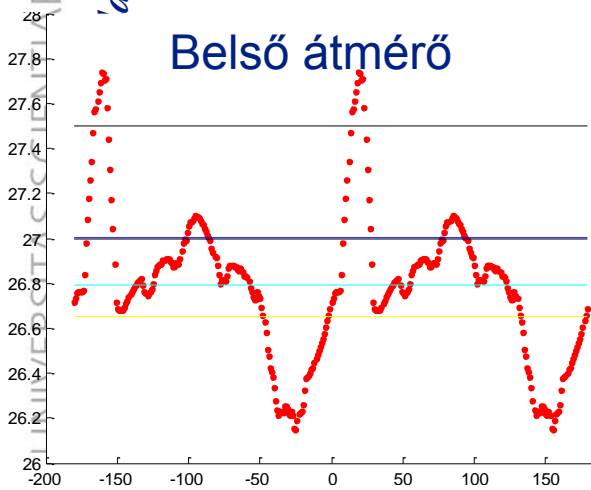
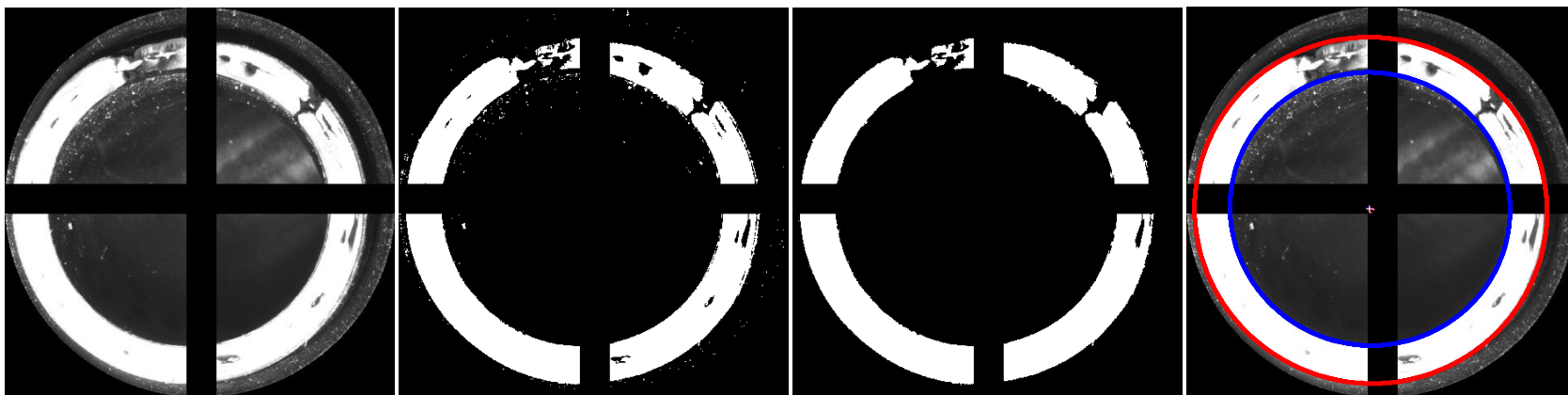


# Gumicsövek minőségellenőrzése

- Átmérő és falvastagság automatikus mérése, csővég szakadás detektálása
- Csövekre nyomtatott feliratok és jelek épségének automatikus ellenőrzése

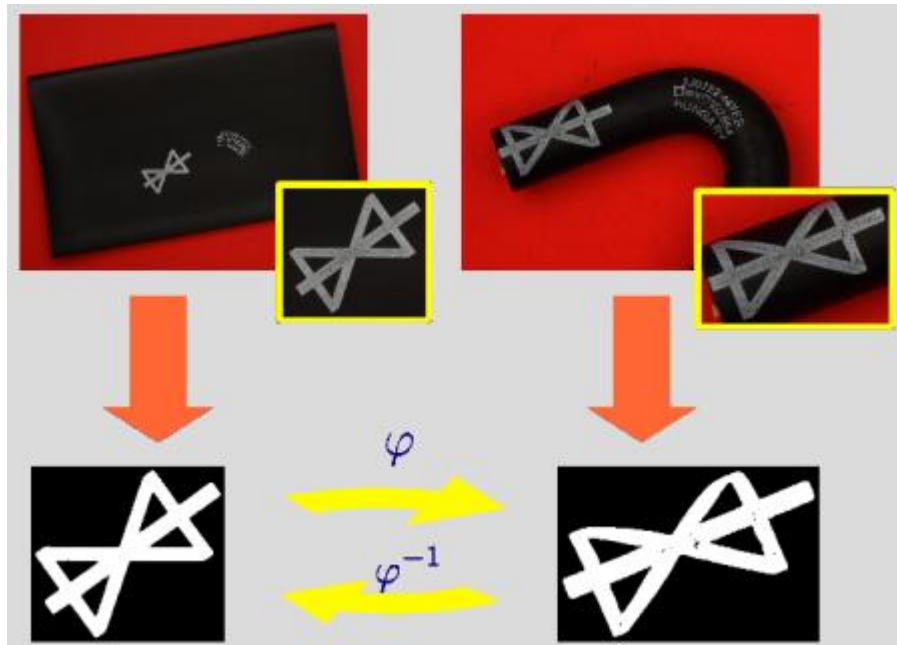


# Átmérő, falvastagság és csővég szakadás vizsgálat





# Nyomtatott feliratok és jelek ellenőrzése



1J0 122 447 GC  
 Ø PXO 107998  
 HUNGARY

1J0 122 447 GC  
 Ø PXO 107998  
 HUNGARY

1J0 122 447 GC  
 Ø PXO 107998  
 HUNGARY

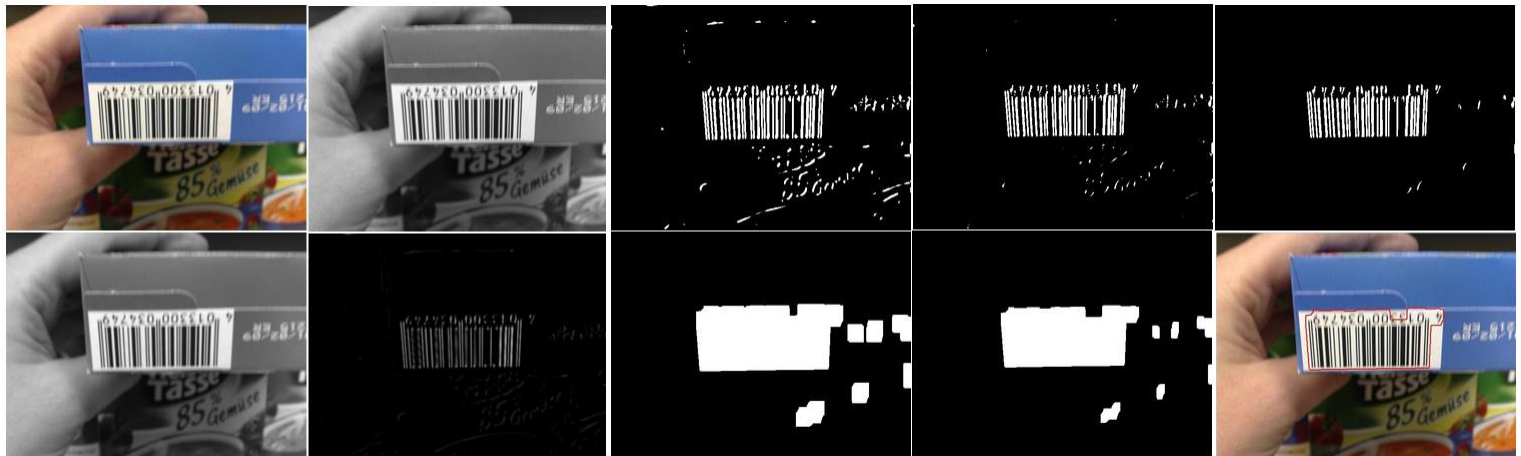
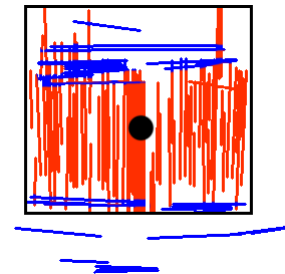






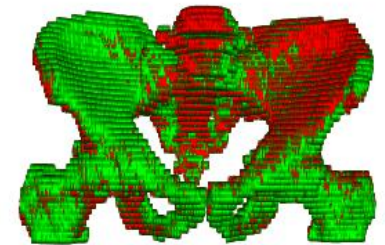
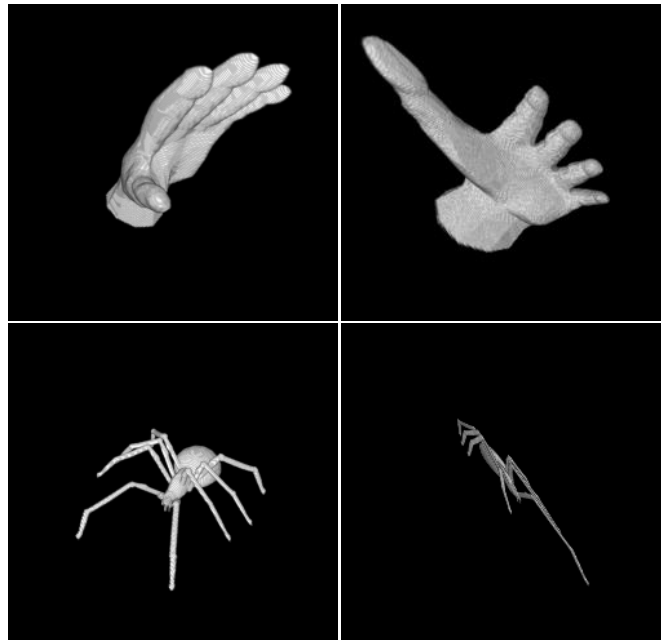
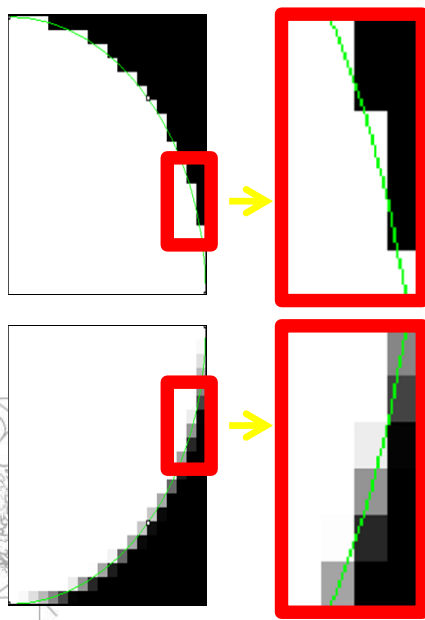
# Vizuális kódok detektálása

Cél: 1D és 2D vonal- és mátrixkód régiók kép-alapú automatikus és nagy hatékonyságú detektálása



# 3D objektumok lineáris illesztése

Cél: 3D bináris objektumok gyors és hatékony regisztrációja pontillesztések nélkül; opcionálisan a határok fuzzy reprezentációját használva



# Mobil képelemzés

Cél: Mobil eszközökkel készített képfelvételek elemzése



Autó gyártmány és modell felismerése



Peugeot  
307



Széles bázisú sztereo megfeleltetések  
Kulcspontról alapú  
Különböző mobil platformokra

# Futó “nagy” projektek

**TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013**

Infokommunikációs technológiák és a jövő társadalma (FuturICT.hu)

**TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0073**

Telemedicina fókuszú kutatások Orvosi,  
Matematikai és Informatikai tudományterületeken



# Mobil képfeldolgozás a FuturICT.hu projektben

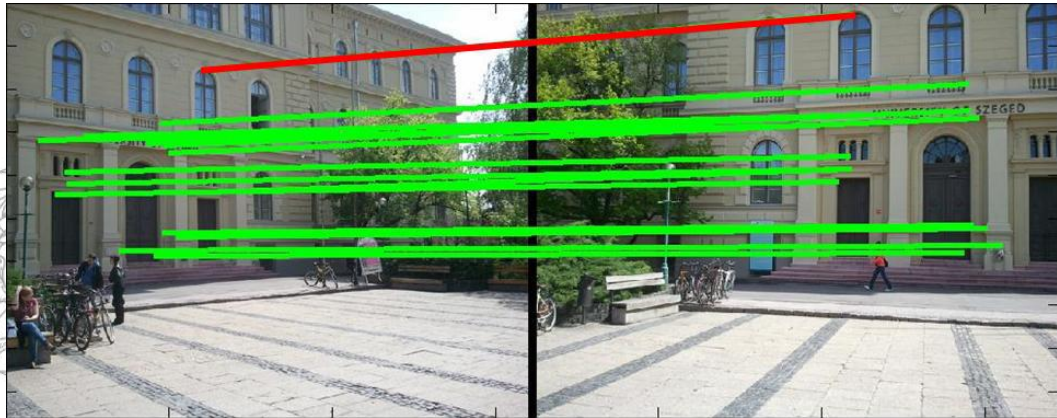
- Kollaboratív érzékelés (ad-hoc mobil kamera-hálózat)
- Alkalmazási területek
  - Katasztrófa-helyzetek
  - Navigáció
  - Szintetikus nézetek renderelése
  - Biztonságtechnika
- Magas szintű feladatok
  - 3D rekonstrukció
  - Szintetikus nézetek renderelése
  - Panorámaképek
  - Széles tartományú követés





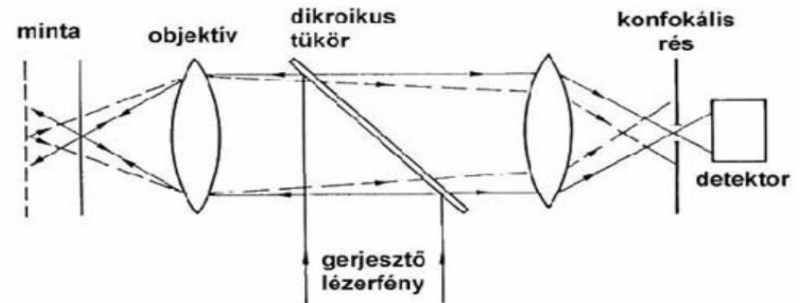
# Kollaboratív érzékelés alapfeladatai

- Megfeleltetés
- Ad-hoc kamera-hálózat kalibrálása
- A 3. dimenzió rekonstruálása
- Kommunikáció
  - Adatcsere
  - Elosztott algoritmusok

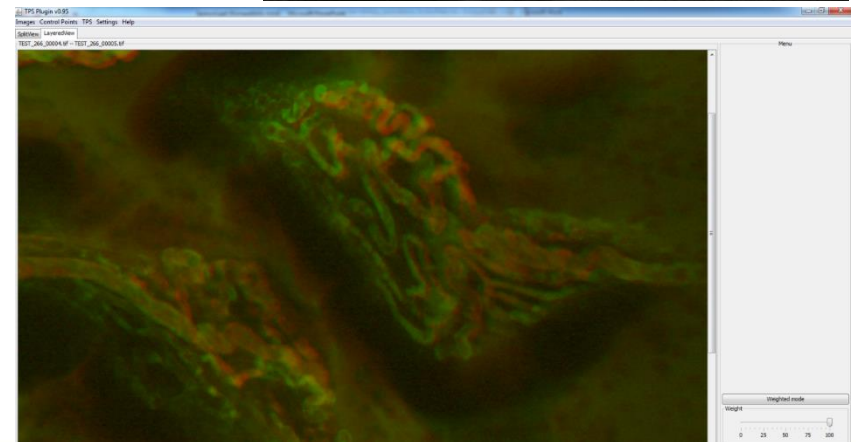
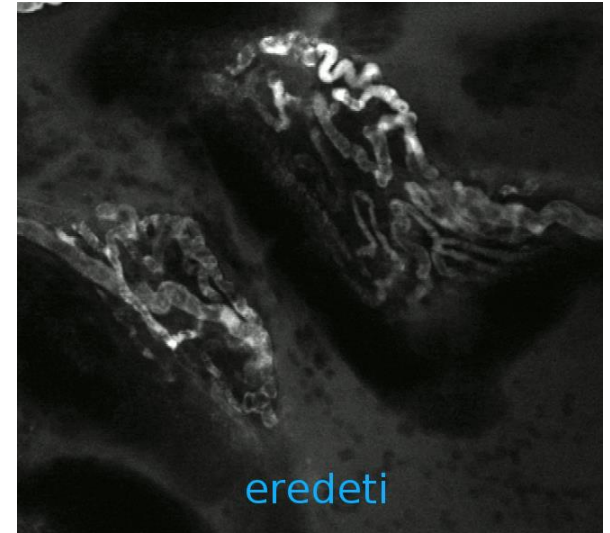
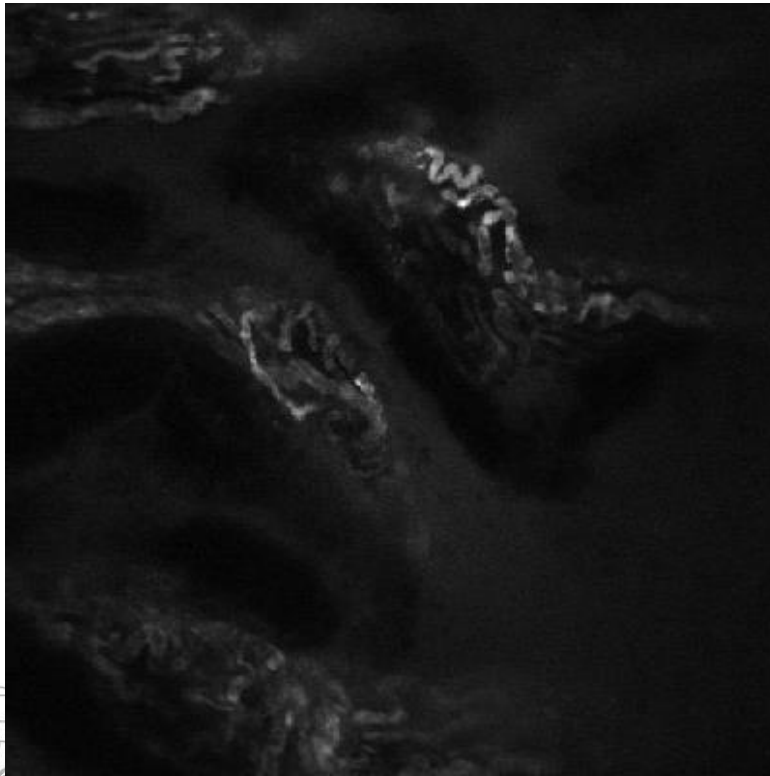


# Orvosi képfeldolgozás a Telemedicina projektben

- Cél: 3D rekonstrukció konfokális lézer pásztázó mikroszkóppal készített 2D szeletekből
- Problémák
  - Légzési mozgásokból adódó artefaktumok
  - A szöveti struktúráról készített szeletek egymást átfedőek
    - 4  $\mu\text{m}$ -enként haladva 7  $\mu\text{m}$ -es axiális szeletek
- Megoldás
  - Regisztráció Thin Plate Spline interpolációval
    - Nemlineáris, kontrollpont-párokra alapuló
  - ImageJ plugin
    - input/interakció
    - feldolgozás
    - megjelenítés



# Felvétel kontrasztanyaggal feltöltött erekről



# Köszönetnyilvánítás

- Akiknek a munkájáról szó esett
  - A tanszék korábbi és jelenlegi oktatói, kutatói
  - Doktorjelöltek és doktoranduszok
  - MSc és BSc hallgatók
  - Hazai és nemzetközi, akadémiai és ipari együttműködő partnerek
- Akik mindezeket finanszírozták
  - Költségvetési, pályázati és vállalati források





# Az utóbbi évek OTDK eredményei

Hallgató	Dolgozat címe	Témavezető	Év	Hely
Sánta Zsolt	Háromdimenziós objektumok nemlineáris regisztrációja	Kató Z.	2013	1.
Blaskovics Tamás	Kör alakú objektumok szegmentálása Markov mező segítségével	Kató Z.	2009	1.
Katona Melinda	Vonalkódok hatékony detektálása morfológiai módszerekkel	Nyúl L.	2013	2.
Hantos Norbert	Mediánszűrés alkalmazása algebrai rekonstrukciós módszerekben	Balázs P.	2011	2.
Németh József	Síkhomográfia paramétereinek becslése bináris képeken	Kató Z., Domokos Cs.	2009	2.
Koós Krisztián	Diszkrét tomográfiai algoritmusok optimális paramétereinek meghatározása	Nagy A.	2013	3.
Varjas Viktor	Gépkocsi felismerés előlnézeti kép alapján	Tanács A.	2013	3.