

Képszegmentáló eljárások verifikációja és validációja

Hadházi Dániel

hadhazi@mit.bme.hu

Előadás tartalma

- ▶ Orvosi képdiagnosztika:
 - Szerepe napjaink orvoslásában
 - Képszegmentálás orvosi kontextusban
 - Elvárások az adekvát szegmentálásokkal szemben
 - Verifikáció és validáció lehetséges módjai
- ▶ Esettanulmányok:
 - Általános, orvosi szegmentáló eljárás esete – orákulum alapú tesztelés
 - Térfogatbecslés esete – automata tesztgenerálás

Orvosi képelemzés példák

- ▶ Képképző modalitások orvosi alkalmazása:
 - Diagnosztikai célból:
 - Rákos elváltozások detektálása
 - Szövetek funkcionalitásának vizsgálata (pl. COPD, gyulladások, csontsűrűség vizsgálat ...)
 - Kezelés hatékonyságának monitorozása:
 - Onkológiai kezelés esetén a tumor agresszivitása (RECIST protokoll alapján a térfogat változása monitorozza)
 - Érrendszeri betegségek lefolyásának vizsgálata – szívkamra térfogatának változása

Orvosi képszegmentálás

- ▶ Képképzés modalitásai:
 - Röntgen alapú (PA röntgen, CT, Tomográfia), PET/SPECT, MRI, UH, Thermográfia, ...
 - Intenzitások fizikai megfeleltethetősége (sokszor problémás)
 - Közös jellemzőjük a rossz SNR
- ▶ Manuálisan megterhelő, monoton feladat:
 - Leletező szakorvos kézügyessége jelentősen befolyásolja a szegmentációk pontosságát.
 - Tökéletes szegmentáció nem létezik
 - Orvosi gyakorlat ezt nem veszi figyelembe

Szegmentáló eljárások

▶ Szegmentálás:

- Célja orvosi esetben a vizsgált képletet / vetületét tartalmazó voxelek / pixelek azonosítása
- Implementálási szempontból rendszer identifikáció:
 - Struktúrát a priori ismeret alapján választunk
 - Paraméterek hangolása az adekvát működés érdekében

▶ Eljárások verifikációja és validációja:

- Statisztikai tesztelésre támaszkodik:
 - Nem lehet (formálisan) definiálni, hogy milyen a megfelelő szegmentáció
 - Állapotfedéses tesztek nem realizálhatóak

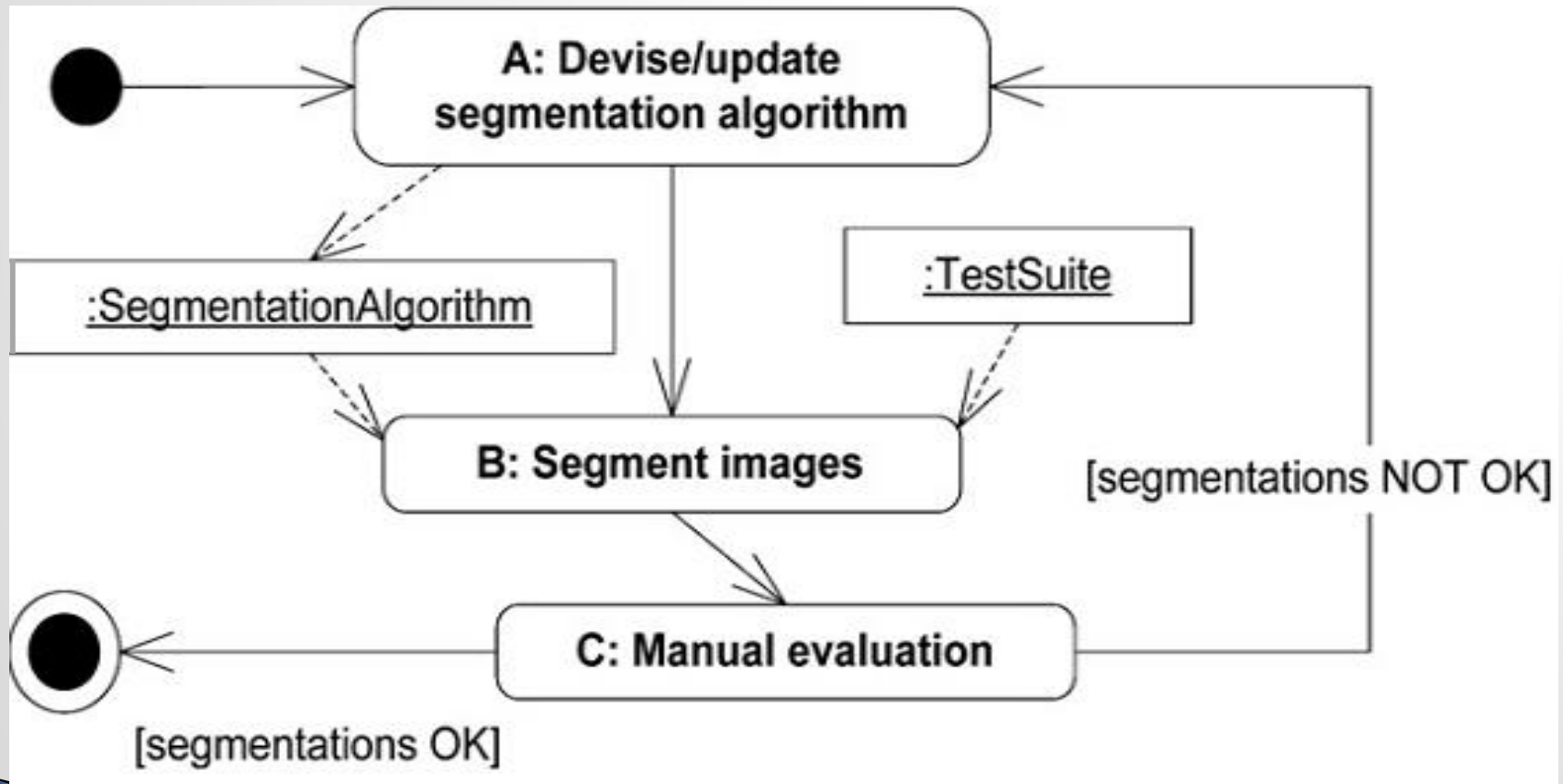
Orvosi szegmentálással szemben támasztott elvárások

- ▶ Szegmentálás legyen „pontos”:
 - U.a. képletet két orvos eltérően szegmentál
 - Általános képszegmentálásoknál referencia alapján:
 - Különböző metrikák szerinti összehasonlítás
- Legyen robosztus:
 - Reprodukálhatóság: fizikai változás hiányában a szegmentálás jellemzői se változzanak
 - Csak a vizsgált képlettől függjön a szegmentálás: ez 2 / 2,5 dimenziós modalitásoknál jelentős kihívás

»» Automatikusan szegmentálás teszt orákulum tanulásával

K. Frounchi et al. „*Automating image segmentation verification and validation by learning test oracles,*” *Information and Software Technology* Vol. 53 (12), pp. 1337–1348 (2011)

Képszegmentáló eljárás általános fejlesztése



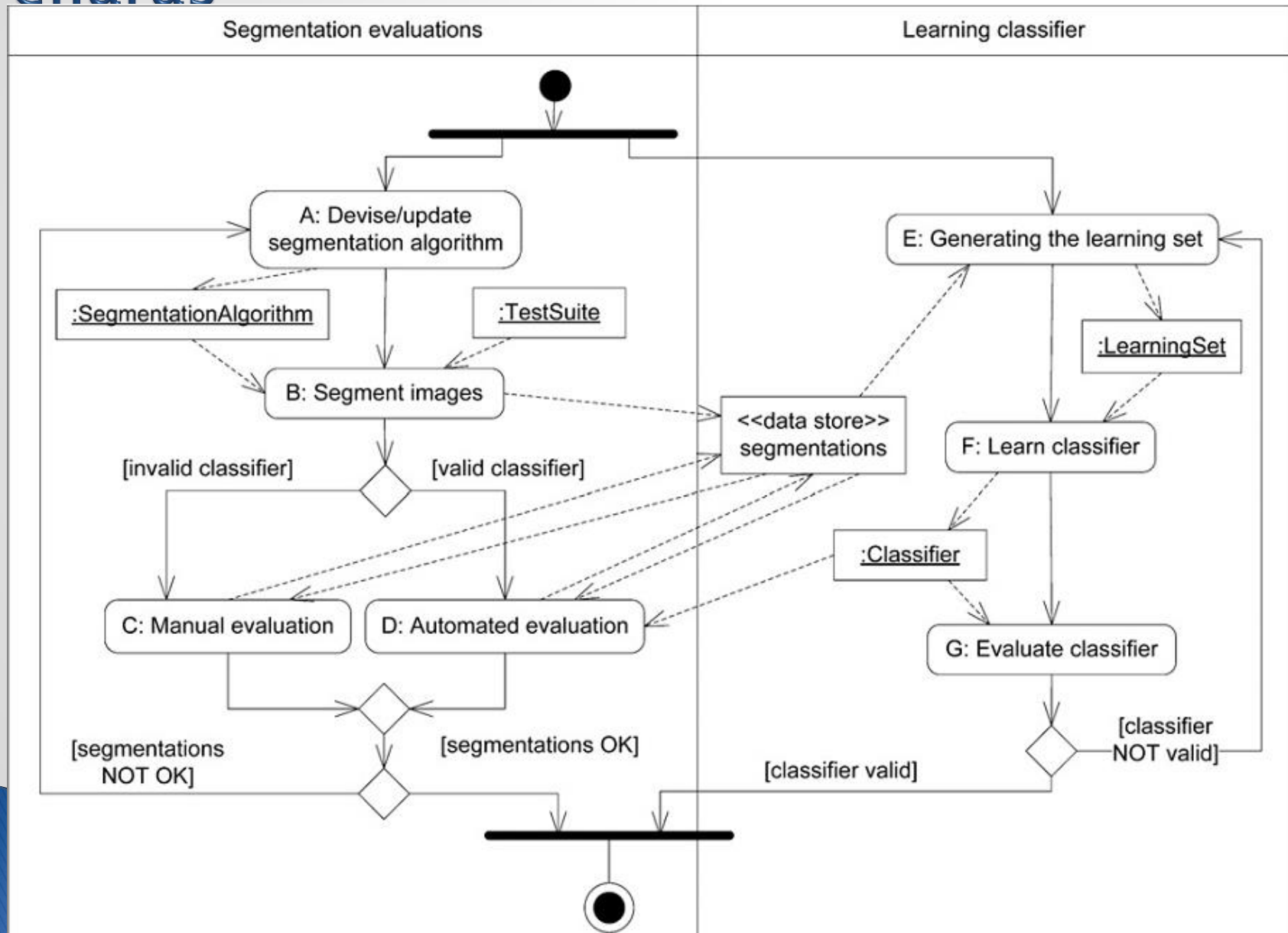
Képszegmentáló eljárás általános fejlesztése

- ▶ Minta alapú tesztelés nem váltható ki
- ▶ Minták validálása manuálisan nehéz:
 - Minden új iterációnál a teljes teszthalmazra adott kimeneteket manuálisan kell validálni:
 - Sosem létezik gold standard szegmentáció, ezért minden szegmentációt külön-külön kell minősíteni
 - Felhasználástól függően több adekvát szegmentáció:
 - Pl. CAD osztályozója esetén a körvonal menti intenzitás-differenciát vizsgáló jellemzők fontosak, míg térfogatbecslés esetén a szegmentált területek nagysága

Szegmentációk minősítése automatizáltan

- ▶ Szegmentálások összehasonlítása MI-vel:
 - Gépi tanulással konstruált osztályozó:
 - Könnyű interpretálhatóság érdekében döntési fa
 - Bemenet: u.a. képlet két különböző szegmentálása
 - Kimenet: konzisztens-e egymással a két szegmentáció
- ▶ Szegmentálások adekvátságának eldöntése:
 - Súlyozott többségi szavazás alapján
 - Szükséges hozzá két olyan verzió, mely alapján lehet tanítani – első pár (minimum kettő) verzió kiértékelése manuálisan kell, hogy történjen

Automatán minősített szegmentáló eliárás



Automatán minősített szegmentáló eljárás összefoglalása v&v szempontok szerint

- ▶ Szegmentáló eljárás validálása:
 - Validálás: megfelel-e az eljárás a követelményeknek
 - Benchmark halmazon történő kiértékelés
- ▶ Eljárás fejlesztésének verifikálása:
 - Verifikálás: vizsgált fázis végén teljesülnek-e a fázis elején deklarált követelmények
 - Fejlesztés fázisai \Leftrightarrow a különböző verziók előállítása
- ▶ Döntési fa alapú minősítés segít a korrekcióban:
 - Lényegében szabályok döntenek el, hogy mikor konzisztens és mikor nem két szegmentálás



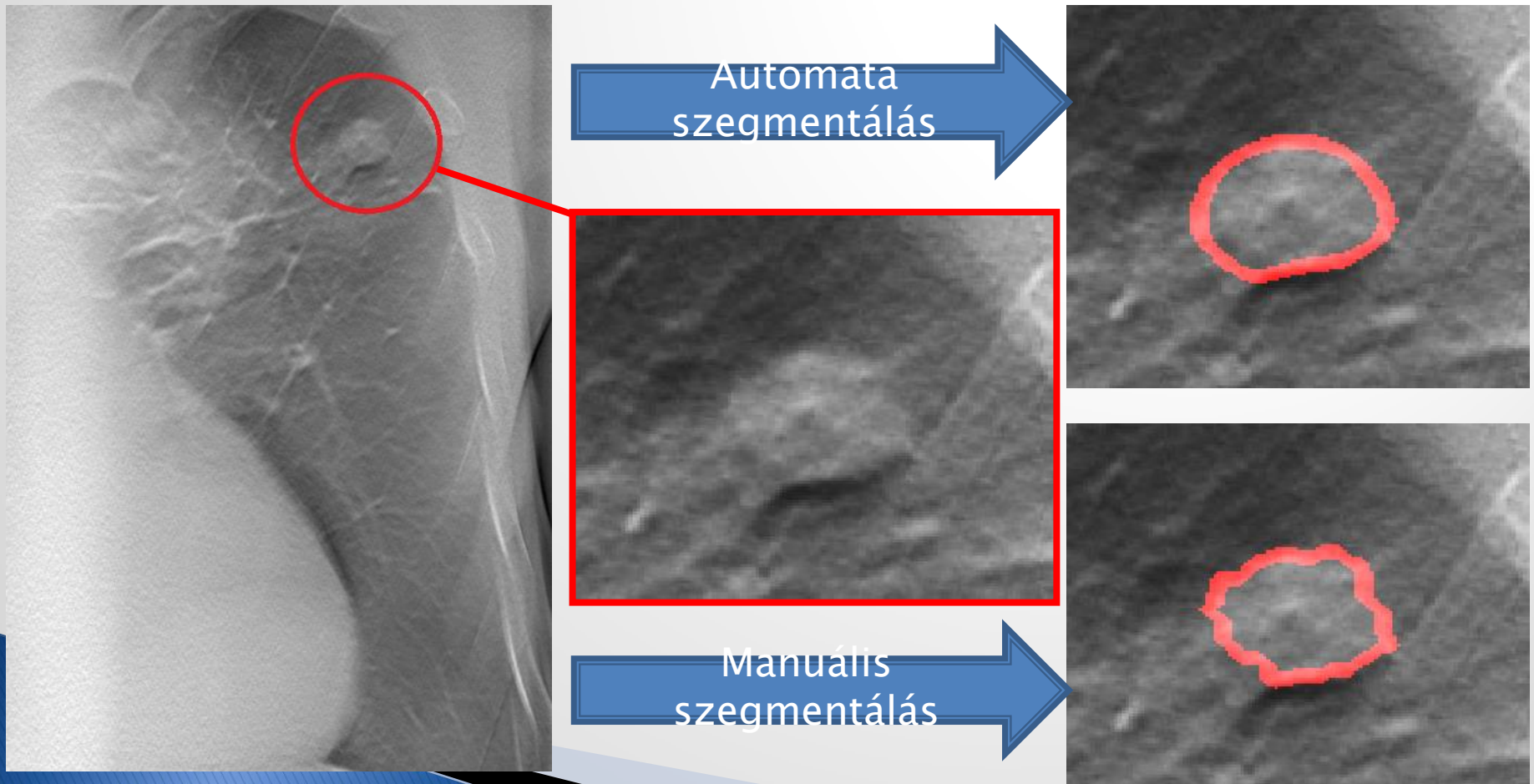
Tumor térfogatbecslő validálása generált mintákkal

Mikor tekinthető egy daganat kórosnak / rosszindulatúnak?

- ▶ Invazív mintavétel és szövettan:
 - Bőrön kialakított mesterséges / egyéb természetes testnyíláson keresztüli szöveti mintavétel
 - Csekély esettől eltekintve (pl. tápcsatorna elejének és végének a vizsgálata), nem lehetséges
- ▶ RECIST 1.1 protokoll alapján:
 - Rendszeresen vizsgálni kell a beteg állapotát, ha az elváltozás térfogata ~ 50%-al növekszik 6 hónapon belül
 - 7mm-es gömb CT-s rekonstrukciója esetén a kvantálási hiba generálhat 50%-os eltérést

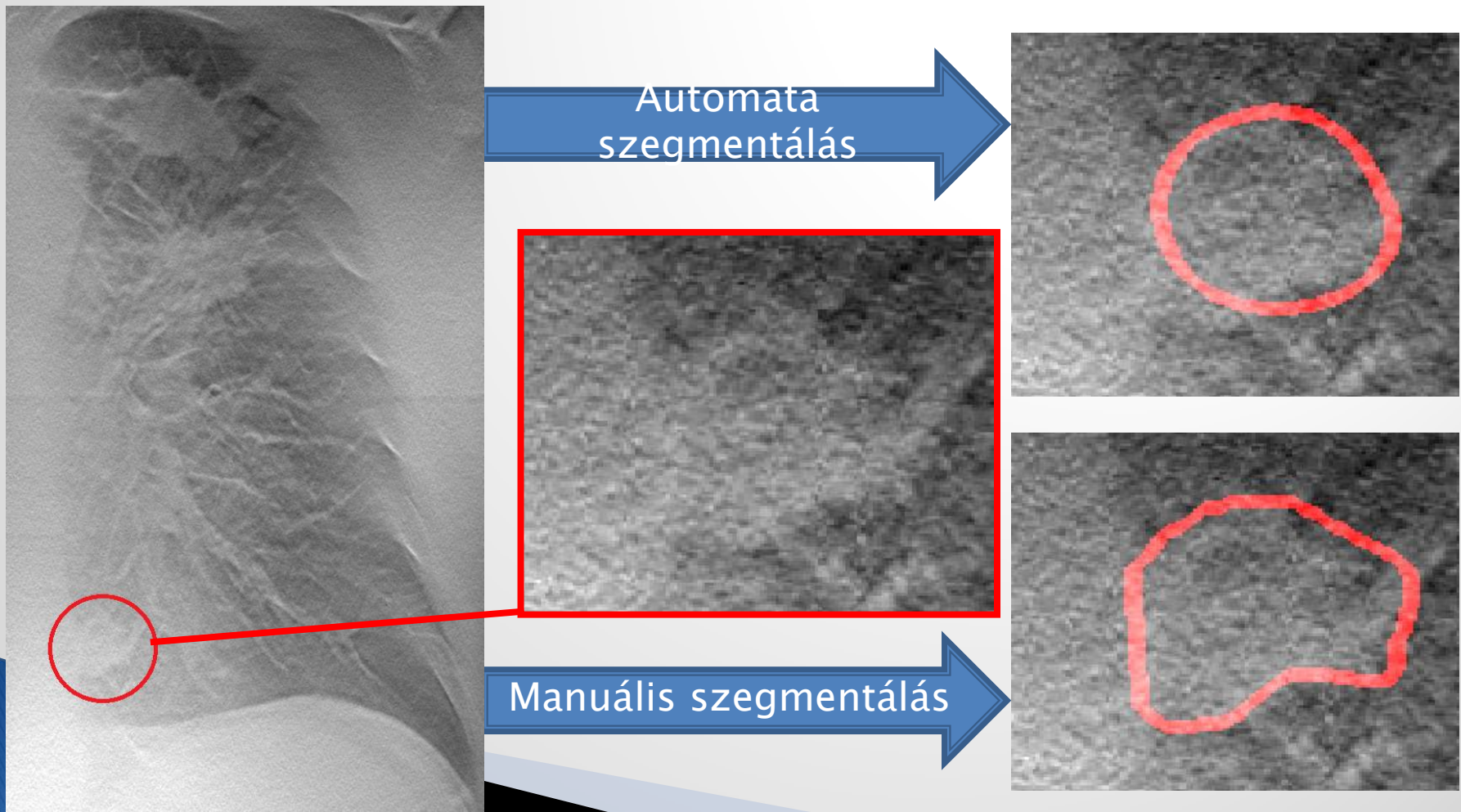
Tüdődaganat egyszerűbb eset

- ▶ Egyszerű esetre egy példa:



Tüdődaganat nehezebb eset

- ▶ Egy picit nehezebb esetre egy példa:

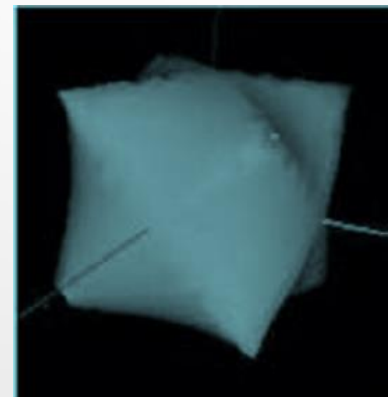
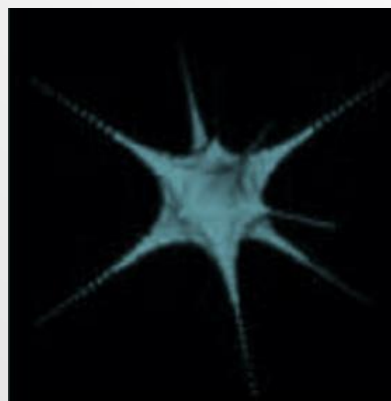
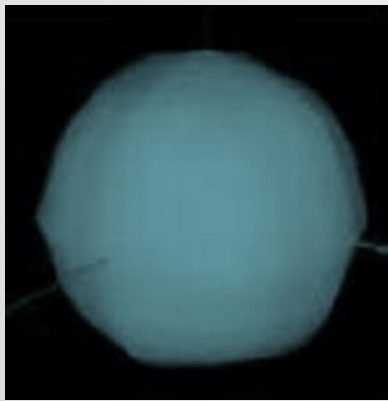


Eljárás validálásának lehetőségei

- ▶ Matematikai modell szerint:
 - Nem kivitelezhető
- ▶ Tesztelés minták vizsgálatával:
 - Valós daganatok:
 - Pontos térfogatot nem ismerjük, maximum csak becsülni lehet finomabb modalitás alapján (pl. CT)
 - Szintetikus foltokkal – generált mintákkal:
 - Publikált statisztikai vizsgálatok elérhetőek az ún. solid solitary pulmonary nodule-okról.
 - Valós térfogatról készült projekciókba illesztve

Mesterséges elváltozások generálása

- ▶ Matematikai modellel definiált foltok
- ▶ Felvételi elrendezésnek megfelelően Beer–Lambert törvény szerinti vetítés:
 - Rekonstrukció, mint inverz probléma megfigyelés modelljét is a Lambert törvényből származtatjuk
- ▶ Foltok 3D–s modelljére példák:



Automata minősítő

