



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék



Mellkas CT felvételek szemi- automatikus szegmentációja

Hadházi Dániel*, Révy Gábor, Bodnár Anna, Hullám Gábor

Méréstechnikai és Információs Rendszerek Tanszék
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

*hadhazi@mit.bme.hu



Agenda

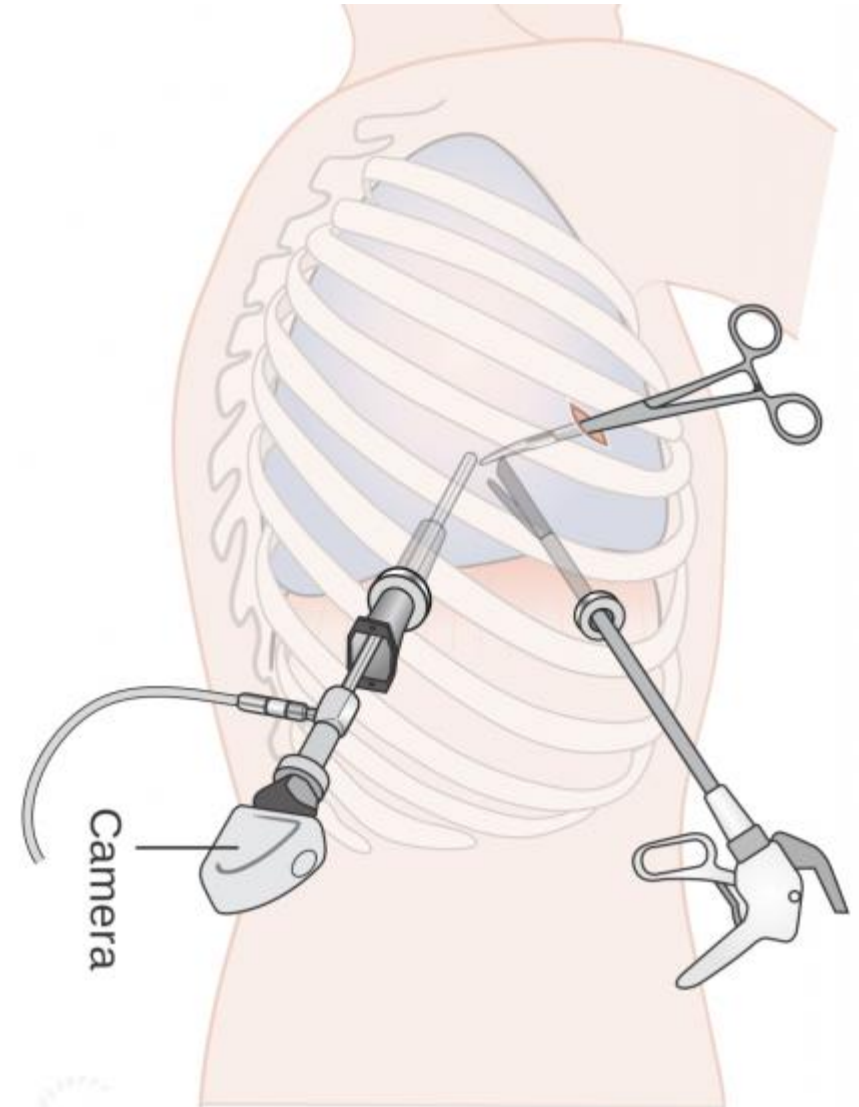
- Motiváció
- Elvárások
- Limitációk
- Megvalósított eljárások
- Összegzés

Motiváció

- Mesterséges intelligencián és 3D tervezésen alapuló minimál-invazív és robotsebészeti beavatkozások tervezését segítő eszközfejlesztés
2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00279
- Projekt résztvevői:
 - Gamma Digital Fejlesztő és Szolgáltató Kft : konzorciumvezetés, orvosi csapat
 - BME VIK AUT : 3D megjelenítés – VR szemüveggel
 - BME VIK IIT : Webalkalmazás, behatolási utak tervezése
 - BME VIK MIT: Mellkas CT-k szemiautomatikus 3D szegmentációja

Minimál invazív lobektómia

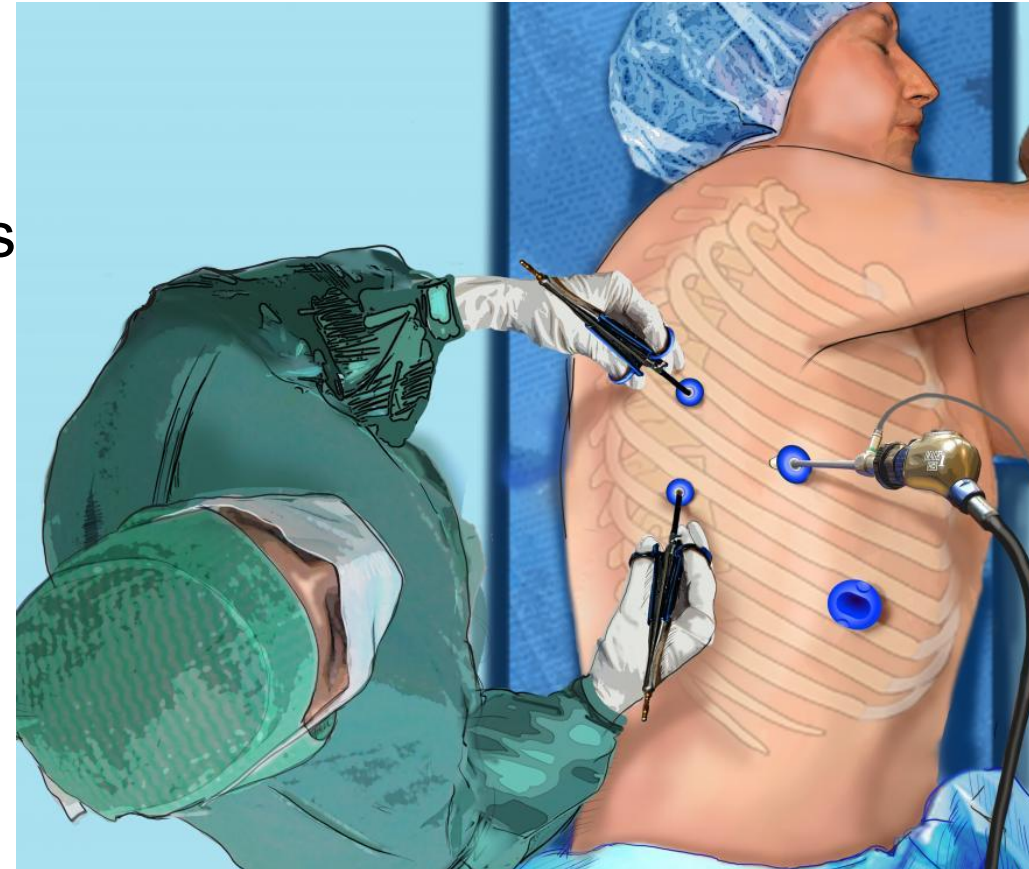
- Műtét menete:
 1. Mellkason belépési portok meghatározása
 2. Bőr, kötőszövetek, pleura vágása
 3. Daganatos lebeny, illetve azt ellátó erek, hörgők lokalizációja
 4. Kötőszövetek, nyirokcsomók, kisebb erek reszekciója
 5. Nagy erek, hörgők elvágása és elvarrása
 6. Kiműtött lebeny kiemelése
 7. Belépési portok zárása



Forrás: en.wikipedia.org

Minimál invazív lobektómia

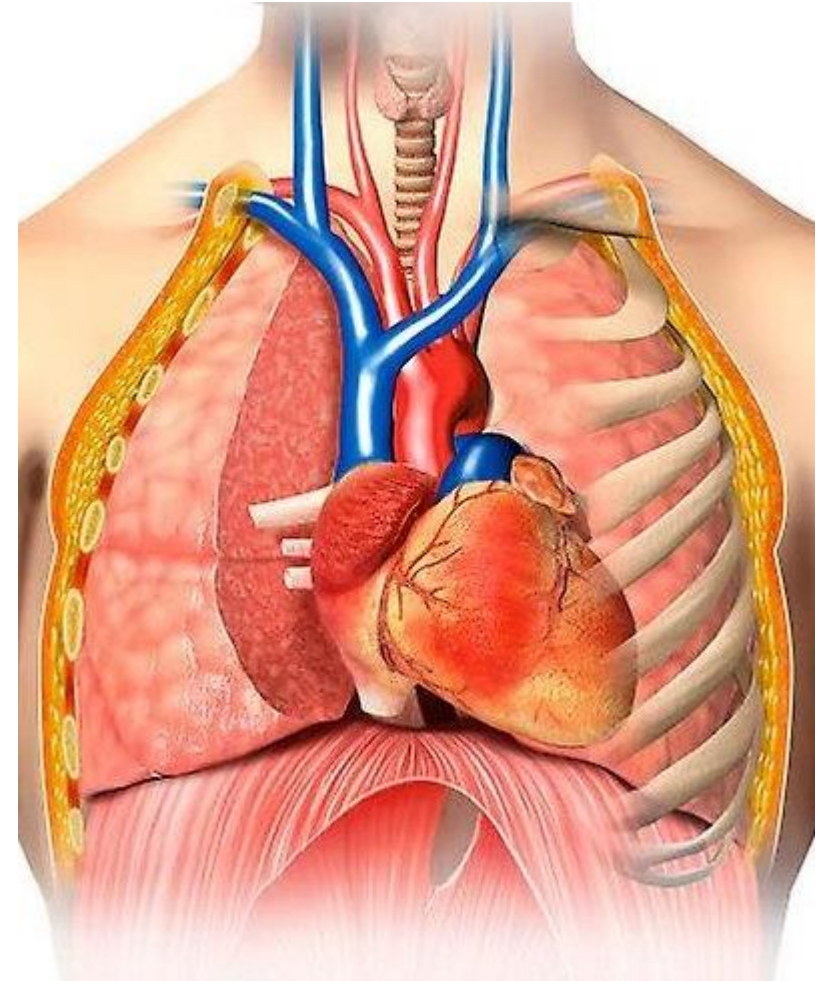
- Nyitott mellkasi műtétekkel összevetés:
 - Rövidebb műtétek, rövidebb lábadozási idő, páciens számára kisebb megterhelés
 - Nehezebb tájékozódás a tüdőn belül
 - 3D szegmentáció alapján tervezhető a műtéti eszközök trajektóriája, a belépési portok és az azokba helyezett trokár mérete és szöge



Forrás: <https://medicaldialogues.in>

Elvárások

- Mellkas szöveteinek voxelpontos szegmentációja:
 - Szövettípusok: bőr, kötőszövet, rekeszív csontok (szegycsont, gerinc, bordák, lapocka) erek (nagy aorta, pulmonáris artéria, véna) tüdőparenchima, hörgőfa, daganatok
 - Rutinszerűen készülő kontrasztos CT-kből
 - 2,5 mm-es szeletvastagság (partial volume)
 - Kontrasztanyag eloszlására sem lehet bízni
 - Eltérő kernelekkel rekonstruált felvételek (erősen változó CNR és SNR)



Forrás: en.wikipedia.org

Limitációk

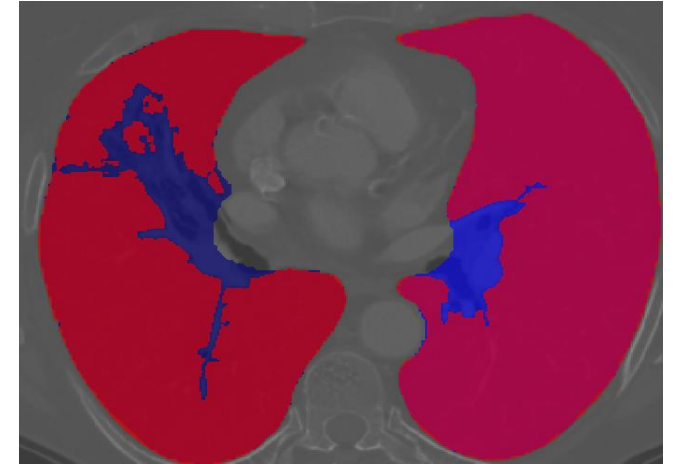
- Kereskedelmi forgalomban értékesíthető megoldás:
 - Saját megoldások szükségesek, melyek nem sértenek jogi korlátozásokat
- Valós alkalmazási feladatok:
 - Elvárás a működőképesség gyakorlati esetekben
 - Benchmark problémák – nagyobb méretű adathalmazok nem jók
- Orvosi beavatkozás lehetőségessé tétele:
 - Black-box modellek kizárva
 - Intuitívan szabályozható viselkedésű algoritmusok
- **Deep Learning-gel nem sok babér terem ebben a feladatban**

Implementált eljárások

- Szakértői képfeldolgozó eljárások
 - Reprodukálható eredményeket adó, robusztus módszerek
 - Sok alak- és lokációra vonatkozó modell
- Hibrid: szakértői és adaptív eljárások
 - Algoritmikusan történik ROI-k, alakzati primitívek meghatározása
 - Tanuló rendszerrel a kiemelt primitívek diszkriminációja
 - Explicit alakmodell alacsony kontrasztú régiók szegmentációjára
- Alkalmazott apparátus:
 - Képfeldolgozás, tanuló rendszerek, large scale numerikus optimalizáció
 - GPGPU

Tüdő szegmentációja

- Alakmodell alapú szegmentáció
 - Denzitás alapú küszöbölés
 - Beszájadzó erek által okozott ékelések kisimítása
- Adathalmazok hiánya
 - Voxelenként nehézkes a szegmentálás
 - Konzisztencia kérdése



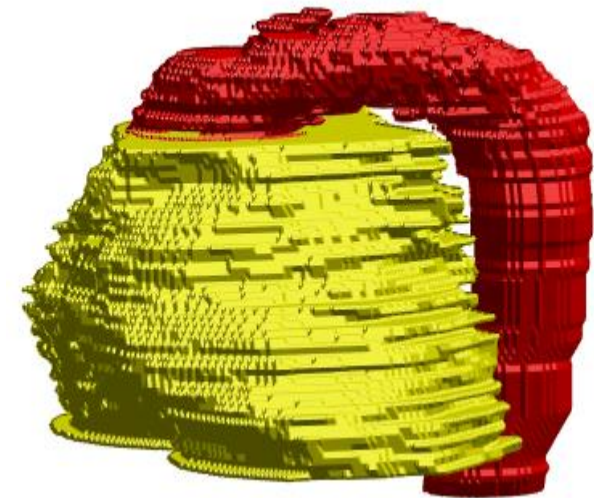
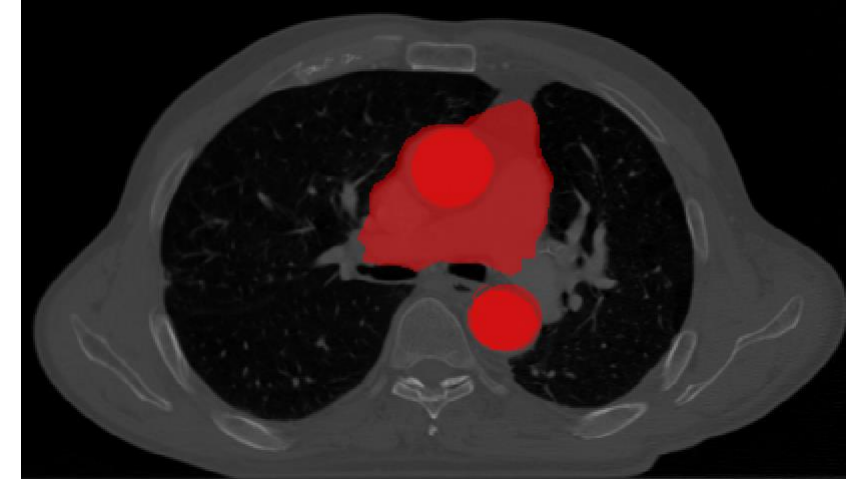
Hörgőfa szegmentációja

- Modell alapú szegmentációs megközelítés
- Adathalmazok hiánya
 - Teljesen más a HRCT, illetve a 2,5 mm-es „szeletvastagságú” CT esete
- Beavatkozási lehetőség
 - Kifolyt régió és megtartandó között vágás
 - 3D large scale numerikus optimalizáció
 - Út keresése detektált és már nem szegmentált rész között



Aorta és szív szegmentációja

- Aortaív szegmentációja:
 - Két inputból előre kalkulált ív jelöltek
 - Térfogat lokális morfológiája
- Lefutó aorta szegmentációja:
 - Axiális szeletekre illeszkedő alakmodell
 - Szeletek közötti konzisztencia
- Szív szegmentációja:
 - Egyszerű alakmodell alkalmazása
 - Pericardiális zsír szegmentálása



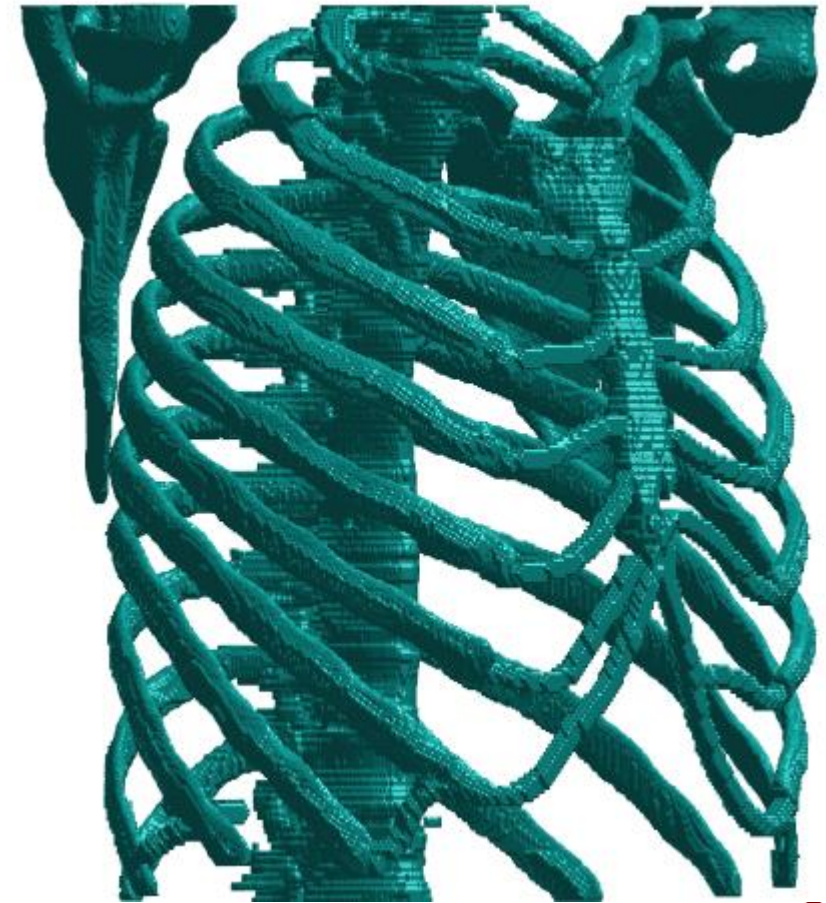
Csontok szegmentációja

- Gerinc szegmentációja:
 - Szűrőkkel a csigolyák detekciója
 - Küszöbölés és alakmodell alkalmazása
- Sternum szegmentációja:
 - Input: felső axiális szeleten befoglaló téglalap
 - Alakmodell és gradiens alapú szegmentálás
- Lapocka és kulcscsont szegmentációja:
 - Denzitás alapú küszöbölés
 - Lokációs modellek alkalmazása



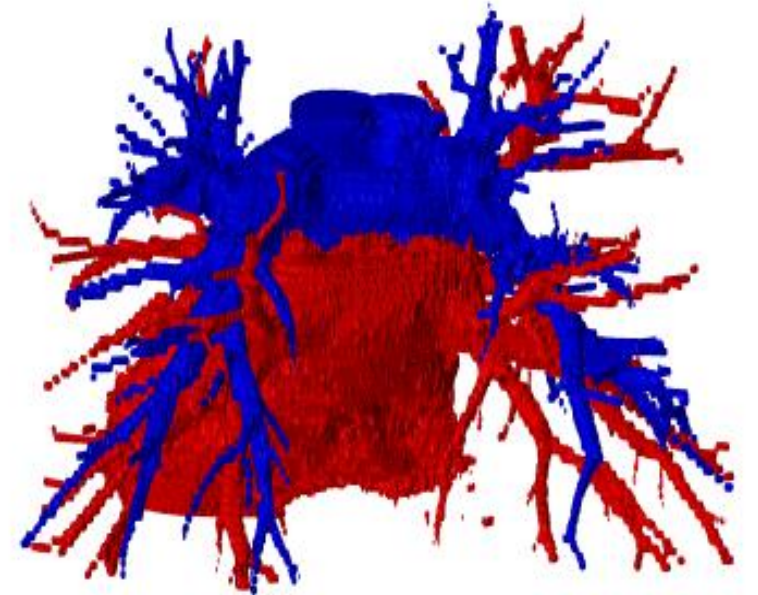
Csontok szegmentációja

- Bordaív szegmentációja:
 - Szűrések alapján primitívek detekciója
 - Modell és prior tudás alapján primitíveket leíró jellemzők előállítás
 - Speciális osztályozó primitívek és primitív párok osztályozására
 - Alak és elhelyezkedési modell primitívekből bordaívek felépítésére és sternum irányú (bordaporc) interpolációra



Pulmonáris érhalózat szegmentációja

- Erek szegmentációja
 - Eltérő eljárás mediastinumon és tüdőn belül
 - Denzitás és alakmodell alapú szegmentáció
- Erek szeparációja
 - Input: artéria bifurkáció és bal pitvar voxele
 - Összetett 2,5D-s, erek vastagságának periféria felé tapasztalható szűkülésén alapuló eljárás
- Kézi beavatkozás
 - Eltévesztett szakaszok kezdeti voxeleinek kézi annotálása, ez alapján finomítása



Összegzés

- Nehéz probléma
 - Elfogadható minőségű annotált minták a részproblémákhoz nem érhetőek el
 - Nehezen algoritmizálható szegmentálási feladatok
 - Gyors futási időre vonatkozó követelmények – jelenleg < 3 perc
- MI – szakértői eljárásokkal történő megoldás
 - Nem a mai tipikus értelemben vett MI megoldás
 - Pár bemeneti marker, szegmentációk kézzel javíthatók
 - Eddig kidolgozott eljárások által lehetne elkezdni mély hálókhoz jól szegmentált tanítómintákat előállítani

Köszönöm a figyelmet!

Méréstechnikai és Információs Rendszerek Tanszék
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport