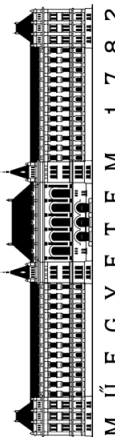


ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

SPECT REKONSTRUKCIÓS ALGORITMUSOK

Orvosi képalkotás és képfeldolgozás



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



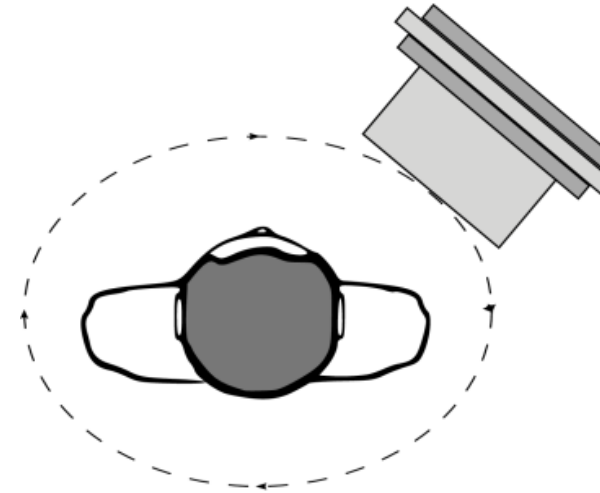
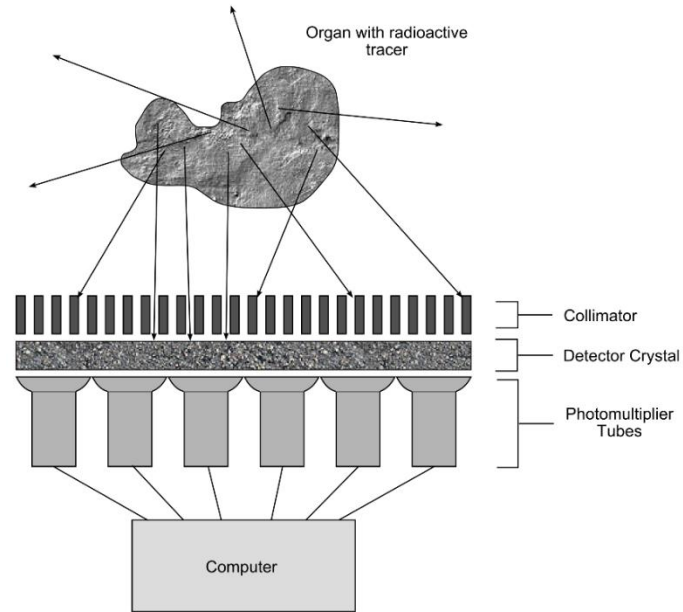
BME IIT - ORVOSI INFORMATIKA LABORATÓRIUM

Medical Imaging

- **Nuclear imaging**
 - Growing importance in medical treatment
- **Technological improvements:**
 - SPECT, PET, MRI, CT...
 - High Performance Computing
 - Parallel computation
 - GPU
- **Multimodal imaging**
 - PET/CT, SPECT/CT, SPECT/MRI, PET/SPECT/CT
 - Opportunities for image quality enhancement



SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography

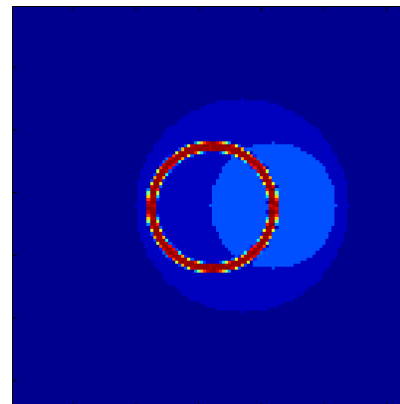
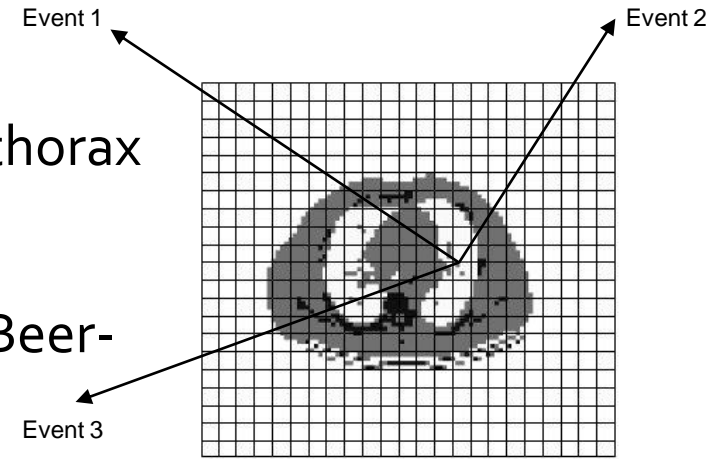


Effect of gamma photon attenuation

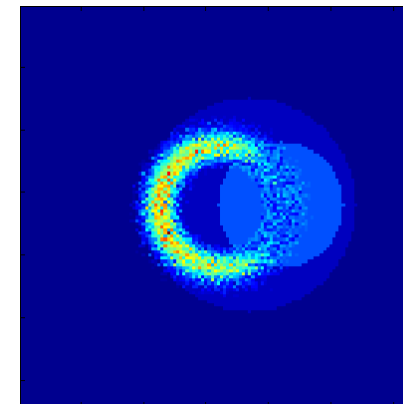
- **Non-homogenous attenuating medium, e.g.: thorax**
- Detecting less events in different directions
- Attenuation can be calculated according to the Beer-Lambert formula:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

- Result: **distortion effects in the reconstructed image**



Reference



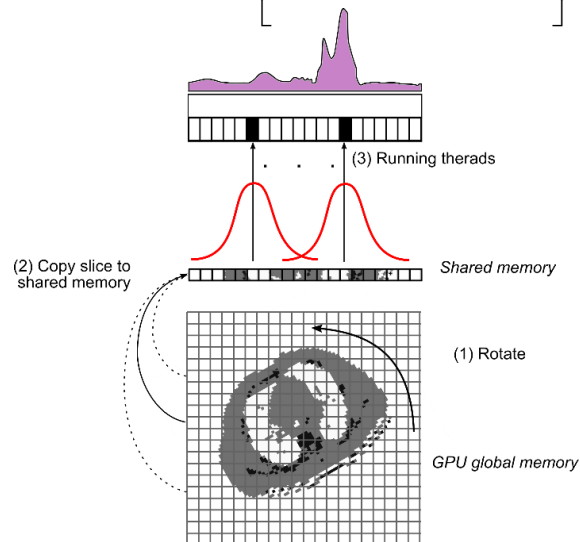
Reconstructed

Fast GPU based implementation

- **CPU based 3D-MLEM** reconstruction with correction for DDSR and attenuation in the forward projection is **computationally intensive**:
1 iteration c.a. 30 min, (Core2Duo) in case of 128^3 discretization
- GPU: Single Instruction Multiple Data (SIMD)
- Reorganizing the algorithm to **data collecting**

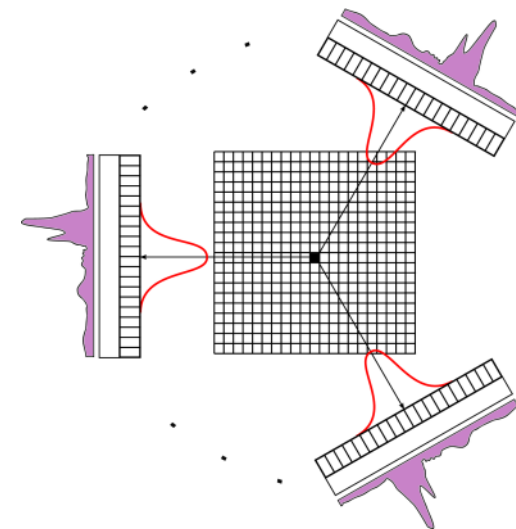
Forward projection: one thread processes one detector pixel

$$p(i) = \sum_{n=1}^J G(n, \Theta, s) * \left[f_n^k \cdot a(n, \Theta, s) \cdot e^{-\sum_{h \in N} c_{ih} \cdot \mu_h} \right]$$

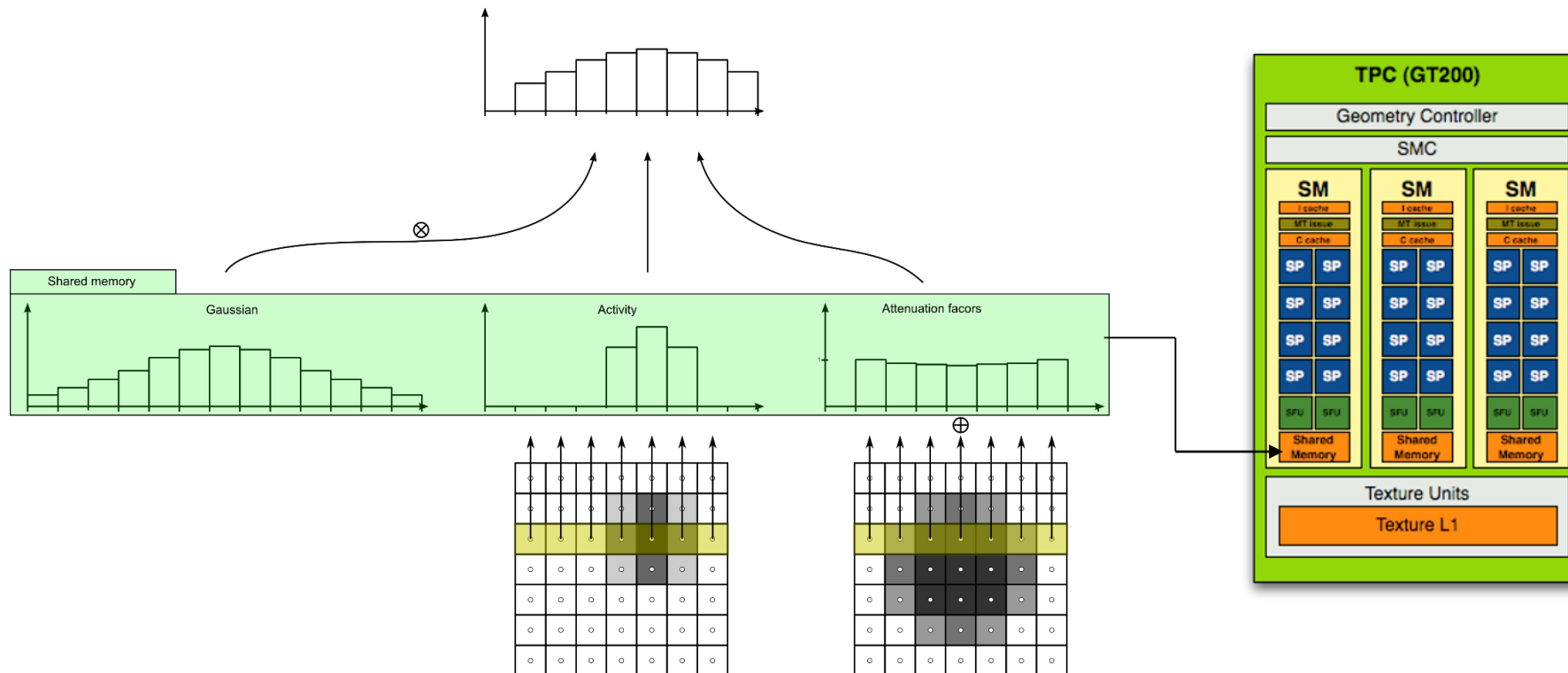


Backward projection: one thread processes one reconstructed voxel

$$v(i) = \sum_{i=1}^I G(j, \Theta, s) * \left[\frac{b_i}{p(i)} \cdot a(j, \Theta, s) \cdot e^{-\sum_{h \in N_{ij}} c_{ih} \cdot \mu_h} \right]$$



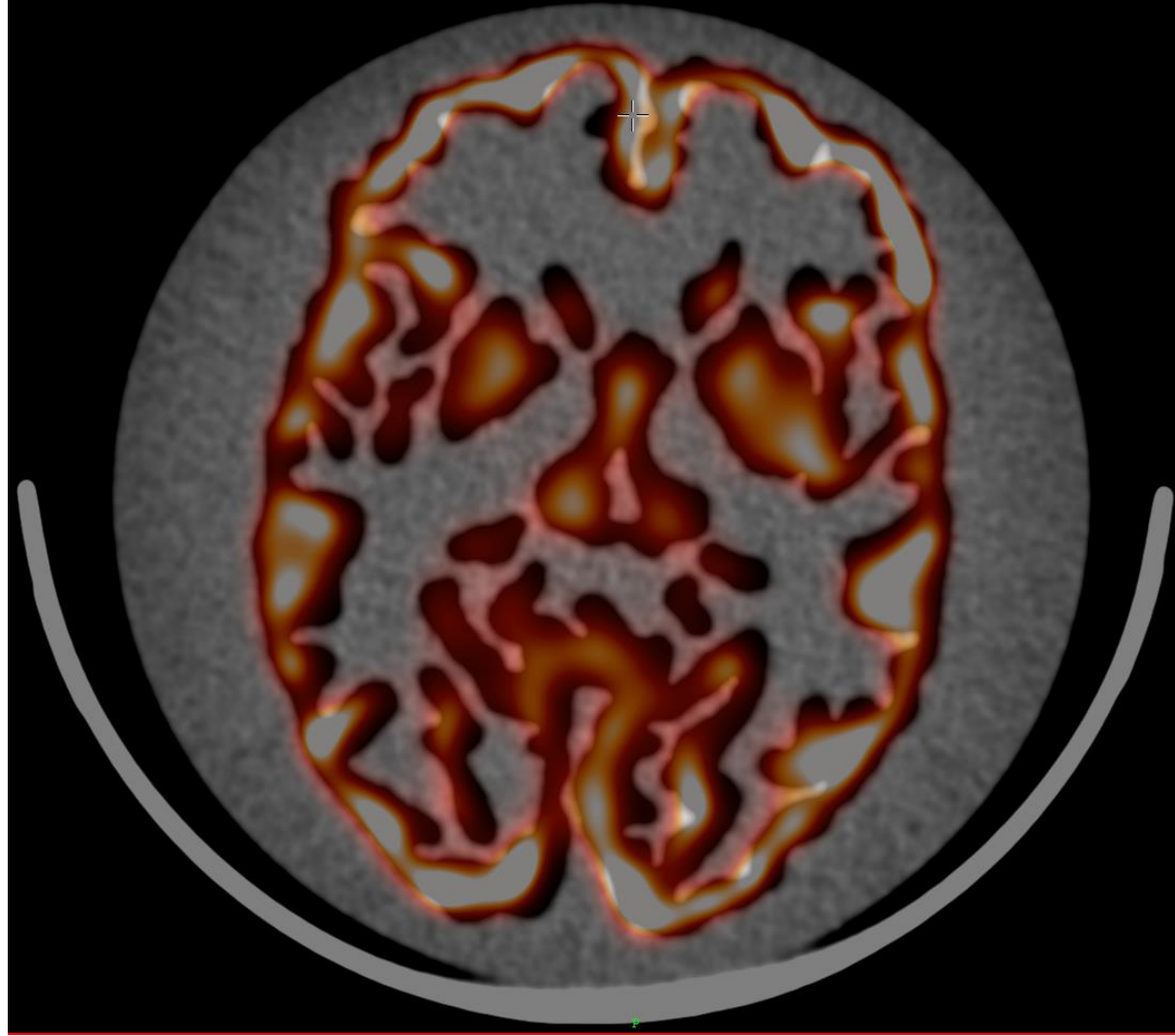
Efficient use of the GPU hardware



Running time: **205 seconds (~3.5 minutes)**

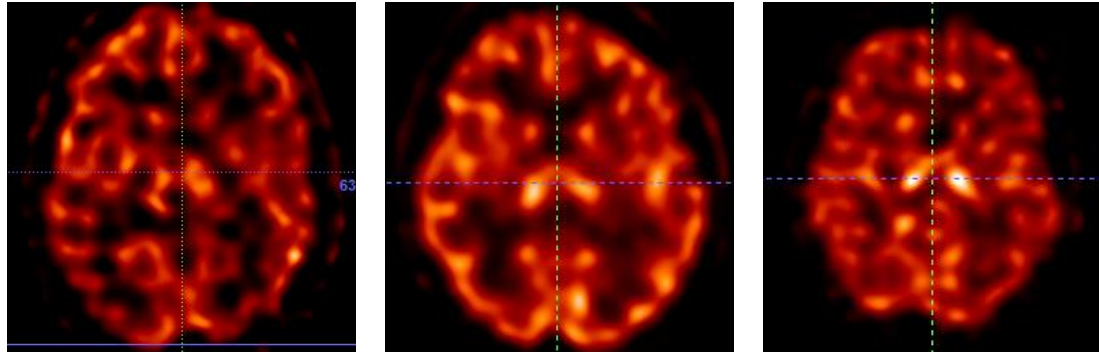
In case of 64 x 128x128 projection images, 128³ reconstruction volume
25 OSEM iterations with 4 subsets, running on an nVidia GTX480 GPU

Single slice Hoffman brain phantom study

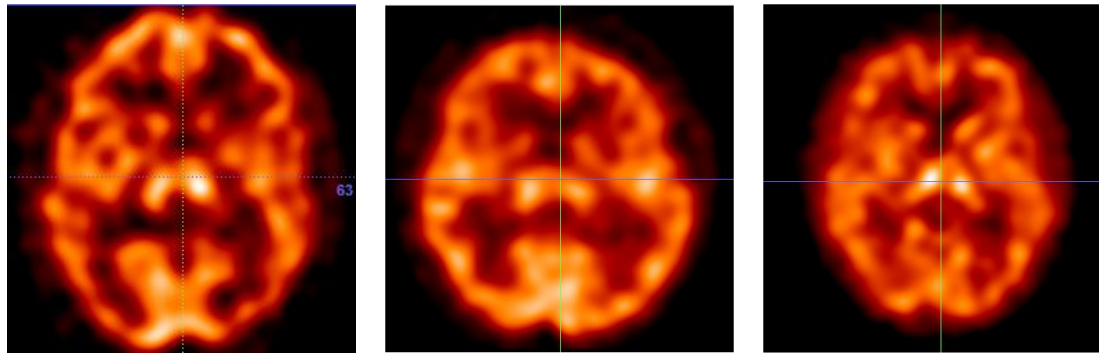


Retrospective human brain SPECT studies

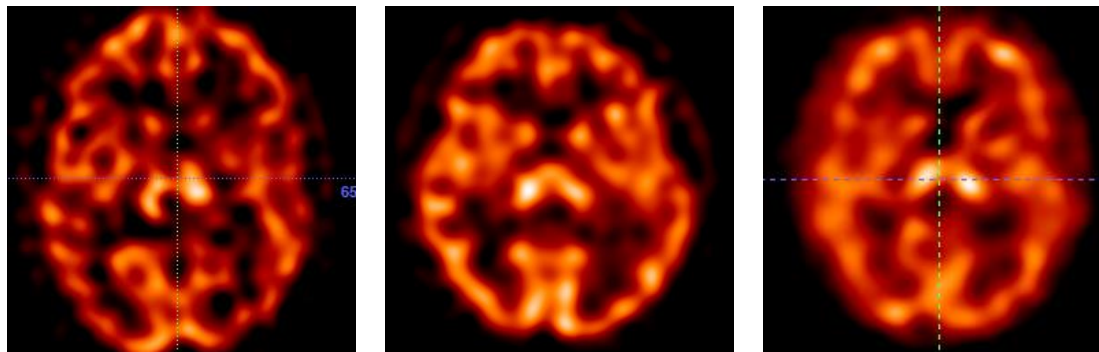
3D-OSEM



FBP



FBP + MTF⁻¹

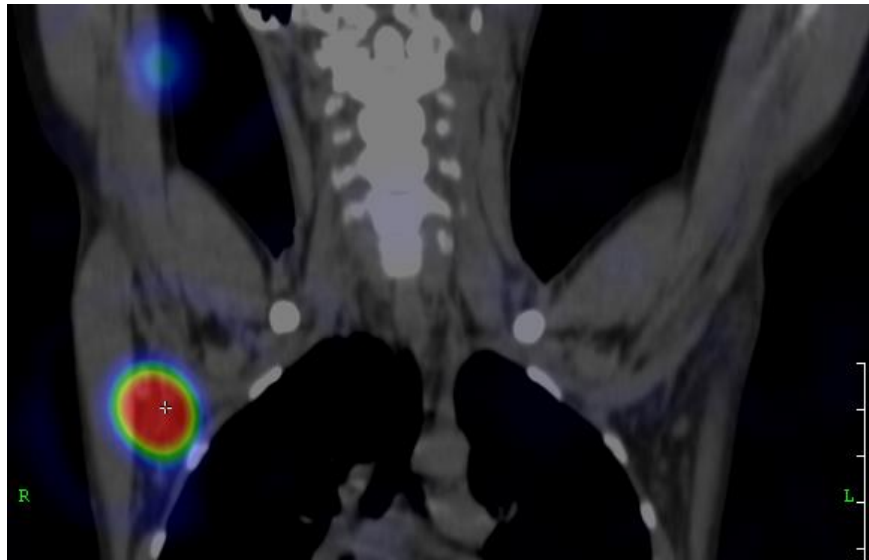


Dedicated brain SPECT camera (X-Ring/4R) with UHR collimator

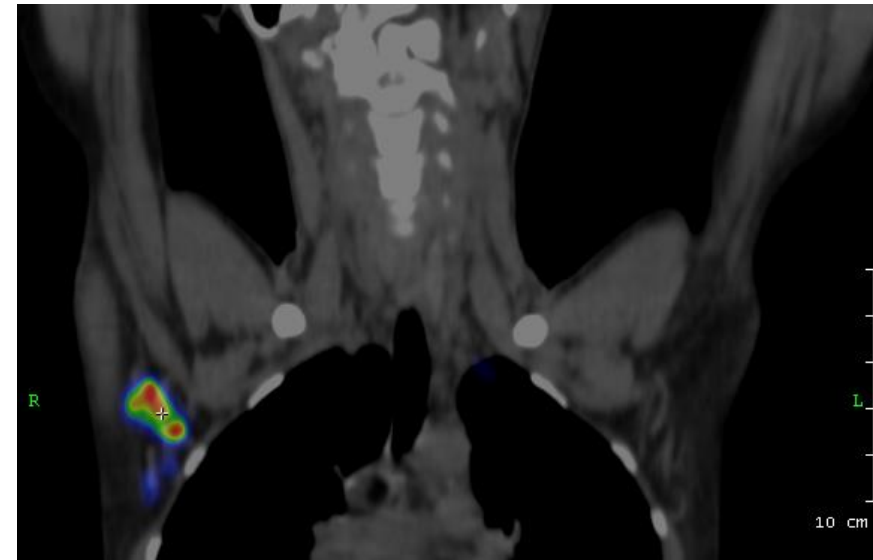
Dedicated brain SPECT camera (X-Ring/4R) with HR collimator

AnyScan SC SPECT/CT with HR collimator

AnyScan[®] SPECT/CT LEHR Sentinel study



2D-OSEM reconstruction



3D-OSEM reconstruction

LEHETSÉGES FELADATOK

SPECT rekonstrukciós algoritmusok

SPECT

4D SPECT képalkotás során alkalmazható képrekonstrukciós módszer fejlesztése:

- Szívizomperfúziós vizsgálatok apikális artifaktjának vizsgálata különböző leképezések esetén
- **4D SPECT képalkotó működésének GATE szimulációja**, a felvétel időbeli változásának vizualizációja, rekonstrukciója
- **Szakértői adatbázis** építése különböző SPECT alapú diagnosztikai feladatokhoz
- Terápiás izotópok
- Preferált ismeretek: c++, python és/vagy matlab, docker

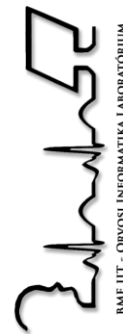
Kapcsolat: Szlávecz Ákos, szlavecz@iit.bme.hu, Benyó Balázs, bbenyo@iit.bme.hu

Külső partner: SE Orvosi Képalkotó Központ, Nukleáris Medicina Tanszék (Kári Béla)



ORVOSI KÉPFELDOLGOZÁS

Orvosi képalkotás és képfeldolgozás



ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

AORTA BILLENTYŰ MODELLEZÉSE

AVaSim

- Szervek modellezésére szolgáló környezet
- Orvosi képalkotó eljárással készült felvétel megjelenítése
 - CT vagy MRI
 - 3D-s kép
- A kép mozgatható és forgatható a tér minden irányában
- Nagyítás
- Koregisztráció a modellel

Workflow Models

Workflow Panel

Volume

Render

Transform

Rotation Centric

Position S C A 10.16 19.75 -71.51 R

Rotation S C A -5.94 0.83 -9.07 R

Auto Transform

Vertebra: L03

Delete All vertebrae

Add	LM count	2D	3D	JP
Top (T)	18			
Middle (M)	18			
Bottom (B)	18			

Delete (Del)

Delete All

Fix <-> Free (F)

Fit ROI

Distance measurement

Patient Data

Medical Image 2D View 1

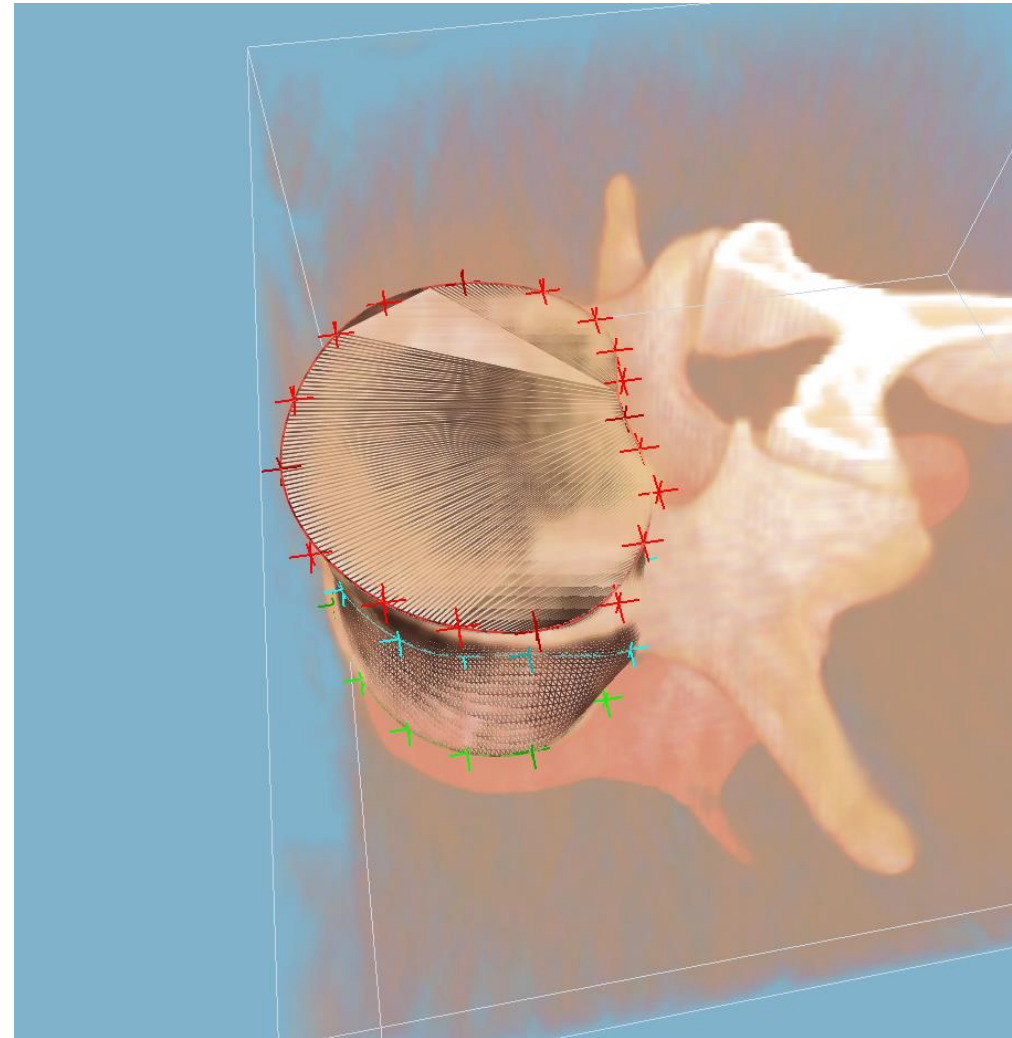
Axial Blend: 0 Zoom: 180%

Medical Image 2D View 2

Sagittal Blend: 0 Zoom: 180%

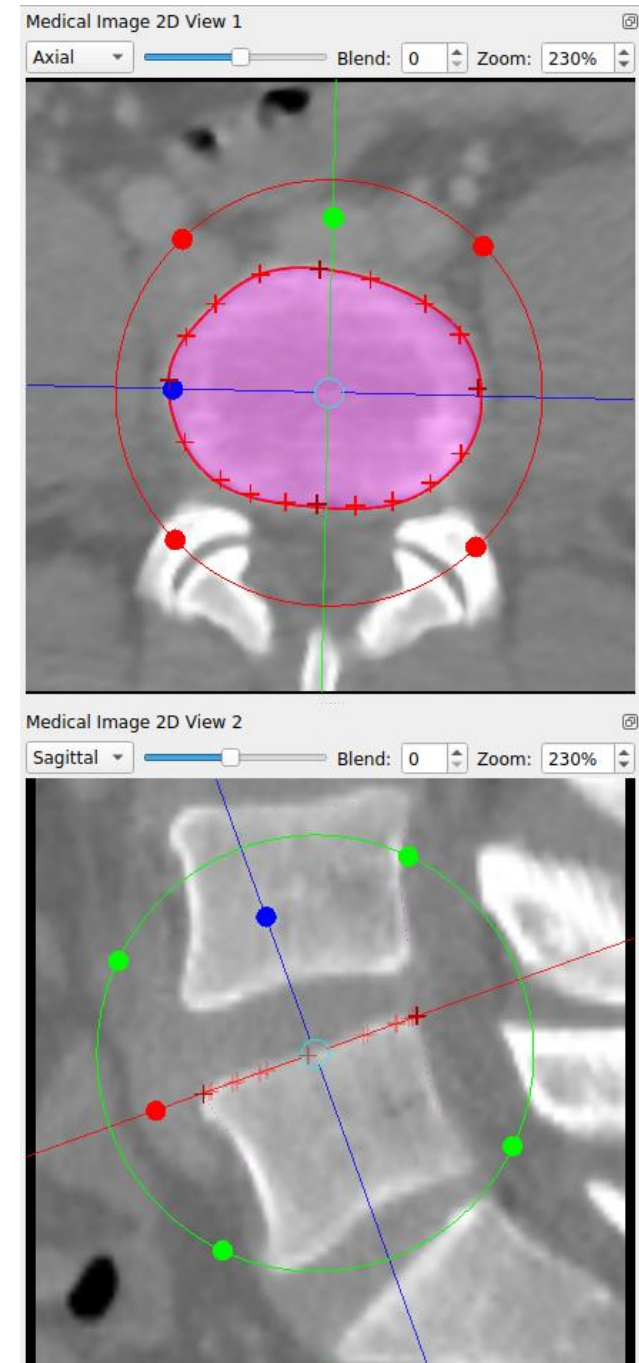
3D nézet

- Egyszerű és könnyen értelmezhető vizualizáció
- Többféle megjelenítési mód
- Forgatható és nagyítható
- ROI (Region of Interest) körbevágható

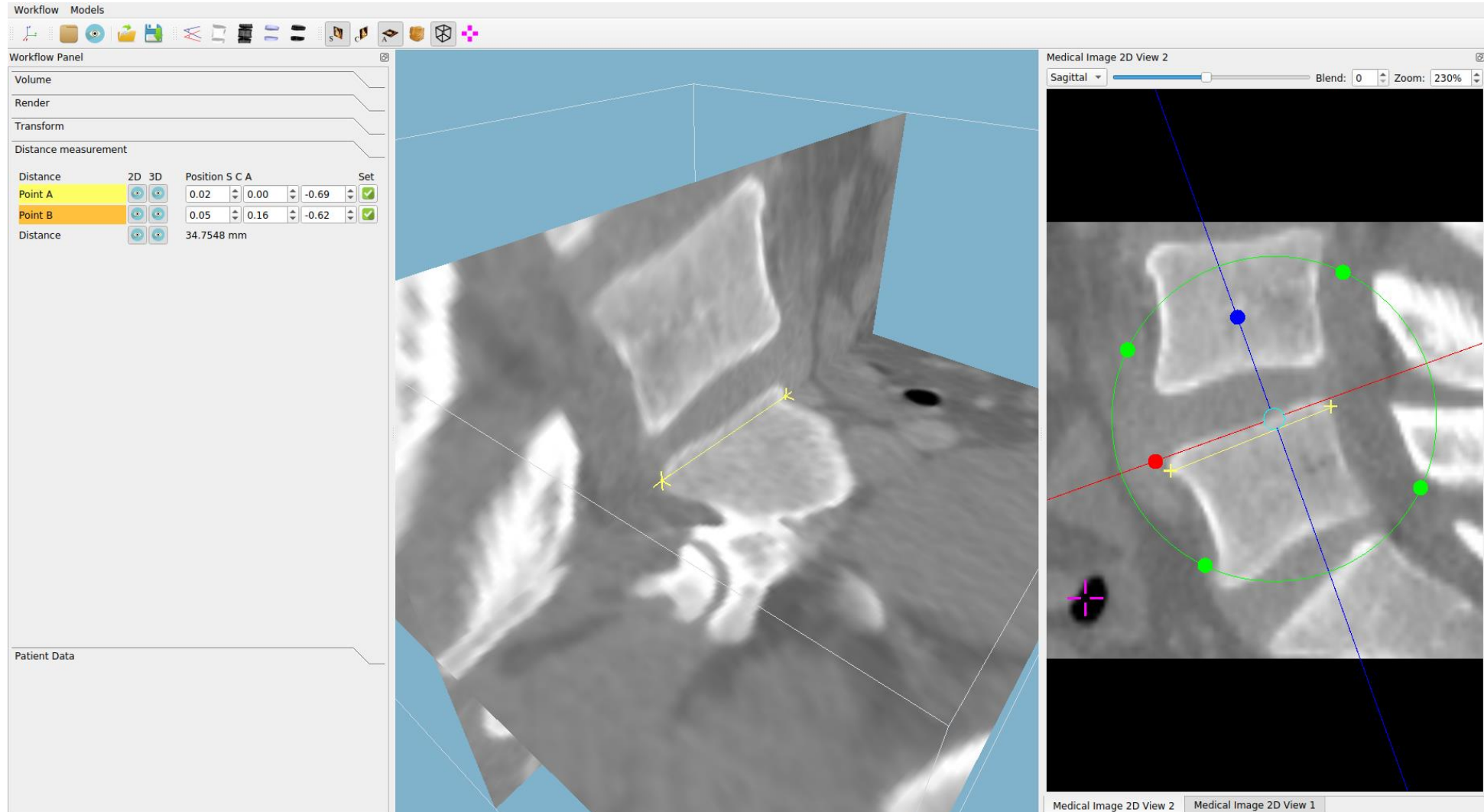


2D nézet

- 3 anatómiai síkban kerül megjelenítésre
 - Sagittal
 - Coronal
 - Axial
- Síkok mozgathatóak és forgathatóak a modellillesztés megkönnyítése érdekében



Távolságmérés



Lehetséges feladat

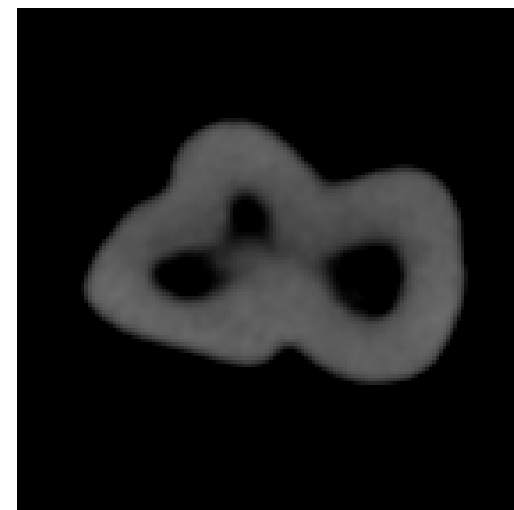
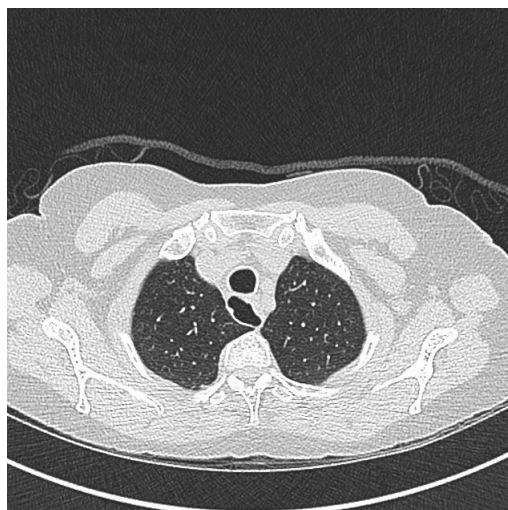
- Távolságméréshez hasonló egyszerű funkciók megvalósítása:
 - Pont távolsága egy síktól
 - Szögmérés
- Ezekhez kezelőfelület létrehozása a GUI-n
- Preferált ismeretek: c++, Qt, OpenGL, OpenCV

ORVOSI KÉPALKOTÁS ÉS KÉPFELDOLGOZÁS

Mesterséges intelligencia módszerek –
Konvolúciós neurális hálózatok

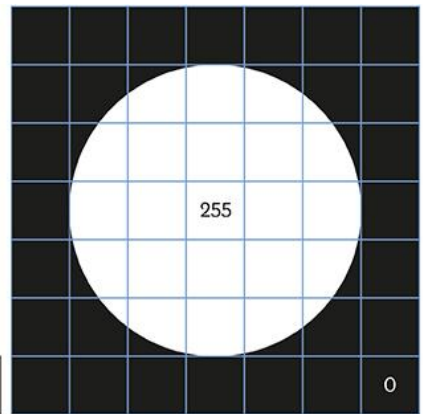
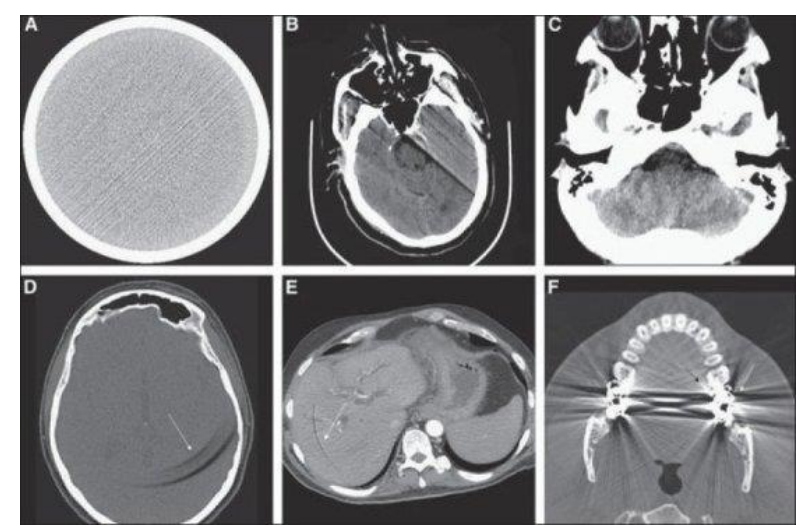
Bevezetés

- Cél: foggyökér csatorna szegmentálása CT képek alapján
 - Csöves szerkezetű, elágazásokat tartalmazó, fiziológiai struktúrák
- Konvolúciós hálózat alapú megoldás
 - Az alkalmazott költségfüggvény szerepe meghatározó
- Speciális terület, különleges követelmények

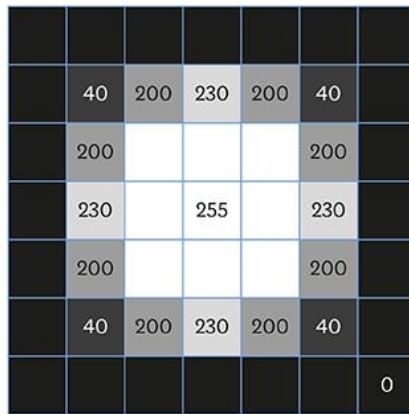


Kihívások

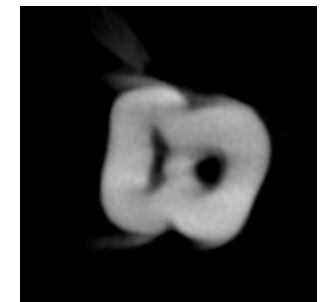
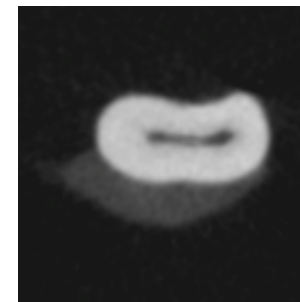
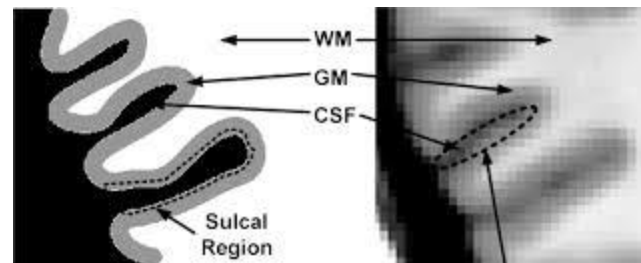
- Képképzési artefaktok hatásának kiküszöbölése
- Korlátozottan rendelkezésre álló tanítóadat
- Legyen robosztus a partial volume effect hatásaira



A

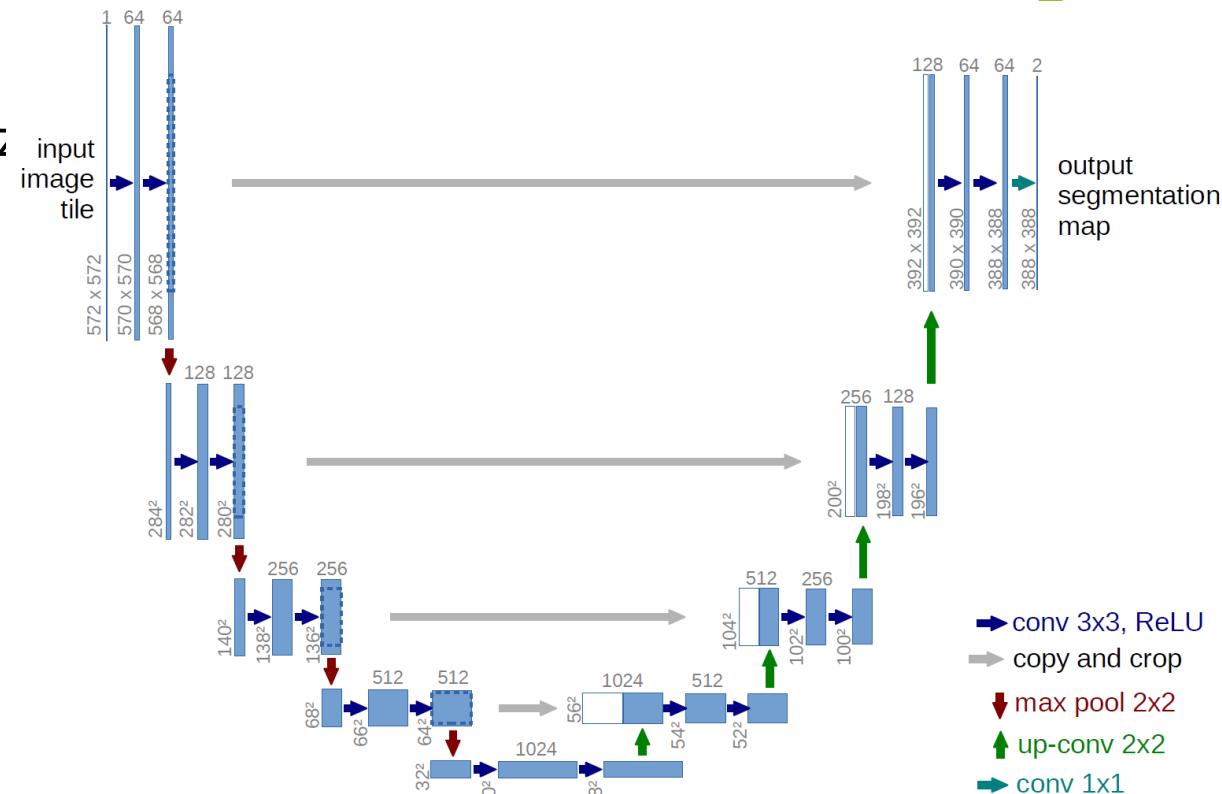


B



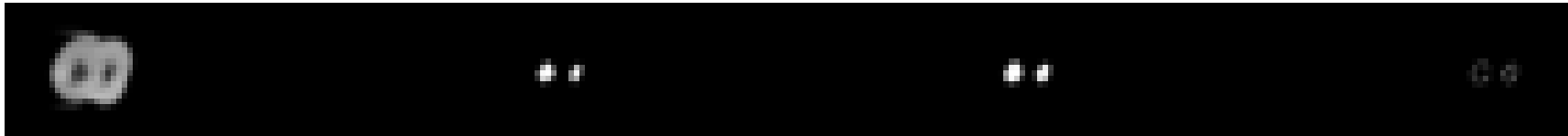
Egy lehetséges megoldás: U-net

- Mély, teljesen konvolúciós, encoder-decoder típusú hálózat
- 2015 óta számos alkalmazási terület
- Működés: leskálázás-felskálázás
- Kifejezetten orvosi képfeldolgozásra tervezve
- Előny: Kis tanítóhalmaz esetén is eredményes tanítás



Eredmények

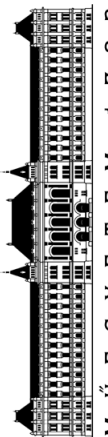
- A különböző költségfüggvények alkalmazhatónak bizonyultak a kísérlet során
- Az általunk ajánlott, súlyozott költségfüggvények jól teljesítettek
- Az ajánlott metrika használható az eredmények kiértékelésére
 - A partial volume effect által okozott hibát nem veszi figyelembe



Metric Name	Dice Loss	Tversky	BCE	Focal	WH Tversky	WH Focal
Tversky	0.6704	0.7381	0.6740	0.5205	0.7384	0.5284
Generalized Dice	0.7377	0.7801	0.7164	0.5928	0.7813	0.6008
True Positive	0.9842	0.9417	0.9848	0.9943	0.9428	0.9945
True Negative	0.9994	0.9996	0.9995	0.9993	0.9996	0.9993
Binary Dice	0.9917	0.9697	0.9920	0.9967	0.9703	0.9968
Jaccard	0.9836	0.9413	0.9843	0.9936	0.9424	0.9938

LEHETSÉGES FELADATOK

Orvosi képfeldolgozás



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



BME IIT - ORVOSI INFORMATIKA LABORATÓRIUM

Orvosi képfeldolgozás – lehetséges feladatok

- Mesterséges intelligencia alapú módszerek máj és vese szegmentációra
- Csonthiány felismerése és 3D modellezése mesterséges intelligencia módszerek segítségével
- Hagyományos és mesterséges intelligencia módszerek kombinálása konkrét diagnosztikai feladatok esetén
- Preferált ismeretek: python, tensorflow, keras, docker

Kapcsolat: Szlávecz Ákos, szlavecz@iit.bme.hu, Benyó Balázs, bbenyo@iit.bme.hu



ELEKTROMÁGNESES ERŐTEREK ÉLETTANI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA

Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Laboratórium
Tamus Zoltán Ádám, tamus.adam@vet.bme.hu



Villamos Energetika Tanszék: Nagyfeszültségű Laboratórium

- Elektromágneses erőkterek forrásai:
 - Vezeték nélküli kommunikáció, Orvosi diagnosztikai és terápiás alkalmazások, Villamos energetikai berendezések, távvezetékek
- Ezen erőkterek rövidtávú hatása ismert, ez szolgál a jelenlegi, lakossági és munkahelyi expozíciós szabályozás alapjául.
- Hosszútávú egészségre gyakorolt hatása (karcinogén hatás, neurodegeneratív megbetegedések stb.), még egyértelműen nem igazolt.
- Napjainkban is jelentős kutatómunka folyik a területen világszerte.

Kutatási témák:

1. ***Elektromágneses erőkterek élettani hatásainak modellezése***
2. ***Egészségügyi intézményben fellépő elektromágneses expozíció vizsgálata***
3. ***Lakosságot érő elektromágneses expozíció vizsgálata***

Témavezető:

Tamus Zoltán Ádám, BME-VET,
tamus.adam@vet.bme.hu

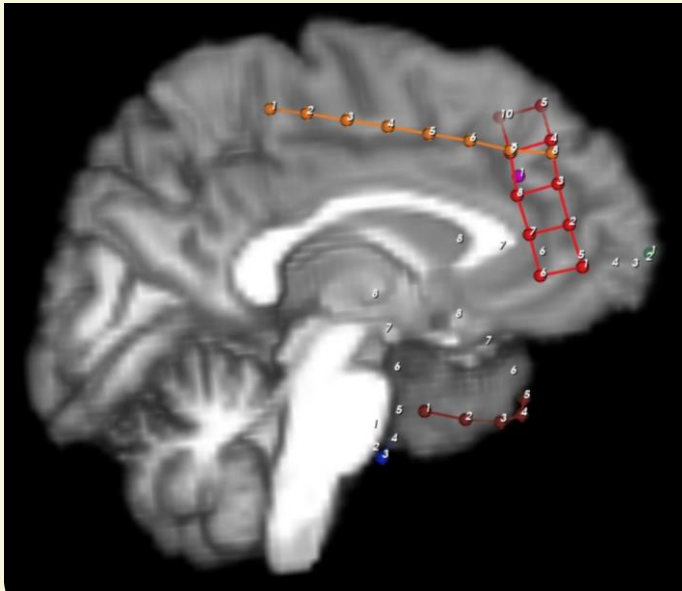


MTA TTK: AGY-GÉP INTERFÉSZEK

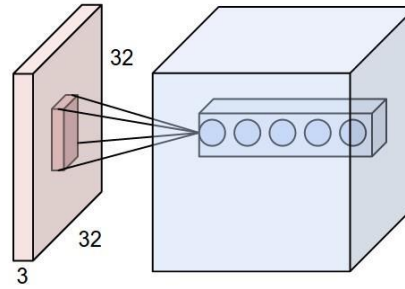
MTA Természettudományi Kutatóközpont
(Magyar Tudósok Körútja 2. Q2 épület)
Márton Gergely, marton.gergely@ttk.hu



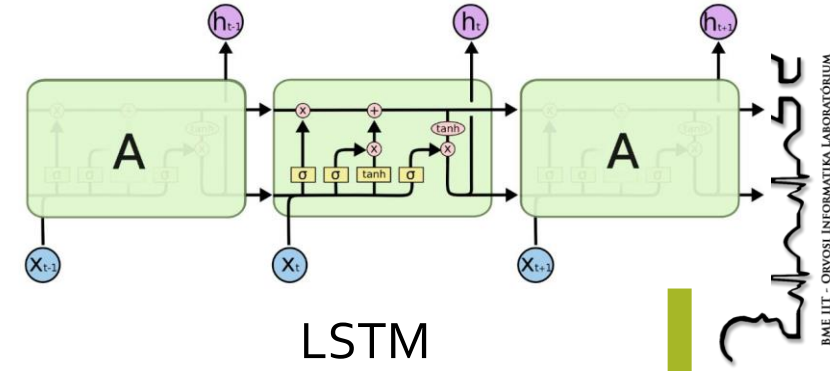
Beültetett agyi elektródokkal mért jelek feldolgozása tanuló algoritmusokkal



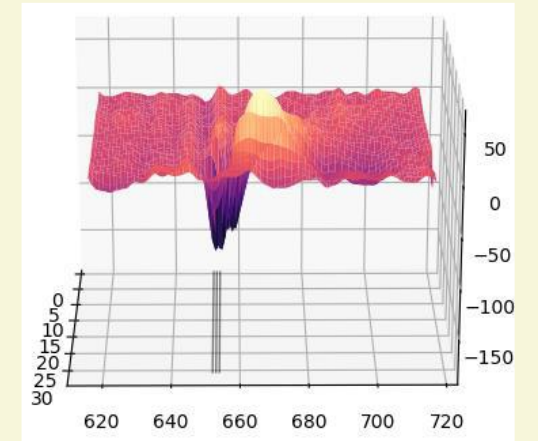
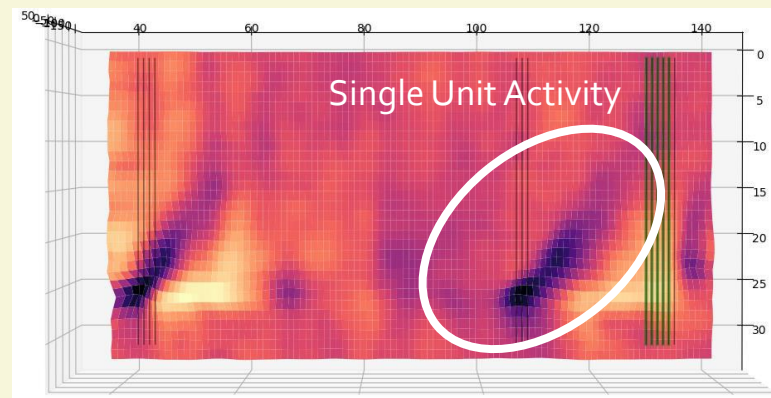
ECoG jelek az Országos Mentális, Idegyógyászati és Idegsebészeti Intézetből



CNN



LSTM



Sokcsatornás szilícium implantátumok, egysejt aktivitások kisállatkísérletekből

Agy-gép interfészek és humán-gép interfészek fejlesztése a MindRove Kft.-vel

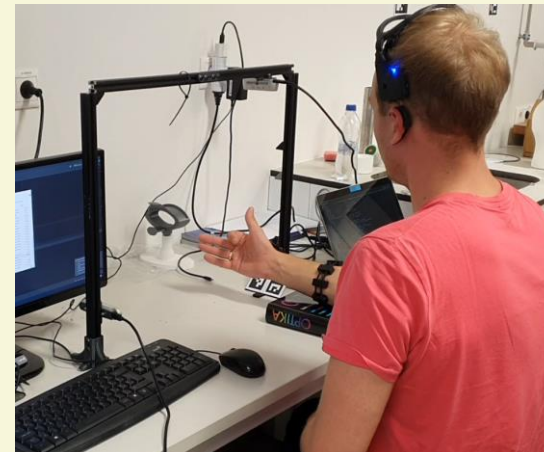


EEG + giroszkóp + accelerométer fejpánt



EMG + giroszkóp + accelerométer karpánt

Technológia	Alkalmazások
Kiváltott agyi jelek, elképzelt mozgások érzékelése	Adatbeviteli eszközök mozgássérült felhasználóknak
Neurofeedback	ADHD kezelés, a tanulás hatékonyságának növelése
Sokcsatornás EMG	Stroke rehabilitáció



Mérési modalitások

- EEG
- EMG
- Gyorsulásmérők
- Giroszkópok
- 3D kamerák



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Benyó Balázs

bbenyo@iit.bme.hu

