

3. félévi beszámoló

Furuglyás Kristóf (78furu@gmail.com)

Statisztikus fizika, biológiai fizika és
kvantumrendszerek fizikája program
Témavezető: Dr. Somogyvári Zoltán

A dolgozat címe: Neurális agyi stimuláció
optimalizálása lokális neurális aktivitás kiváltására

2022 január

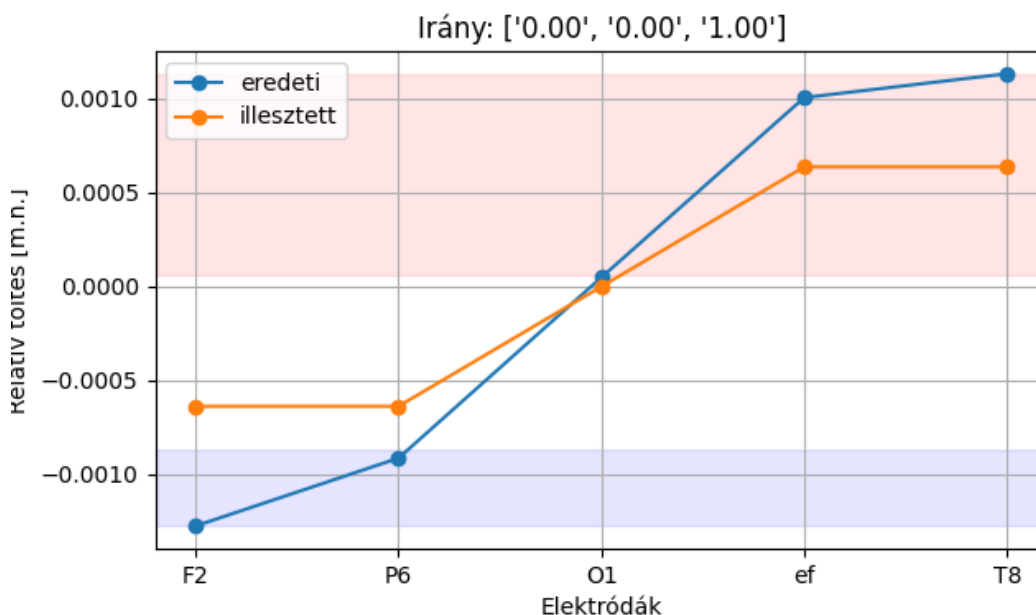
1. Bevezetés

Doktori munkám ezen félévében főként az előző beszámolómban kifejlesztett algoritmus térbeli forgatással kapcsolatos részének megvalósításán dolgoztam, illetve diszkretizációs lépéseket vettem figyelembe a könnyebb megvalósíthatóság érdekében.

2. Kutatás témája

Első körben beiktattam egy diszkretizációs lépést, amely a stimulációs mintázatot (egyes elektródák töltése) 3 csoportba sorolta, aszerint hogy pozitív, negatív vagy nulla töltést kapjon az. Ez szükséges ahhoz, hogy nyomon tudjuk követni az töltés nullaösszegűségét, valamint megvalósítási szempontból is kedvezőbb feltételeket biztosít.

Előző féléves beszámolómban a gyorsan forgó extracelluláris térre adott neurális választ kutattam annak érdekében, hogy sejtszinten is megismerjük a kiváltott aktivitást. Ennek ismeretében a tér forgatásának szekvenciája volt a fő kérdéskör, hogy milyen iránysorozatok a legoptimálisabbak a célzott válasz kiváltására, ha figyelembe vesszük a töltésfelhalmozódást, valamint a hőterjedést. Továbbá, a hatás csökkentésével a beteg akut panaszai is csökkenthetőek.



1. ábra. **Mintázat diszkretizációja.** Az ábra mutatja az eredeti (kék) és az illesztett (sárga) mintázatot. Az illesztett paraméterek (alsó és felső határ) kijelölnek két sávot, amely tartományokba eső töltések a megfelelő pozitív vagy negatív töltést kapják.

2.1. Szekvencia diszkretizáció

A könnyebb megvalósítás érdekében szükséges volt a diverz töltésmintázatot diszkretizálni három értékre: pozitív konstans, negatív konstans, nulla. Függetlenül attól, hogy hány anód és hány katód volt, a konstansok is változtak; a darab anód és k darab katód esetében azok elektródákra, amelyek egy bizonyos pozitív/negatív amplitúdószintet értek, $1/a$ és $-1/k$ relatív töltést kapcsolunk. A relatív töltés biztosítja a felhasználónak, hogy az amplitúdót mint paramétert állítva ne torzuljon a tér mintázata. Ebben az esetben az

$$a \cdot \frac{1}{a} - k \cdot \frac{1}{k} = 0$$

alapján a nullaösszegűség is fennáll.

Ennek megvalósításához egy kettős-lépcsőfüggvényt illesztettem a nyers töltésekre a négyzetes hiba minimalizálásával. Ez nem csak a diszkretizációban segít, a hiba analízisével lehetővé válik az illesztés jóságának későbbi vizsgálata is. Ahogy az az 1. ábrán is látszik, öt elektróda esetében egy irányra (ábra tetején, jelen esetben) kettő anód és kettő katód esik. A piros és kék sávok jelölik azokat a tartományokat, amelyekbe eső elektródákat anódnak és katódnak minősítünk.

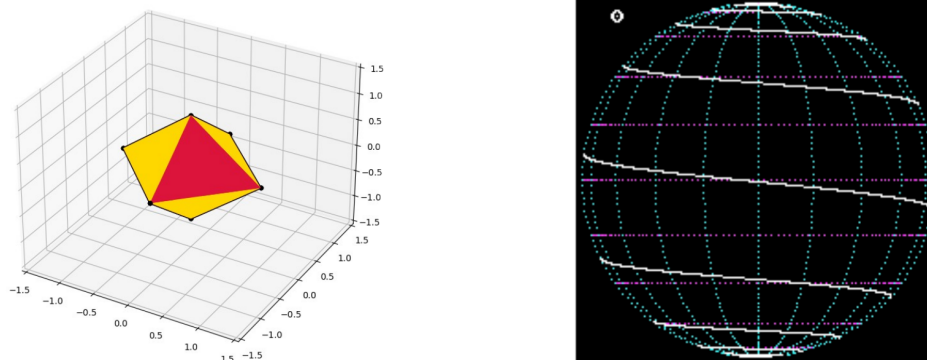
2.2. Iránymintázat

Annak érdekében, hogy a célterületen a lehető legnagyobb aktivitást tudjuk kiváltani minimális mellékhatás mellett, a korábbi kutatásaink alapján figyelembe kell venni a töltésfelhalmozódást, valamint a hőterjedést. Amennyiben ezeket figyelembe vesszük, úgy olyan térbeli mintázatot kell létrehoznunk, amelyben két egymást követő irány között a lehető legnagyobb a szögtávolság. Erre több ötletem is volt.

- **Húrok egyesével:** diszkretizáció nélkül, egyesével, a legerősebb (legnagyobb relatív amplitudójú) n húr alkalmazása irányonként. Ez nem használja ki azt, hogy több anód és katód is bekapcsolható egyszerre. Ez esetben síkban, egymás után forgatjuk körbe a teret.
- **Küllők:** 2 dimenziós esetben, felosztjuk a kört $\Delta\phi$ távolságonként, és mintha a kerékpár küllőit húznánk meg, átellenes lépésekkel megyünk körbe ($0^\circ, 180^\circ, \Delta\phi, 180^\circ - \Delta\phi, 2 \cdot \Delta\phi, 180^\circ - 2 \cdot \Delta\phi, \dots$). Ekkor a diszkretizált mintázatot kapcsoljuk be. Ez nem használja ki a tér mindhárom irányát.
- **Loxodromán forgó oktaéder:** Az által, hogy egy oktaéder 6 csúcsát (páronként merőleges tengelyeit) használjuk irányoknak, az oktaédert magát forgathatjuk egy pontjánál fogva úgy, hogy az a lehető legnagyobb területet írja le a gömb felszínén. Erre a legjobb megoldás egy loxodroma. A két itt használt objektumról csatoltam egy ábrát (2. ábra). Mint kiderült, ez a módszer ritkán (csak megfelelő paraméterezéssel) nyújt jobb eredményt, mint ha véletlenszerű irányokat választanánk.
- **Fixpontos Metropolis–Hastings optimalizáció:** van n fix irányunk, megfelelően elrendezve (északi-déli csúcs, egyenlítőn plusz még két gyűrűn több), és definiálunk egy költséget, ami az irányok által közrezárt szöget, illetve azok időbeli távolságát veszi figyelembe. Például ha egymás után van az északi csúcs meg egy közeli gyűrűn lévő csúcs, akkor annak nagyobb költsége lesz, mintha az északi után a déli csúcs következne. Hasonlóképp, ha nagyobb az időbeli táv, kisebb a költség. Így egy véletlenszerűen elindított sorrendből cserékkel léptetve minimalizálhatjuk a költséget. A léptetést Metropolis–Hastings mintára végeztem.

2.3. Eredmények

A diszkretizációs lépések elengedhetetlenek voltak, több módszer közül végül a kettős-lépcsőfüggvény négyzetes hiba alapú illesztése adta a legjobb eredményt. Iránymintázat generálás esetében pedig a célunk első körben a teljes költségfüggvény minimalizálása és ezáltal az átlagos szögdifferencia maximalizálása. Ez legfőképp a 3 dimenziós esetben bizonyult hasznosnak, ugyanis két dimenzióban általában a küllős megoldásra hasonlító eredmény jött ki, annyi különbséggel, hogy a költségfüggvény valamelyest kisebb lett.



2. ábra. **Oktaéder (bal)** és **loxodroma (jobb)**. Az oktaédert egy csúcsánál fogva körbeforgatjuk azt a fehér vonalon.

Az algoritmus optimalizációjakor az inverz hőmérséklet paramétere (β) érdekes kérdéseket vetett fel. Ezen kérdéskör kutatása még jelenleg is tart.

3. Tanulmányi tevékenység

A félév során egy kurzust végeztem el. Felvettem a Data Mining (Adatbányászat) című kurzust az Informatikai Karról. Előzetes fenntartásaim ellenére is úgy tartom, jelentősen segítette szakmai karrierem.

4. Konferenciák, iskolák

Jelen voltam szervezőként a Budapesten rendezett GPU napokon (<https://wigner.hu/hu/gpu-nap-2021-0>), illetve ennek szatelit eseményén az AIME-n (<https://wigner.hu/index.php/hu/aime-2021>). Továbbá részt vettem a Pécsen szervezett X. Jubileumi Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencián (<https://gytk.pte.hu/hu/hirek/hir/14209>). Amennyiben egészségi állapotom engedi, úgy részt tervezek venni a január végén szervezendő International Brain Research Organisation által szervezett konferencián (<https://mitt2022.mitt.hu/invitation>), valamint az ehhez kapcsolódó, doktoranduszoknak szóló konferencián is (<https://hundoc2022.mitt.hu/invitation>).

5. Szakmai közéleti tevékenység

A Mafihe ELTE helyi bizottságának honlapfelelőseként rendszeresen karbantartottam és frissítettem az oldalt az akutális programokkal.