

**“ÚT A TUDOMÁNYHOZ:
DOKTORI TANULMÁNYOK A ROSKA TAMÁS
MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLÁBAN”**

DOKTORJELÖLT ÉS ALUMNI PHD SZIMPÓZIUM

**ÚNKP rendezvény összefoglalója
2019. június 19.**

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



PÁZMÁNY PÉTER KATOLIKUS EGYETEM ROSKA TAMÁS MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

„Csodálatos világ a kutatás világa. Az absztrakció magasabb szintjein megértjük a természet egyre mélyebb titkait, ennek alapján új elveket és konstrukciókat állítunk életünk szolgálatába, a betegségek gyógyítására, minél több ember életkörülményeinek javítására. Csak el ne felejtkezzünk arról, amiért ezt csináljuk, az emberről. Ma is újra hangzik a kérdés, ki az ember, ki az az Ember? Nem mondhatjuk Pilátussal, hogy mosom kezeimet.

Valahol otthon kell lennünk a világban, földrajzi és lelki világunkban. Akinek szerencsésebben alakul a sorsa, fokozott a felelőssége. Nem mondhatjuk, hogy miért: „talán őrzője vagyok testvéremnek?” Igen, őrzői vagyunk egymásnak, akivel találkozunk, és akit a Gondviselés ránk bízott.” – *Roska Tamás*

“The world of research is a wonderful world. The higher levels of abstraction help us to understand the deeper secrets of nature, which can be used to create new principles and constructions in the service of our lives, to cure illnesses and improve the living conditions of more and more people. However, we must never cease to remember why we do all this, for mankind. The question can also be heard today; who is man, who is the Man? We cannot join Pilate in saying: “I wash my hands”.

We should be at home in the world, in our physical and spiritual world. Those with a more fortunate fate have more responsibility. We cannot question this by asking, “Am I my brother’s keeper?” Yes, we are each other’s keepers, of those we meet and of those placed in our care by Providence.” – *Tamás Roska*

ELŐSZÓ

A PPKE-ITK 2018 szeptembere óta vesz részt az Új Nemzeti Kiválósági Programban. Az azóta eltelt viszonylag rövid idő alatt is bebizonyosodott, hogy a program minden képzési szinten hatékonyan segíti a hallgatók kutatásba való bekapcsolódását és a minőségi tudományos munkát. A támogatás különösen értékes a doktorjelöltek esetében, hiszen köztudott, hogy a műszaki-természettudományi területen a doktori képzést 2016. szeptembere előtt megkezdők rendelkezésére álló három éves támogatási időszak gyakran rövidnek bizonyul a tanulmányok befejezéséhez. A Bolyai+ program segítségével kiváló tudományos eredményeket felmutató fiatal kutatók tudtak bekapcsolódni az oktatási és témavezetési feladatokba a PPKE-ITK-n. Ennek is köszönhető, hogy hallgatóink kiemelkedő eredményeket értek el a 2019-es OTDK informatikai, műszaki és biológiai szekcióiban. Bízunk abban, hogy további sikeres pályázatokon keresztül a jövőben is tovább tudjuk fejleszteni az integrált tudományos utánpótlásképzést, valamint az oktatás és kutatás egységét Karunkon.

Dr. Szederkényi Gábor
kutatási dékánhelyettes

PREFACE

PPKE-ITK has been involved in the New National Excellence Program (ÚNKP) since September, 2018. This relatively short participation has already proven how beneficial the program is to students in all educational levels by efficiently supporting them in joining research and in doing high level scientific work. The funding is especially valuable for PhD candidates: as it is well known, in the field of technical and natural sciences for those beginning their doctoral studies before September of 2016, the available three years of funding was often too short to complete their studies. Moreover, with the support of the Bolyai+ program, young researchers with exceptional scientific results were able to join the educational and supervisory work at the Faculty, helping several students to achieve outstanding results at the National Scientific Student Conference (OTDK) in 2019 in the sections of Engineering, Computer Science and Biology. We hope that through the future support of ÚNKP, we can continue to improve the integrated scientific training of new generations, and we can further strengthen the close relationship between education and research at our Faculty.

Dr. Szederkényi Gábor
vice dean of research

PROGRAM

Nyitó előadás	
13:00 - 13:30	Christian Hong, PhD
ÚNKP beszámolók	
13:30 - 13:45	Csapóné Miczán Vivien
13:45 - 14:00	File Bálint
14:00 - 14:15	Makra Ákos
14:15 - 14:30	Kovács Bertalan
szünet	
14:45 - 15:00	Meszéna Domokos
15:00 - 15:15	Nika Zsolt
15:15 - 15:30	Szabó Beáta Tünde
15:30 - 15:45	Széky Balázs
ÚNKP - Bolyai+	
15:45 - 16:00	Dr. Fekete Zoltán
16:00 - 16:15	Dr. Manno-Kovács Andrea
16:15 - 16:30	Dr. Reguly István Zoltán
PhD Alumni előadások	
17:00 - 18:00	Dr. Borbély Bence Dr. Juhász Imre Dr. Koller Miklós
Networking	
18:00 - 19:00	

CHRISTIAN HONG, PHD

Christian Hong learned theories behind biochemical oscillators and mathematical modeling under the guidance of Dr. John Tyson at Virginia Tech. After his graduate work, he joined the laboratories of Drs. Jay Dunlap and Jennifer Loros to learn genetics and molecular biology to investigate mechanisms of circadian rhythms in *Neurospora crassa*. Since he began his laboratory in 2010, he established two model systems to investigate connection between circadian rhythms and cell cycle: the model filamentous fungus, *N. crassa*, and 3-dimensional intestinal organoids derived mouse and human small intestine (i.e. in vitro “mini-guts” or enteroids). Importantly, his lab recently published a paper demonstrating usages of rationally designed synthetic circuits to amplify cellulase expression in *N. crassa*. Hong’s track records demonstrate successful external funding from DARPA and NIH, and published key papers describing circadian clock-gated mitotic cycles in *Neurospora crassa*, the existence of autonomous circadian rhythms, and clock-gated cell division cycles in the mouse enteroids. Hong lab is equipped to construct and test synthetic circuits in *Neurospora crassa*, and translate those findings in mammalian systems.



Uncovering roles of circadian rhythms using gastrointestinal organoids

Circadian rhythms regulate numerous aspects of intestinal physiology ranging from the timing of nutrient absorption to intestinal cell proliferation. Small intestine-specific functions of circadian rhythms, however, have not been thoroughly investigated. We used mouse and human gastrointestinal organoids to elucidate the development of circadian rhythms and tissue-specific functions of circadian rhythms in the small intestine. These 3-dimensional organoids will be instrumental to investigate the impact of disrupted circadian rhythms in gastrointestinal diseases.

CSAPÓNÉ MICZÁN VIVIEN

CB1 receptort tartalmazó interneuronok kalciumkötő fehérjéinek vizsgálata a hippokampuszban, az agykéregben és a bazolaterális amygdalában

A neuronok hálózatokban betöltött szerepének megértéséhez elengedhetetlen alapvető tulajdonságaiknak a feltérképezése. Az idegsejtek különböző csoportokba sorolhatók molekuláris, morfológiai és elektrofiziológiai tulajdonságaik alapján. Több EF-kéz motívumot tartalmazó kalciumkötő fehérje mutat sejttípus specifikus expressziós mintázatot, ezzel arra mutatva rá, hogy a különböző kalcium pufferelő mechanizmusoknak a sejtek fiziológiai tulajdonságait meghatározó szerepe van.

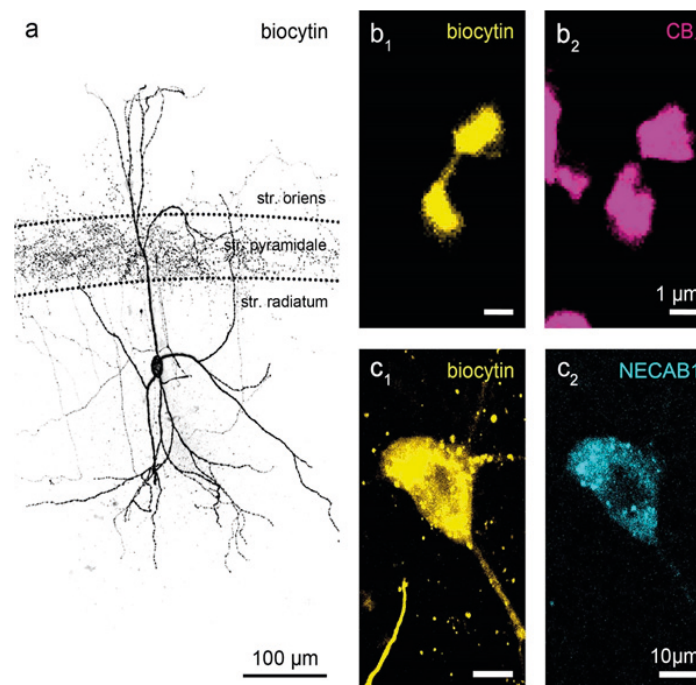
Bár a retrográd jelátvitelben fontos CB1 kannabinoid receptort kifejező gátló sejttípusok fontos szerepet töltenek be a hippokampusz hálózatainak szabályozásában, mindezzidáig nem írtak le bennük markáns módon expresszálódó EF-kéz kalciumkötő fehérjéket. Kísérleteink arra irányultak, hogy fölfedezzünk ilyen kalciumkötő fehérjéket a hippokampális interneuronokban.

Egy *in silico* egyedi sejt RNS-szekvencia adatbázis [1] segítségével megvizsgáltuk ezen interneuron populáció kalciumkötő fehérje expressziós mintázatát, és azt találtuk, hogy az N-terminal EF-hand calcium binding protein 1-es és 2-es típusa (Necab1 és Necab2) nagy mennyiségű, stabil expressziót mutat a CB1-receptort kifejező gátló sejtekben egérben.

Annak érdekében, hogy igazoljuk az adatbázis által felvetett hipotézisünket, fluoreszcens többcsatornás RNAScope *in situ* hibridizációs analízist alkalmaztunk, melynek eredményeként azt találtuk, hogy RNS-szinten valóban megtalálható a hippokampusz CB1-es gátló sejtjeiben a Necab1 és a Necab2. Ezután immunhisztokémiai eljárással, kettős CB1 és NECAB1, valamint CB1 és NECAB2 immunfestéssel és konfokális képalkotással ugyanerre a következtetésre jutottunk fehérjeszinten is.

Ezután vizsgáltuk a fehérjék szubcelluláris kompartment-specifikus eloszlását is. Amíg a hagyományos konfokális képalkotási eljárás érzékenysége nem bizonyult elegendőnek, hogy kimutassa az axonterminálisokban megtalálható NECAB1 fehérjét, addig a STORM szuperrezolúciós eljárással sikerrel jártunk, és megállapítottuk, hogy a NECAB1 fehérje nagyobb

sűrűséggel fordul elő a szomatodendritikus kompartmentben, míg a NECAB2 inkább az axonterminálisokban dúsul fel, továbbá különbség van a két fehérje klasztereződési tulajdonságaiban is a különböző területeken. Ezen eredmények a két fehérje funkcionális munkamegosztására utalhatnak, ami további kísérletek tárgya lehet.



[1] Zeisel A, Moz-Manchado AB, Codeluppi S, Lönnerberg P, Manno G La, Juréus A, Marques S, Munguba H, He L, Betsholtz C, Rolny C, Castelo-Branco G, Hjerling-Lefler J, Linnarsson S. 2015. Cell types in the mouse cortex and hippocampus revealed by single-cell RNA-seq. *Science* (80-) 347:1138–1142. doi:10.1126/science.aaa1934

[2] Sugita S, Ho A, Südhof TC. 2002. NECABs: A family of neuronal Ca²⁺-binding proteins with an unusual domain structure and a restricted expression pattern. *Neuroscience* 112:51–63. doi:10.1016/S0306-4522(02)00063-5

[3] Zimmermann B, Girard F, Mészár Z, Celio MR. 2013. Expression of the calcium binding proteins Necab-1, -2 and -3 in the adult mouse hippocampus and dentate gyrus. *Brain Res* 1528:1–7. doi:10.1016/j.brainres.2013.06.004

FILE BÁLINT

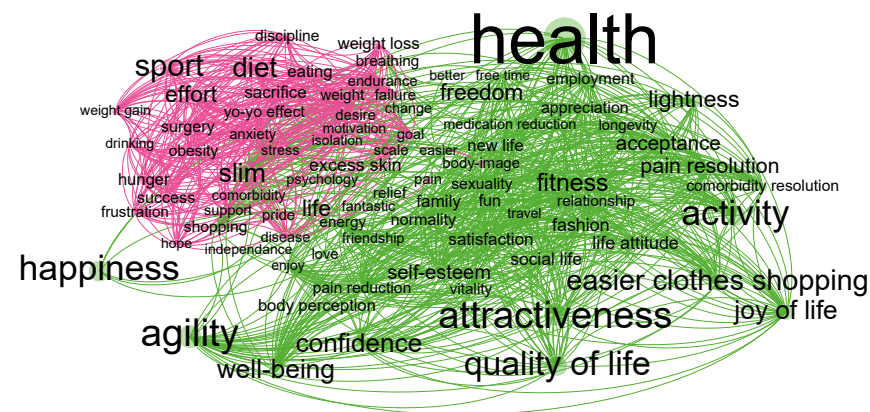
Az orvos-beteg kommunikáció fejlesztése: Polarizált vélemények kinyerése kövérségsébszeti páciensek szabad asszociációinak gráfelméleti elemzésével

A bariátriai sebészet (BS) jelenleg a leghatékonyabb kezelése a kóros elhízásnak. Ugyanakkor, a célpopuláció megszólítása a kezelés elterjedésének egyik kritikus pontja, ami részben a módszert övező társadalmi stigmatizációban, részben pedig az orvos-beteg kommunikáció hiányosságaiiban keresendő. Jelen tanulmányban az volt a célunk, hogy felderítsük a kórosan kövér páciensek attitűdjeit a *fogyással* kapcsolatban, felhasználva a nemrég fejlesztett véleménykinyerési algoritmusunkat.

A zürichi, és más német nyelvterületű kórházak közösségi oldalain elérhetővé tett kérdőívben a *“fogyás”* szóra kértünk 5 szabad szó asszociációt, valamint a BS szempontjából releváns adatokat (legmagasabb BMI, aktuális BMI, részt vett-e BS beavatkozáson, érdeklődik-e a BS iránt) adták meg a kitöltők. Az adatfelvétel során 1482 olyan válaszadó adatai kerültek elemzésre, akik kórosan elhízottak, vagy valaha kórosan elhízottak voltak (legmagasabb BMI>35). A kitöltők nagy része kaukázusi (98%) nők (94%) voltak, az átlagos BMI=36,9±9,5, míg a legmagasabb BMI=50,7±8,7 kg/m². Az előzőleg kifejlesztett és validált hálózat-elemzésen alapuló asszociációs technikánkat alkalmaztuk, ami képes meghatározni a jellemző kognitív sémákat a sok, különálló szabad szó asszociációból. Az asszociációk statisztikai együtt előfordulása (Loglikelihood-Ratio; LLR) alapján hálózatokat készítettünk, ahol a csomópontok az asszociációk, és az élek erőssége pedig a LLR érték volt. A negatív élsúlyokat is kezelni képes modularitás maximalizáláson nyugvó, konszenzus klaszterezést végző algoritmus felhasználásával azonosítottuk a sűrűn összekapcsolt alhálózatokat, mint asszociációs modulokat. A válaszadókat ahhoz a modulhoz soroltuk, ahonnan a legtöbb asszociációt említette. A statisztikai kiértékelés során arra voltunk kíváncsiak, hogy a különböző modulokhoz tartozó válaszadók 1) eltérnek-e az aktuális BMI értékükben, 2) eltérő arányban vettek-e részt BS beavatkozáson, vagy 3) eltérő arányban mutatnak-e hajlandóságot jövőbeli BS beavatkozáásra.

Az algoritmusunk két asszociációs modult különböztettünk meg viszonylag magas (Q=0.28) modularitás értékkel. A kisebb modul a fogyás folyamatára vonatkozó asszociációkat tartalmazott („diéta”, „sport”, „fáradtság”),

míg a nagyobb modul a fogyás eredményére vonatkozó asszociációkat tartalmazott („egészség”, „boldogság”). Az eredményre fókuszáló páciensek több volt a kórosan kövér és szignifikánsan jobban érdeklődtek a hasi sebészeti beavatkozás iránt, mint a folyamatra fókuszáló páciensek. A fenti eredmények azt mutatják, hogy az algoritmusunk által azonosított asszociációs modulok releváns véleménydimenziókként értelmezhetők. Az orvos-beteg kommunikációs stratégiák építhetnek a továbbiakban az asszociációs modulok által szolgáltatott szavakat megfelelő használatára, így elősegítve a bariátriai sebészet elfogadtatását a célcsoporttal.



[1] File, B., Keczer, Z., Vancsó, A., Bóthe, B., Tóth-Király, I., Hunyadi, M., ... & Orosz, G. (2019). Emergence of polarized opinions from free association networks. *Behavior research methods*, 51(1), 280-294.

[2] Keczer, Z., File, B., Orosz, G., & Zimbardo, P. G. (2016). Social representations of hero and everyday hero: A network study from representative samples. *PloS one*, 11(8), e0159354.

[3] Rozier, M. D., Ghaferi, A. A., Rose, A., Simon, N. J., Birkmeyer, N., & Prosser, L. A. (2019). Patient Preferences for Bariatric Surgery: Findings From a Survey Using Discrete Choice Experiment Methodology. *JAMA surgery*, 154(1), e184375-e184375.

KOVÁCS BERTALAN

A PDZ domének ligandumkötésének bioinformatikai vizsgálata

A kutatási program végrehajtása során a Protein Data Bank (PDB) nyilvános szerkezeti adatbázisban tárolt, a PDZ domének kísérletileg meghatározott háromdimenziós szerkezeteiből indultam ki. Az elérhető 148 szerkezet 27 különböző fehérjében előforduló PDZ domént tartalmazott. Ezeket a PDB szerkezeteket először részletes vizsgálatnak vettem alá aszerint, hogy valóban tartalmazzák-e a PDZ doméneket, illetve van-e a szerkezetnek olyan része, amely a vizsgálat szempontjából nem releváns. Ezek az információk az UniProt fehérje-adatbázisban találhatóak meg. E művelet végén mindegyik PDB szerkezetből kivágtam a megfelelő polipeptidláncnak a megfelelő szakaszát, amely bizonyosan tartalmazza a PDZ domént. Néhány fehérjénél észrevettem, hogy a PDZ domén atipikusan feltekeredett változatát tartalmazza: ezeket elhagytam az elemzésből. Más fehérjék a PDZ domén több másolatát is tartalmazzák. Az előkészítési folyamat végére 141 PDB szerkezet állt a rendelkezésemre 24 fehérjében lévő 28 PDZ doménről, melyekben összesen 1061 modell szerepelt.

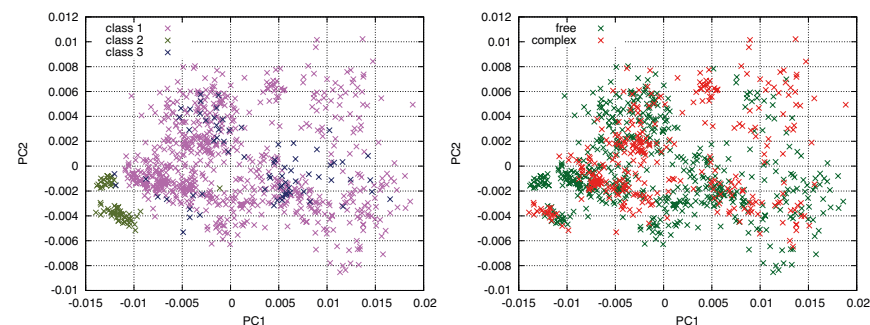
Ezt követte a meglévő szerkezetek háromdimenziós illesztése (multiple structure alignment) a MAMMOTH-Mult programmal. Külön nehézséget jelentett ennek a technikai megvalósítása, ugyanis a program egyszerre legfeljebb 30 szerkezet képes kezelni. Így mindegyik PDZ doménről kiválasztottam egy-egy reprezentatív szerkezetet, amelyeket először egymáshoz illesztettem, majd ehhez a reprezentatív modellhez illesztettem az adott fehérjéről készült többi szerkezetet. Azt a legnagyobb alszerkezetet akartam megtalálni, amely a többszörös illesztés során mind a 141 PDZ doménre illeszkedik. Ez 58 aminosavnak adódott, és tartalmazta a robusztus másodlagos szerkezeti elemeket (béta-redők és alfa-hélixek) nagy részét, ám nem tartalmazta a viszonylag flexibilis terminális régiókat és hurokrégiókat. Ennek abból a szempontból is jelentősége van, hogy a három különböző PDZ osztály különböző hosszúságú hurokrégiókat tartalmaz, így ezek szerkezetileg nem összehasonlíthatók.

A szerkezetileg illesztett, összesen 1061 modellen főkomponens analízist (PCA) végeztem a ProDy programcsomaggal. Ennek során evidenssé váltak a különböző PDZ domének közötti legfőbb konformációs különbségek. Ezt a műveletet külön-külön elvégeztem a szabad illetve ligandumkötött állapotú PDZ doménekre, valamint a PDZ domén három különböző osztályára is. Az eredményeket többféleképpen ábrázoltam, mind a PCA segítségével kapott

főkomponensek (PC1-PC4), mint a fehérjecsaládok, illetve szabad és komplex formák szerint. Megvizsgáltam a különböző formák által lefedett konformációs tér közötti eltérést. Külön figyelmet fordítottam ligandumkötés hatására létrejövő konformációs változásokra is.

Céljaim között szerepelt mind a PDZ szerkezetek, mind a kötött ligandumok klaszterezése. A PDZ szerkezetek klaszterezését az első 4 főkomponens alapján végeztem el többféle algoritmussal (complete linkage, single linkage illetve Kmeans++ algoritmusok.) Ezek a klaszterezések nem vezettek szignifikáns eredményre, mivel a néhány kiugró adathalmazt leszámítva a vizsgált szerkezetek által lefedett konformációs térben az egyes modellek nagyjából homogén eloszlásban helyezkedtek el. A PDZ domének által kötött ligandumok klaszterezését a szekvenciájuk szerint végeztem, a Hammock programcsomagot felhasználva. Öt klasztert kaptam, amelyeknek a reprezentatív példányát kötő PDZ szerkezeteken újabb főkomponens analízist végeztem el. Ezeket összevettem az összes ligandumkötött szerkezeten végzett főkomponens analízis eredményeivel.

A főkomponens analíziseket megismételtem egy olyan mintán, amin elhagytam néhány (többek között kiugró) adatpontot. Így a rendelkezésre álló modellek száma 870-re csökkent. Megállapítottam, hogy a korábban megfigyelt tendenciák a szabad és komplex formák, valamint a különböző osztályokba tartozó szerkezetek konformációja között ezáltal nem változott, így az eredményeimet robusztusnak fogadhatom el.



[1] Ernst, A., Appleton, B. a., Ivarsson, Y., Zhang, Y., Gfeller, D., Wiesmann, C., & Sidhu, S. S. (2014). A Structural Portrait of the PDZ Domain Family. *Journal of Molecular Biology*, 426(21), 3509–3519.

[2] Lee, H.-J., & Zheng, J. J. (2010). PDZ domains and their binding partners: structure, specificity, and modification. *Cell Communication and Signaling : CCS*, 8, 8.

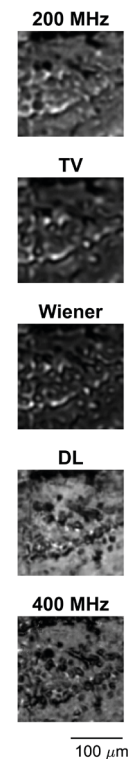
[3] Luck, K., Charbonnier, S., & Travé, G. (2012). The emerging contribution of sequence context to the specificity of protein interactions mediated by PDZ domains. *FEBS Letters*, 586(17), 2648–2661.

MAKRA ÁKOS

Akusztikus mikroszkóp képek diagnosztikai lehetőségének vizsgálata

A szövettani vizsgálatok során célzott sebészeti beavatkozás mellett távolítanak el szövetet, amelyet különböző módszerekkel lehetséges vizsgálni. Az értékelés nagyban függ a vizsgált módszertől, s a pontos diagnózis felállításához elengedhetetlen a minél pontosabb, s nagyobb felbontású képalkotás, nem félretéve annak tényét, mennyire költséghatékony és gyors a procedura. A szövettani vizsgálatok hátránya a hosszas és esetenként nagyon költséges folyamat, amely során nagyságrendileg 10 mikron vastag szeletekké alakítják az eltávolított szövetet, majd ezeket egyenként speciálisan megfestik, s fénymikroszkóp alatt vizsgálják. Ezen módszer ereje a nagy felbontásban rejlik, ezzel szemben azonban a behatolási mélysége fénymikroszkóppal való vizsgálat lévén csekély, így vastagabb szeletek vizsgálatára alkalmatlan, s a kóros elváltozások lokalizációját is nehezebbé, időigényesebbé teszi. A pásztázó akusztikus mikroszkóp (angolul: Scanning Acoustic Microscopy, továbbiakban SAM) ezzel szemben ultrahang alapon működik, s térfogati adatsor felvételére is képes a nagy behatolási mélységének köszönhetően[1]. Fontos, hogy a frekvencia növelésével a behatolási mélység csökken, míg egyúttal egyre nagyobb felbontást eredményez. Azonban ha lehetséges alacsonyabb frekvencián készült képek felbontását valamilyen módon javítani, ezáltal egyrészt a behatolási mélységgel kapcsolatban nem kell kompromisszumot kötni, másrészt egy nagyobb középfrekvenciás transzducser előállításának költsége (a rendszerkomponensek járulékos drágulásairól nem is beszélve) is elkerülhető.

Jelen munka két újdonságot mutat be. Először, lehetséges mélytanulást (angolul: Deep Learning, továbbiakban DL) felhasználva javítani 200 MHz-en készült SAM képek laterális felbontását. Ennek eredményét összehasonlítottuk két dekonvolúció alapú megközelítés eredményeivel. Másodsor, 400 MHz-en készült képek szolgálnak referenciaként (ground truth), hogy a képfelbontás javulását kvantitatív módon lehessen kiértékelni. A használt minták egér és patkány agyszövetek voltak. Az eredményekből egyértelműen kiderül, hogy a DL képes pontosan megbecsülni a referencia képeket (NRMSE = 0,056, PSNR = 28.4 dB) még relatív kisméretű tanítóhalmaz mellett is (4 képpár, mindegyik kisebb 1×1 mm-nél). Jelen munka világos üzenete, hogy a DL-et lehet szuperrezolúciós algoritmusként használni pásztázó akusztikus mikroszkóp képek esetében.



- [1] J. A. Jensen, "Deconvolution of ultrasound images," Ultrasonic imaging, vol. 14, no. 1, pp. 1 - 15, 1992.
- [2] A. Basarab, D. Rohrbach, N. Zhao, J.-Y. Tournier, D. Kouamé and J. Mamou, "Enhancement of 250-MHz quantitative acoustic-microscopy data using a single-image super-resolution method," IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017), pp. 827 - 830, 2017.
- [3] Y. Rivenson, Z. Göröcs, H. Günaydin, Y. Zhang and H. Wang, "Deep learning microscopy," Optica, vol. 4, no. 11, pp. 1437 -1443, 2017.

MESZÉNA DOMOKOS

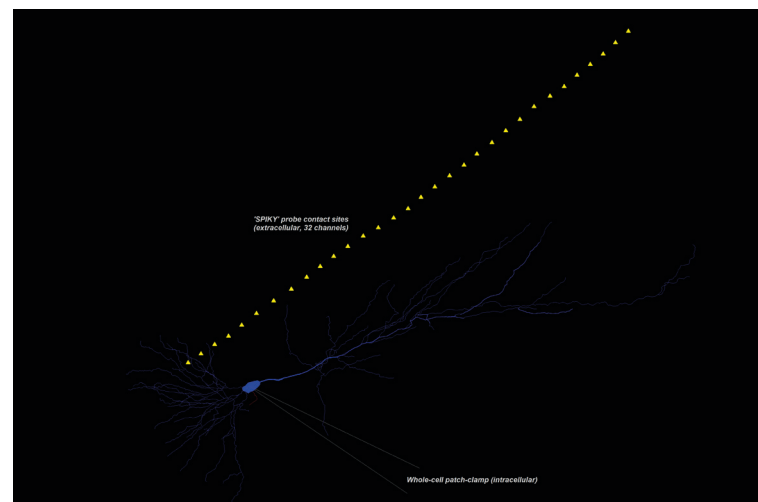
Sokcsatornás elektróda fejlesztésekhez kapcsolódó mérnöki megoldások

Az idegsejtek elektrofiziológiai aktivitását elektródákkal vizsgáljuk. Az extracelluláris aktivitások mérésére számos sokcsatornás elektróda (más néven multielektróda) került kifejlesztésre a szakirodalomban, alkalmazásoktól függően. Azonban máig sok megoldatlan kérdést rejt az idegsejtek célzott extracelluláris megközelítése és magas mintavételezése.

Az ÚNKP projektben fejlesztett integratív mérési protokoll és az ehhez készült speciális multielektróda olyan előnyös tulajdonságokkal rendelkezik, amelyekkel lehetővé vált célzott sejtek párhuzamos intra- és extracelluláris, részletes tér- és időbeli lekövetése. A kereskedelmi forgalomban kapható lamináris multielektródák szára gyakran vastag és a kontaktusok elhelyezése – gyártástechnológiai okokból – középre rendezett, ebből kifolyólag nehezzé válik a környező sejtek intakt megközelítése. Ezt az elektróda holt-terének nevezzük (hiszen maga a kihasználatlan elektróda szár szab gátat a sejt és a mérőpont között), amely holt-tér felléphet mind szár hegye és első kontaktusa, mind pedig a teljes szár széle és a bent futó kontaktussor között. Ez az apró (50-100 μm) távolság már önmagában csökkenti az esélyét, hogy a kontaktus közvetlen közelében rögzítsünk megfelelő amplitúdójú egysejt aktivitást. Ezenkívül kontaktus sűrűség növelésére is szükség van a kívánt térbeli mintavételezés eléréséhez, vagyis minél több mérési ponttal rendelkezünk az adott sejt közelében. Új elektródánk mindkét problémára megoldást nyújt, hiszen 32 csatornája elegendő egyes sejtek teljes morfológiájának lekövetésére, melyek közt ráadásul rendkívül lecsökkentett (25 μm) távolságokkal rendelkezik a sűrű mintavételezés érdekében. A szilícium alapú multielektróda a „SPIKY” („tüskés”) nevet viseli, hiszen az említett kontaktusok tüskeszerűen, fésű alakban, az elektródaszár szélén hatolnak be az agyszövetbe és az elvezetési pontok pedig a tüskék hegyén találhatóak, így valóban képesek megközelíteni megfelelően orientált sejteket, ezáltal lekövetni az extracelluláris változásait. Az új multielektróda kollaborációs fejlesztésben született meg, a freiburgi bázisú Institut für Mikrosystemtechnik (röviden IMTEK, Freiburg, Németország) közreműködésével. Az impedancia magnitúdó és fázisértékek az összes releváns frekvenciasávban egyeztek a szakirodalmi adatokkal és a reprezentatív *in vitro* elvezetések is rendkívül eredményesnek mondhatók. Szisztematikus összehasonlítást követően (jelhozam, maximális és átlagos

amplitúdók) szignifikánsan jobb eredményeket értünk el a SPIKY elektródával, mint korábban alkalmazott kereskedelmi forgalomban kapható felszíni multielektródával.

Továbbá, a teljes kísérleti protokoll újszerűsége és egyben nehézsége, hogy egyszerre 3 eltérő gyakorlati feladatot integrál. Egy időben vezetünk el egyetlen idegsejt belsejéből származó aktivitást (patch-clamp technika), valamint extracelluláris populációs és egysejt aktivitásokat (LFP, SUA, MUA) a sejt közvetlen környezetéből, a már említett SPIKY multielektróddal, mindezt pedig két-foton (2P) pásztázó lézermikroszkópiás képalkotás alatt végezzük, a morfológiai információk kinyerésének érdekében. A projektben fejlesztett mérésben tehát valós információink van a sejten áthaladó pozitív, negatív ionáramokról, mely ellenőrzési alapként (ún. „ground-truth”, adatként) szolgálhat az extracelluláris tér modell-alapú számításainak, illetve elektrofiziológiai méréseinek validálására, mely a szakma jelenlegi nagy kihívása.



- [1] Obien, M. E. J., Deligkaris, K., Bullmann, T., Bakkum, D. J., & Frey, U. (2015). Revealing neuronal function through microelectrode array recordings. *Frontiers in neuroscience*, 8, 423.
- [2] Neto, J. P., Lopes, G., Frazao, J., Nogueira, J., Lacerda, P., Baiao, P., ... & Barquinha, P. (2016). Validating silicon polytrodes with paired juxtacellular recordings: method and dataset. *Journal of neurophysiology*, 116(2), 892-903.
- [3] Cserpán, D., Meszéna, D., Wittner, L., Tóth, K., Ulbert, I., Somogyvári, Z., & Wójcik, D. K. (2017). Revealing the distribution of transmembrane currents along the dendritic tree of a neuron from extracellular recordings. *eLife*, 6, e29384.

NIKA ZSOLT

Optimális befektetések vizsgálata sztochasztikus gradiens módszerrel

A pénzügyi befektetések lényegi kérdése, hogy a befektető az általa rendelkezésre álló vagyont milyen módon ossza szét a megvásárolható pénzügyi eszközök között. A problémával kapcsolatban többféle célfüggvény létezik az irodalomban, a jelen kutatás keretében logaritmikus célfüggvényt vizsgáltunk [1].

A feladatnak létezik közelítő megoldása, ami a Taylor sorfejtésen alapszik. Ennek a megoldása azonos az olyan „küszöbstratégiával”, amikor a befektető egy bizonyos függvény adott értéke alatt elad, felette vásárol. Ezt a függvényt nevezzük döntési függvénynek és keressük azt a küszöbértéket, ami elválasztja az eladást és a vásárlást.

Kutatás célja az volt, hogy megtudjuk, amennyiben létezik egyértelműen ilyen küszöbérték, azt tanulóalgoritmussal (nevezetesen a Sztochasztikus Gradiens módszer Kiefer-Wolfowitz változata [2]) meg lehet-e találni. A kutatás során kiderült, hogy a tipikus árfolyammodellek esetén létezik optimális küszöbérték, ráadásul ez a tanulóalgoritmussal is stabil pontja. Az algoritmus konvergenciáját általánosan bizonyítani lehetetlen, de az egyes modellekre numerikusan megmutatható, hogy konvergál az optimális küszöbértékhez. A tanulóalgoritmus előnye, hogy anélkül lehet optimális megoldást találni, hogy ismernénk az árfolyam dinamikáját vagy bizonyos jellemzőit.

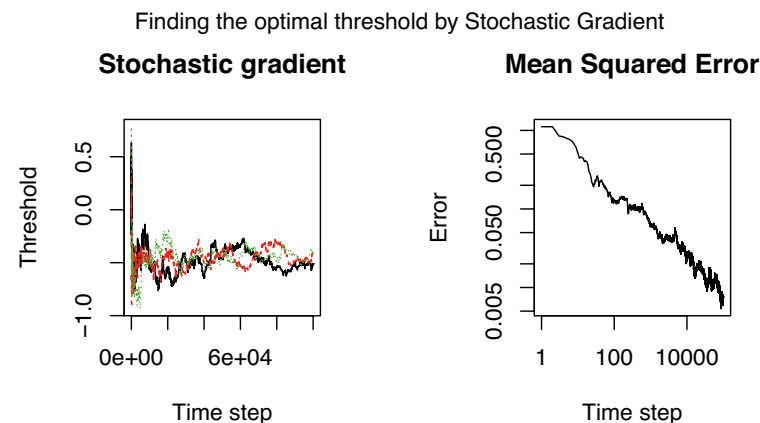
Több árfolyammodell is vizsgáltunk. Ilyen volt az egyszerű autoregresszív (AR(1)) vagy a végtelen mozgóátlag (MA) folyamat, de bonyolultabb modellt is vizsgáltunk, mint például a [3]-ban bemutatott DGSV modell. Ezzel azt is sikerült megmutatni, hogy a tanulóalgoritmus olyan hosszú memóriájú folyamatok esetén is működik, amik pénzügyileg értelmesek, hasznosak.

További érdekes kérdés, hogy az algoritmus konstansai, mint például a tanulás sebessége, a lépés nagysága miként paraméterezhető. Bevezettünk egy olyan skálázási módot, amivel nem kell előre tudni, hogy a részvény milyen skálán mozog, az algoritmus beáll a megfelelő sebességre és lépésméretre. (Ez különösen fontos, ugyanis az algoritmus rossz konstansokkal nem konvergál.)

Fontos kérdés volt továbbá, hogy mi legyen az a függvény, aminek az optimális

küszöbértékét keressük. Természetesen adódik, hogy az előző napi, már ismert értékei alapján döntsön a befektető. A kutatás megmutatta, hogy a döntési függvény akár többváltozós is lehet. Ráadásul nem csak az előző napok árfolyamait lehet használni, hanem egyéb információk is felhasználhatók. Ilyen például a tegnapi volatilitás használata (ez a valóságban nem ismert ugyan, de széles körben elfogadott a becslése). Azt is megmutattuk, hogy mitől függ, érdemes-e használni egy adott ismert változót (röviden: a jövőbeli árfolyam várható értéke miként változik, ha az adott információt ismertnek tekintjük).

A kutatás részét képezte az algoritmus konvergálásának a módja. Numerikus eredmények alapján a konvergencia L^2 -ben konvergál (átlagos négyzetes hiba tart a 0-ba) és a konvergencia sebessége hatványos.



[1] Kelly, J. L. A new interpretation of information rate. Bell System Technical Journal, 35:917–926, 1956.

[2] Kiefer, Jack, and Jacob Wolfowitz. "Consistency of the maximum likelihood estimator in the presence of infinitely many incidental parameters." The Annals of Mathematical Statistics (1956): 887-906.

[3] Nika, Zsolt, and Miklos Rasonyi. "Log-Optimal Portfolios with Memory Effect." Applied Mathematical Finance (2018): 1-29.

SZABÓ BEÁTA TÜNDE

Akusztikus információ valószínűségi feldolgozása

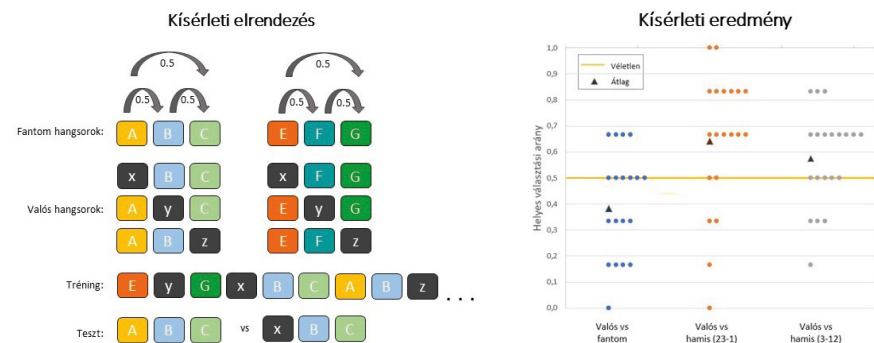
Agyunk kiválóan szűri ki a zajos környezetből a releváns hangyi ingereket, ám azok a matematikai modellek, melyek ezt a kognitív képességet célozzák meg, sokkal kevésbé teljesítenek jól. Ennek a kognitív mechanizmusnak a feltérképezésével lehetővé válik egy olyan komputációs modell építése, ami ezt az emberi képességet jól reprodukálja, az öt hónapos projekt ezt tűzte ki célul.

A modellezési alapötletünk az, hogy az akusztikus környezet hallgatása során valószínűségi módon következtetünk vissza a hangforrásokra, melyeknek csak aggregált jellemzőit ismerjük. Amikor ezt a visszakövetkeztetést végezzük, az akusztikus környezetnek egy olyan reprezentációját használjuk, ami feltevésünk szerint a teljes hangforrás-eloszlást leírja. Ez a megközelítés [1,2] annyiban tér el a hagyományostól, hogy nem séma-illesztést vagy akusztikus jellemzők együttes előfordulását használja fel arra, hogy hangforrásokat detektáljon, hanem a lehetséges hangforrásoknak egy valószínűségi eloszlását keressük, amit az egyes hangforrások jelenlétének valószínűsége jellemez és amely eloszlást az agyunk is reprezentál zajos akusztikus környezetben.

A szóban forgó kognitív képesség vizsgálatát a szekvenciális statisztikai tanulási [3] humán viselkedéses kísérleti eredményeinkre alapozzuk. Ezeket a kísérleti eredményeket használjuk arra, hogy a kognitív mechanizmust jobban megértsük, és a lehetséges komputációs modellek terét vizsgáljuk, azok predikcióit a kísérleti eredményekkel összevessük. Ezen vizsgálatunk hipotézis-vezérelt, a kísérlet tervezése, a komputációs modell implementálása és tesztelése a következő hipotézist hivatott tesztelni: *szekvenciális hallási statisztikai tanulás folyamán a hangforrásokra kialakult reprezentációk a bemeneti hangsorozat olyan feldolgozásából alakulnak ki, amely a klasszikus sorrendiséget modellezői megközelítéseken és szegmentáló algoritmusokon túlmutat, és ami jól leírható a valószínűségi Bayesi tanuló modellel* [2].

A komputációs modellek három ágát [3] vizsgáljuk tehát: a Markov-láncokon alapuló n-gramokat, melyek az átmenetvalószínűség információkat használják; a már nem kizárólag átmenetvalószínűségekkel számoló szegmentáló modelleket, melyek hangegységeket keresnek, de kizárólag olyan egységeket vesznek számításba, amelyek a bejövő inger szegmentálásából kiolvashatóak; és a vizuális Bayesi tanuló [2] modell egy szekvenciális implementációját, amely valószínűségi módon következtet a hangforrásokra, és képes olyan hangegységeket is felfedezni, amik szegmentálással nem kinyerhetőek a környezetből (pl. zajos környezet esetén).

Kísérleti elrendezésünkben a résztvevők a klasszikus statisztikai tanulás paradigma alapján egy ~20 perces tréning során hangsorozatokat hallgatnak, nem verbalizálható 350 ms-os hangokból (ezeket most szavaknak nevezzük, bár nem nyelvi ingerekből állnak). Ezután a teszt fázisban azt vizsgáljuk, hogy milyen statisztikai szabályosságokat tanultak meg a tréning folyamán (2 alternatívás preferencia teszttel). Eredményeink azt mutatják, hogy a résztvevők (n=20) rövid tréning esetén olyan hangegységeket (ún. fantomszavakat) preferálnak, amiket sosem hallottak, ám egy egyszerűbb magyarázatát adják a környezetnek (lásd kísérleti paradigmát és eredményeket összefoglaló ábra). Mivel az átmenetvalószínűségek kiegyenlítették a fantom- és a valós szavak között, kísérleti eredményünk ellentmond az átmenetvalószínűségeken alapuló komputációs irányoknak. A szegmentáló modelleknek szintén ellentmond az eredmény, hiszen ezek a modellek [3] nem tudnak olyan szavakat felvenni a lexikonba, amik sosem kerültek lejátszásra. A valószínűségi modellezési megközelítés azonban képes magyarázni eredményeinket, hiszen a Bayesi tanuló modell [2] képes a fantomszavakat a valós szavakkal szemben preferálni amíg nincsen kellő adat a rendszerben, vagyis rövid tréning esetén. Ezzel a munkával három fő modellezési irány között tudunk különbséget tenni: előzetes eredményeink azt mutatják, hogy a Bayesi tanuló modell írja le legjobban a szekvenciális statisztikai tanulás során kialakult reprezentációt. a klasszikus átmenetvalószínűségeken alapuló- és szegmentáló modellekkel szemben.



- [1] Tenenbaum, J. B., Kemp, C., Griffiths, T. L., and Goodman, N. D. (2011). How to grow a mind: statistics, structure and abstraction. *Science*, 331, 1279–1285. doi: 10.1126/science.1192788
- [2] Orban, G., Fiser, J., Aslin, R. N., and Lengyel, M. (2008). Bayesian learning of visual chunks by human observers. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105, 2745–2750. doi: 10.1073/pnas.0708424105.
- [3] Frank, M. C., Goldwater, S., Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2010). Modeling human performance in statistical word segmentation. *Cognition*, 117(2), 107-125.

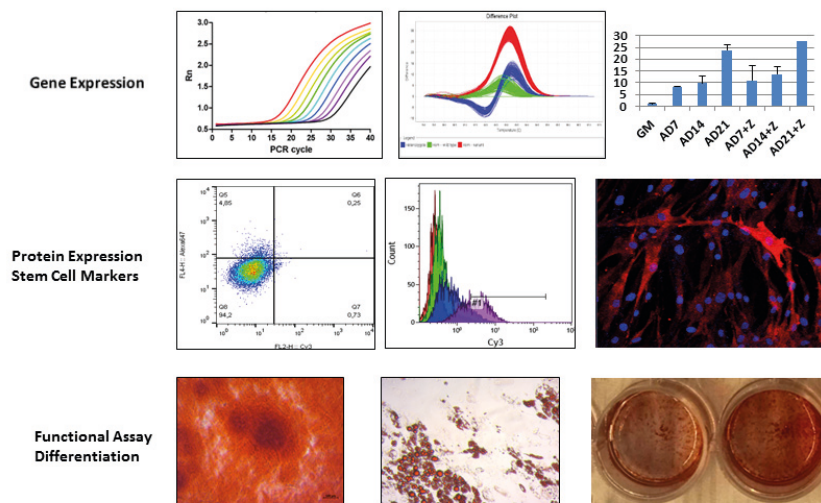
SZÉKY BALÁZS

Transzglutamináz Enzimek Funkciói Kötőszöveti Őssejtekben

Kutatómunkám célja volt a transzglutamináz enzimek dermális őssejtekben betöltött funkcióinak meghatározása. Annak ellenére, hogy a transzglutamináz enzimek jelentőségét az egyedfejlődésben és a szöveti regenerációban már több tanulmány is igazolta, szerepük az őssejtek differenciációjának szabályozásában még tisztázatlan. Kutató munkám során a TG2 és fXIIIa transzglutaminázokkal foglalkoztam, amelyek jelentőségét a szöveti regeneráció és az egyedfejlődés folyamataiban már több tanulmányban igazolták. Elsőként a szöveti transzglutamináz (TG2) és a faktor XIIIa (fXIIIa) humán dermális fibroblasztokban való expresszióját jellemeztem. Méréseim alapján a humán dermálisból izolált fibroblasztok átlagosan mintegy 8%-a pozitív a szöveti transzglutaminázra, 3,5%-a pedig a faktor XIIIa-ra. Áramlási citometriás méréssel megvizsgáltam, hogy a TG2 és fXIIIa a legismertebb dermális őssejt markerekkel (CD146, CD271, SSEA3) milyen mértékben ko-expresszálódnak. Méréseim alapján a dermális őssejtmarkereket kifejező sejtek kisebb hányadában fXIIIa vagy TG2 is expresszálódott. A fXIIIa és a TG2 tehát nem csak őssejtekben fejeződnek ki, így ezek a transzglutaminázok nem tekinthetők őssejt-specifikus markereknek, noha a sejtek differenciációjának szabályozásában szerepet játszhatnak. A dermisz stromális őssejtjeinek egyik legjellegzetesebb tulajdonsága, hogy oszteogén és adipogén irányba differenciálódnak, így a transzglutamináz funkciókat az oszteogenezis és adipogenezis során vizsgáltam. Tekintve TG2 szerteágazó funkcióit a jelátvitel és a génexpresszió szabályozásában, valamint a faktor XIIIa kompenzatórikus funkcióját, a továbbiakban a TG2 differenciációban betöltött szerepét jellemeztem. Immunofluoreszcens jelölés segítségével a TG2-t fibroblaszt kultúrákban, valamint oszteogén és adipogén irányban differenciáltatott fibroblasztokban egyaránt kimutattam. Áramlási citometriás méréseim a TG2 expressziójának jelentős növekedését mutatták oszteogén differenciáció közben, ezt kvantitatív-PCR méréssel is igazoltam. A TG2 kifejeződése differenciált sejtekben amellől szól, hogy ez a transzglutamináz a differenciációban szerepet játszik. A TG2 oszteogén és adipogén differenciációban betöltött szerepének tisztázásához az enzim aktivitását TG2-specifikus, irreverzibilis inhibitorral (ZDON, IC50 ~ 200 nM) gátoltam, majd a gátlószerrel kezelt és nem kezelt kultúrákban a differenciációt kémiai festéssel kiértékeltem. ZDON jelenlétében az oszteogén differenciáció gátlódott, a kalcium foszfát komplexek mennyisége mintegy harmadára csökkent, valamint

az oszteocita markerek mRNS-szintű expressziója is csökkent. Az inhibitor jelenlétében az adipogenezis nem változott. Extracellulárisan a TG2 részt vesz a sejtadhézió szabályozásában az integrin-mediált jelpályák aktiválásában. A TG2-mediált sejtadhézió differenciációban játszott szerepének vizsgálatához a TG2 fibronectin-kötő doménjét blokkoló antitesttel (4G3), gátoltam. A fibronectin-kötő domén blokkolása az oszteogén differenciációt lényegesen csökkentette, az adipogenezisben változást nem okozott.

Eredményeim alapján elmondható, hogy a humán dermisz transzglutamináz 2-t és faktor XIIIa-t expresszáló sejtei között őssejt populációk vannak, s a TG2 részt vesz az őssejtek differenciációjának szabályozásában. A transzglutaminázok adipogenezisben játszott szerepének, valamint endoderm (hepatocita) és ektoderm (neurális) differenciációban betöltött funkcióinak jellemzéséhez további kísérleteket tervezek.



- [1] Eckert, R., Kaartinen, M., Nurminskaya, M., Belkin, A., Colak, G., Johnson, G. and Mehta, K. (2014). Transglutaminase Regulation of Cell Function. *Physiological Reviews*, 94(2), pp.383-417.
- [2] Myneni, V., Melino, G. and Kaartinen, M. (2015). Transglutaminase 2—a novel inhibitor of adipogenesis. *Cell Death & Disease*, 6(8), pp.e1868-e1868.
- [3] Yin, X., Chen, Z., Liu, Z. and Song, C. (2012). Tissue transglutaminase (TG2) activity regulates osteoblast differentiation and mineralization in the SAOS-2 cell line. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 45(8), pp.693-700.

DR. FEKETE ZOLTÁN

Optikai beavatkozó mikrorendszerek vizsgálata idegrendszeri kutatásokban

A társadalom átlagéletkorának növekedésével a népesség immár egy számottevő hányadát érintik a különböző idegrendszeri betegségek, melyek tüneteire számos stimulációs technika létezik. Munkám során az infravörös idegi stimuláció mikrotechnikai megvalósítási lehetőségeit vizsgáltam, és anyagtudományi, mérnöki és biológiai kísérletekkel igyekeztem újszerű, többfunkciós kísérleti eszköztárat biztosítani a tématerület alapvető feladatai számára. Kifejlesztettem egy olyan idegszövetbe ültethető multimodális mikroeszközt, melyre monolitikusan integráltam elektrofiziológiai elvezetőpontokat, hőmérsékelt szenzort és egy infravörös hullámvezetőt. A technológiai megvalósítás [1,2] és az integrált funkciók sikeres demonstrációját követően [3] a kutatás feladatok legfontosabb célja a korábban kifejlesztett multimodális eszköz in vivo validálásának előkészítése, a mikroeszköz működőképességének, hosszú távú viselkedésének ellenőrzése in vitro modellrendszerekben. A támogatott kutatás során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy milyen gerjesztési paraméterek esetén alkalmazható az optikai beavatkozó által a szövetben létrehozott termikus tranziens az idegsejtek kiváltott válaszában vizsgálatára?



- [1] M. Kiss, P. Földes, Z. Fekete, Optimization of a Michigan-type silicon microprobe for infrared neural stimulation, *SENSORS & ACTUATORS B: CHEMICAL* 224 (2016) 676-682
- [2] Á. Cs. Horváth, Ö. Cs. Boros, Sz. Belezna, Ö. Seps, P. Koppa, Z. Fekete, A multimodal microtool for spatially controlled infrared neural stimulation in the deep brain tissue, *SENSORS & ACTUATORS B-CHEMICAL* 263 (2018) 77-86
- [3] Z. Fekete, M. Csernai, K. Kocsis, Á. Cs. Horváth, A. Pongrácz, P. Barthó, Simultaneous in vivo recording of local brain temperature and electrophysiological signals with a novel neural probe, *JOURNAL OF NEURAL ENGINEERING* 14 (2017) 034001

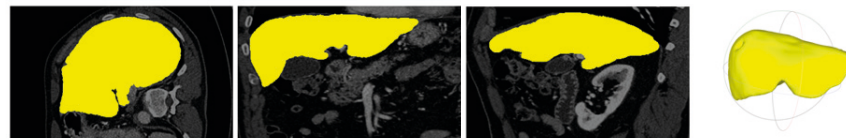
DR. MANNO-KOVÁCS ANDREA

Orvosi tér-adatok tartalom alapú elemzése

A projektben multimodális orvosi szenzorok (CT és MRI) jeleit feldolgozó algoritmusokat fejlesztettünk, tartalom-alapú leírókat, szaliencia modelleket kombinálva tanulás alapú technikákkal.

A kifejlesztett fúziós modell két alkalmazási területen került bemutatásra és kiértékelésre: agyi tumorok szegmentálása MRI felvételeken [1] illetve májszegmentálás CT felvételeken [2]. A tumorok esetén egy újszerű, több MRI modalitást, illetve egészséges sablont kombináló lépést alkalmaztunk a tumorok kiemelésére. Majd egy szín- és lokáció alapú szaliencia modellt felhasználva lokalizáltuk a tumort, melybe a tumorról kapcsolatos „a priori” tudást, illetve a szomszédos szövetek közötti 3D-s kapcsolatot is integráltuk. Végül a szaliencia alapú kimenetet konvolúciós neurális hálózatok predikciós maszkjaival kombináltuk, hogy csökkentjük a hálózat túltanulását, ami új típusú adatok esetén gyengébb teljesítményt eredményezhet. Hasonló eljárást fejlesztettünk ki a máj szegmentálására CT adatokon. Először egy előfeldolgozási lépéssel a csontmaszk alapján meghatároztuk a hasi régiót. Majd a régió növelés és az aktív kontúr módszer kombinálásával szegmentáltuk a májat. Az eljárás által adott eredményt ebben az esetben is fuzionáltuk konvolúciós neurális hálózat predikciós maszkjával, hogy a teljesítményt robusztusabbá tegyük.

Az eredmények mindkét esetben azt mutatták, hogy a javasolt, mélytanulási technikák és szaliencia alapú, „handcrafted” jellemzők kombinálásán alapuló proof-of-concept módszer jó absztrakciós képességgel rendelkezik és képes hatékonyon kezelni a változatos eseteket, olyan új típusú adatok esetén is, melyekre a háló kevésbé lett előzetesen betanítva [3].



- [1] P. Takacs and A. Manno-Kovacs, “MRI Brain Tumor Segmentation Combining Saliency and Convolutional Network Features”, 2018 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), 2018.
- [2] V. Czipczer and A. Manno-Kovacs, “Automatic liver segmentation on CT images combining region-based techniques and convolutional features”, 2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), submitted.
- [3] P. Takacs, L. Kovács, A. Manno-Kovacs, “A fusion of salient and convolutional features applying healthy templates for MRI brain tumor segmentation”, *Multimedia Tools and Applications*, Springer, 2019, under review.

DR. REGULY ISTVÁN ZOLTÁN

Többszintű párhuzamosság kihasználása nagyszámú, kisméretű problémák megoldása során

Tudományos számítások során gyakori feladat azonos algoritmikus lépések elvégzése nagyszámú, kisméretű problémán – pénzügyi és fizikai szimulációk során különösképp. Eddigi kutatásom során széleskörű tapasztalatra tettem szert olyan absztrakciók és párhuzamos implementációk kidolgozásában, melyek segítségével kevés, nagyméretű problémán tudunk hatékonyan algoritmikus lépéseket kifejezni és CPU/GPU eszközökön végrehajtani, célom ezen absztrakciók és implementációk kiterjesztése a nagyszámú, kisméretű problémák megoldására. Eredményeimet a nyílt forráskódú OPS keretrendszerben teszem elérhetővé, és konferenciacikk és előadás formájában fogom publikálni – ezzel lehetővé téve, hogy pénzügyi és adaptive mesh refinement algoritmusokat használó fizikai szimulációkat is hatékonyan és egyszerűen lehessen elkészíteni. Ezen algoritmusok hatékony, absztrakt leírása különösen fontos, mert ma sok, nagyon különböző hardver áll rendelkezésre, programozásuk olyan szakértelmet igényel, mely megszerzése matematikusoktól, fizikusoktól nem elvárható.

[1] MacNeice, P., Olson, K.M., Mobarri, C., De Fainchtein, R. and Packer, C., 2000. PARAMESH: A parallel adaptive mesh refinement community toolkit. *Computer physics communications*, 126(3), pp.330-354.

[2] Deiterding, R., 2005. Construction and application of an AMR algorithm for distributed memory computers. In *Adaptive Mesh Refinement-Theory and Applications* (pp. 361-372). Springer, Berlin, Heidelberg.

[3] A. Wissink, R. Hornung, S. Kohn, S. S. Smith, and N. Elliott, "Large scale parallel structured amr calculations using the samrai framework," in *Proceedings of Supercomputing 2001*, 2001, pp. 22-22.

DR. BORBÉLY BENCE

Borbély Bence a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karán (PPKE ITK) szerzett először osztatlan egyetemi képzésben mérnök-informatikus diplomát (2010), majd informatika tudományágban doktori fokozatot (2017). Fő érdeklődési területét mindig is az emberi mozgás segítését és/vagy visszaállítását célzó technológiai megoldások alkották, ezek közül is kiemelten foglalkoztatták a neuro-protézisekkel kapcsolatos kutatási irányok. Tanulmányai során tapasztalatot szerzett emberi mozgások mérésének és analízisének több aspektusában (többek között méréstervezésben és kivitelezésben, beágyazott hardware/firmware elemek fejlesztésében és magas szintű szoftverkomponensek létrehozásában). Az évek során, melyeket a PPKE ITK Roska Tamás Műszaki és Természettudományi Doktori Iskolájában töltött, szerencséje volt kiváló elmékkal és inspiráló kollégákkal együtt dolgozni, megtapasztalt néhány nehézséget és kudarcot de ezek leküzdésén keresztül azt is megtanulta, hogyan menjen tovább egy járatlan úton, amit érdemes végigjárni. Mindezekon felül elsősorban férj, két gyermek édesapja és egy technológiai startup cégnél olyan megoldásokon dolgozik, amelyek emberek mozgásának laborkörnyezeten kívül történő mérését és analízisét teszik lehetővé.



DR. JUHÁSZ IMRE BENEDEK

Egyetemi tanulmányaimat orvostanhallgatóként kezdtem, végül azonban az ITK-n szereztem mérnök informatikus diplomát, majd 2018-ban PhD fokozatot. Doktori tanulmányaim során Csurgay Árpád professzor úr témavezetésével kvantumbiológiával foglalkoztam: a fotoszintézis kezdeti szakaszában végbemenő energiatranszfert vizsgáltam szimulációkon keresztül. Jelenleg egy multinacionális vállalatnál dolgozom egy olyan csapat tagjaként, mely önvezető autókat vezérlő szoftvert fejleszt.



Előadásomban egyrészt röviden bemutatom doktori kutatási eredményeimet, másrészt a következő kérdések megválaszolásával szempontokat igyekszem adni azoknak, akik a PhD képzés elkezdésén gondolkodnak, illetve bátorítani és kitartásra szeretném ösztönözni azokat, akik már belevágtak: Mit tanultam a doktori évek alatt? Kinek való (és kinek nem) a PhD képzés? Miért érdemes az MSc diploma megszerzése után újabb hosszú évekre az iskolapadban maradni? Mit érdemes figyelembe venni a témaválasztáskor? Miért jó az ITK-n doktorandusznak lenni? Mik a doktoranduszi lét szépségei és nehézségei? Mi jön a védés után?

DR. KOLLER MIKLÓS

Koller Miklós vagyok, 2004 óta kötődök az ITK-hoz valamilyen formában. Először még az osztatlan alapképzésre jártam, annak vége felé sokat dolgoztam a Robotika Laborban Tar Ákossal és Cserey Györggyel. Közös munkánk egy infravörös szenzortömb volt, amivel távolságképek készítése alatt felbontás-javítást próbáltunk megvalósítani. A doktori képzés alatt részben ezzel az eszközzel dolgoztam tovább, de hullámszámítási környezetben próbáltam egyszerűbb alapfeladatokat megoldani: egy-egy téridőbeli jelenséget egyetlen egyszerű „programmal” (template) detektálni, Cserey György és Roska Tamás professzor úr javaslatai és segítsége mellett. A phd-évek alatt együtt dolgoztunk még Garay Barnával metastabil oszcillációk vizsgálatán. Ezt a feladatot szintén egy nagyon egyszerű hullámszámítási környezetben vizsgáltuk, de nagyon izgalmas dolgokat lehetett megfigyelni és belátni a konstrukció és környezet egyszerűsége ellenére is. Lehetőségem volt 4 hónapot Toszkánában, Siena városában eltölteni, az ottani egyetem áramkör-elméleti kutatócsoportjával dolgoztunk együtt. Itt egy olyan áramkört építettünk (egyszerű alkatrészekből, egyszerű próbapanelon), amivel a fentebb említett oszcillációkat tudtuk a valóságban is megvizsgálni.



A posztgraduális képzés után a Robotika Laborban maradtam munkatársként, robotkar irányítással kezdtem foglalkozni, gépi tanulási környezetben. Az elmúlt évek alatt több diákkal is együtt dolgozhattunk ezen a témán, sokszor volt alapélményem, hogy az eddig begyűjtött mérnöki intuíciómmal még nem tudok egy-egy önlab-szakterület feladatát magabiztosan és sikeresen végigvezetni, az esetek jó részében kisebb-nagyobb mélységben nekem is végig kell csinálnom a feladatokat. Emellett gyakorlatok tartásával is kapcsolódok az egyetemi feladatokhoz, ahogy évről-évre tartom ugyanazokat az órákat, egyre letisztultabbnak érzem a mondandóm lényegét (erről elsősorban a hallgatóknak illik és jogos nyilatkozni persze). Mind a gyakorlatok, mind a témavezetések kapcsán megfigyelhető még a félév menetéhez igazodó terhelési inhomogenitás, ez persze nem a teljes nyaras szabadságot jelenti :) hanem a szemeszterek utolsó néhány hetének átlagosnál intenzívebb terhelését. Ettől szép és izgalmas az élet az ITK-n, bár így harmincon túl egyre gyakrabban érzem azt, hogy szívesen engedném már el az impulzív jegyeket a munkavégzésemből.

**“PATHWAY TO SCIENCE:
PHD STUDIES AT THE ROSKA TAMÁS
DOCTORAL SCHOOL OF SCIENCES AND
TECHNOLOGY”**

SYMPOSIUM OF PHD CANDIDATES AND ALUMNI

Summary of ÚNKP event
19th June 2019

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap

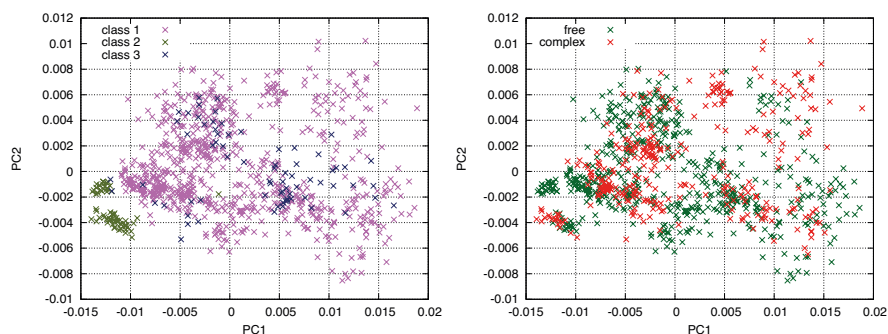


BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

KOVÁCS BERTALAN

Bioinformatical investigation of ligand binding of PDZ domains

PDZ domains have been of great interest lately because of their versatile ligand binding properties and their manifold role in organizing signaling complexes, such as the postsynaptic density of nerve cells. Their mode of binding has already been established and categorized into 3 distinct classes based on the amino acid residue at the penultimate position of the C-terminus of the ligand. In the presented research project we aim at obtaining atomic-level information on the structural and dynamic rearrangement of PDZ domains induced by ligand binding through an extensive study of experimental free and complex PDZ structures deposited in the publicly available Protein Data Bank (PDB). The structures were filtered and submitted to multiple sequence alignment, which was followed on Principal Component Analysis of the consensus region of the sequence. The results shed light the structural behaviour of PDZ domains exhibited upon ligand binding.



- [1] Ernst, A., Appleton, B. a., Ivarsson, Y., Zhang, Y., Gfeller, D., Wiesmann, C., & Sidhu, S. S. (2014). A Structural Portrait of the PDZ Domain Family. *Journal of Molecular Biology*, 426(21), 3509–3519.
- [2] Lee, H.-J., & Zheng, J. J. (2010). PDZ domains and their binding partners: structure, specificity, and modification. *Cell Communication and Signaling : CCS*, 8, 8.
- [3] Luck, K., Charbonnier, S., & Travé, G. (2012). The emerging contribution of sequence context to the specificity of protein interactions mediated by PDZ domains. *FEBS Letters*, 586(17), 2648–2661.

MAKRA ÁKOS

Examining the Diagnostic Potential of Acoustic Microscope Images

Scanning Acoustic Microscopy (SAM) provides high resolution images of biological tissues. Since higher transducer frequencies limit penetration depth, image resolution enhancement techniques could help in maintaining sufficient lateral resolution without sacrificing penetration depth. Compared to existing SAM research, the current work introduces two novelties. First, Deep Learning (DL) is used to improve lateral resolution of 200 MHz SAM images, comparing it with two deconvolution-based approaches. Secondly, 400 MHz images are used as ground truth in order to quantitatively evaluate image resolution enhancement. The samples used were mouse and rat brain sections. The results demonstrate that DL can closely approximate ground truth (NRMSE = 0.056, PSNR = 28.4 dB) even with a relatively limited training set (4 images, each smaller than 1 mm × 1 mm). The current study suggests the high potential of using Deep Learning as a single image superresolution method in SAM.

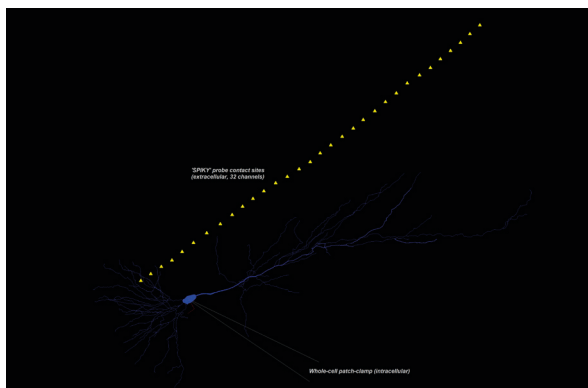


- [1] J. A. Jensen, "Deconvolution of ultrasound images," *Ultrasonic imaging*, vol. 14, no. 1, pp. 1 - 15, 1992.
- [2] A. Basarab, D. Rohrbach, N. Zhao, J.-Y. Tournier, D. Kouamé and J. Mamou, "Enhancement of 250-MHz quantitative acoustic-microscopy data using a single-image super-resolution method," *IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017)*, pp. 827 - 830, 2017.
- [3] Y. Rivenson, Z. Göröcs, H. Günaydin, Y. Zhang and H. Wang, "Deep learning microscopy," *Optica*, vol. 4, no. 11, pp. 1437 -1443, 2017.

MESZÉNA DOMOKOS

Improvements in multi-electrode recording techniques

There are numerous ways for studying bioelectric phenomena of neural circuits. In this current study, an integrative experimental method is presented for simultaneous recording of extra- and intracellular activity. In spite of the widespread use of multi-channel extracellular electrodes, very limited knowledge is available about their intracellular validation (or 'ground-truth'). To achieve this, I performed whole-cell patch clamp recordings to detect intracellular activity, in rat hippocampal slices, *in vitro*. Simultaneous extracellular signal was detected from the vicinity of the same neuron with a novel silicon probe, called 'SPIKY'. This 32-channel probe was fabricated by collaborators and designed, developed and tested by our lab. Complete 3-D morphology of the recorded cell was revealed by two-photon imaging as well as by *post-hoc* Neurolucida reconstruction. My presented multi-modal method allows for investigating single cell contributions on the local population signals. Moreover, detailed spatial knowledge about the cell-electrode distances can yield valuable information for model-based calculations of neuronal dynamics.



- [1] Obien, M. E. J., Deligkaris, K., Bullmann, T., Bakkum, D. J., & Frey, U. (2015). Revealing neuronal function through microelectrode array recordings. *Frontiers in neuroscience*, 8, 423.
- [2] Neto, J. P., Lopes, G., Frazao, J., Nogueira, J., Lacerda, P., Baiao, P., ... & Barquinha, P. (2016). Validating silicon polytrodes with paired juxtacellular recordings: method and dataset. *Journal of neurophysiology*, 116(2), 892-903.
- [3] Cserpán, D., Meszéna, D., Wittner, L., Tóth, K., Ulbert, I., Somogyvári, Z., & Wójcik, D. K. (2017). Revealing the distribution of transmembrane currents along the dendritic tree of a neuron from extracellular recordings. *eLife*, 6, e29384.

NIKA ZSOLT

Optimal investment strategies based on stochastic gradient method

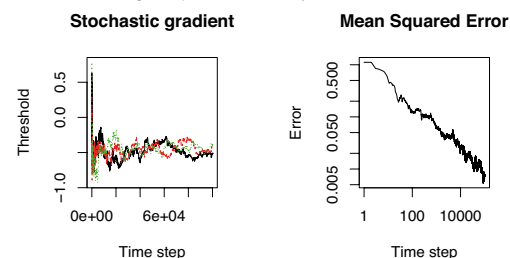
One major question in portfolio optimization is how to construct an optimal investment strategy. Within this field, there is a specific area of interest where the objective function of the investor (called utility function) is a logarithmic function [1]. In our research we analysed the so-called Stochastic Gradient method [2] to find the optimal trading strategy. The importance of using this method is that it is an on-line learning algorithm and it works such that we do not need to know the dynamics or any attribution of the asset prices, only the prices.

The objective function can be approximated by Taylor-expansion in a way that results in simple, threshold type strategies, i. e. when the investor buys or sells. For the sake of simplicity, we took the case of 1 risky and 1 riskless asset. That is, in every investment step, the investor chooses which asset to buy.

In our research, we proved that this approximative trading strategies has an optimum, and we showed by numerical simulations that this optimum is reached in the limit by the algorithm.

We investigated the algorithm, including such aspects as the speed of learning (converging to the optimal point), and under what conditions the algorithm works well. We used different kinds of simulated stock prices, from simple Autoregressive and Moving Average processes to the more complex ones, like Discrete Gaussian Stochastic Volatility, which has long memory [3].

Finding the optimal threshold by Stochastic Gradient



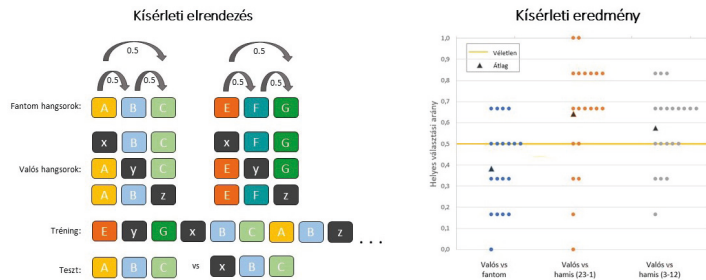
- [1] Kelly, J. L. A new interpretation of information rate. *Bell System Technical Journal*, 35:917–926, 1956.
- [2] Kiefer, Jack, and Jacob Wolfowitz. "Consistency of the maximum likelihood estimator in the presence of infinitely many incidental parameters." *The Annals of Mathematical Statistics* (1956): 887-906.
- [3] Nika, Zsolt, and Miklos Rasonyi. "Log-Optimal Portfolios with Memory Effect." *Applied Mathematical Finance* (2018): 1-29.

SZABÓ BEÁTA TÜNDE

Probabilistic processing of sequential auditory information

Processing complex auditory information in a noisy environment is an archetypal problem that the brain solves astonishingly well, while artificial systems struggle to cope with. We systematically develop and test by behavioral experiments a novel probabilistic computational framework that approaches the problem from a new direction. This framework investigates human statistical learning of non-verbalizable acoustic input in order to arrive at a computational model that processes sound sequences similarly to the human brain. Our model uses approximate probabilistic inference on the input signal to extract the acoustic sources (hidden variables that generate the detected input) from the environment. This approach is novel in comparison to the models relying mostly on transitional probabilities (n-grams). It also differs from another branch of modeling, where it is assumed that we represent chunks of information (therefore the computation goes beyond the representation of transitional probabilities), but these chunks can only fall out from segmenting the input.

Our experiments are designed in a specific way, in order to enable us to distinguish among the three ways of modeling. For this purpose, we use the phantom-word paradigm from Endress & Mehler (2009) and Perruchet & Poulin-Charronnat (2012) in our statistical learning studies with non-verbalizable sound tokens and with different training lengths. Our results suggest that the transitional probability-based and the segmentation models fail to capture the human behavior in such environments, and only the sequential version of the probabilistic Bayesian chunk learner can account for the behavioral data we've collected.

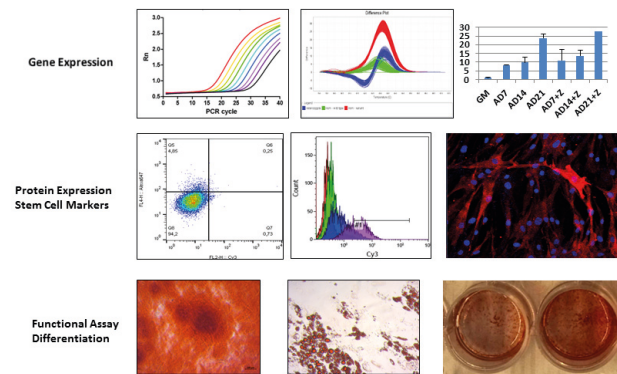


[1] Tenenbaum, J. B., Kemp, C., Griffiths, T. L., and Goodman, N. D. (2011). How to grow a mind: statistics, structure and abstraction. *Science*, 331, 1279–1285.
 [2] Orban, G., Fiser, J., Aslin, R. N., and Lengyel, M. (2008). Bayesian learning of visual chunks by human observers. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105, 2745–2750.
 [3] Frank, M. C., Goldwater, S., Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2010). Modeling human performance in statistical word segmentation. *Cognition*, 117(2), 107-125.

SZÉKY BALÁZS

Cell Functions of Transglutaminase Enzymes in Stromal Stem Cells

Transglutaminases are protein-crosslinking enzymes involved in a variety of cellular functions, including cell adhesion, extracellular-matrix synthesis, cell differentiation and apoptosis. Certain transglutaminases (tissue transglutaminase; TG2, factor XIIIa; fXIIIa) have widespread roles in tissue regeneration and development, although, their functions in stem cell behaviour have not been explored yet. In our recent work, we set out to address the expression of TG2 and fXIIIa transglutaminases in human dermal stem cells and to clarify how they regulate stem cell differentiation. We found, that TG2 and fXIIIa are expressed in diverse dermal stem cell subsets, though, they are present also in cells lacking the expression of dermal stem cell markers. We also showed, that catalytic activity and fibronectin-binding domain of TG2 are both required for osteogenic differentiation of dermal fibroblasts, but inhibition of enzyme function and TG2-mediated cell adhesion does not affect adipogenesis. Our results show, that TG2 and factor XIIIa are expressed in different dermal stem cell subsets, and catalytic and non-enzymatic TG2 functions regulates cell differentiation. Intracellular signalling functions of TG2 or other transglutaminases might be required for adipogenesis.



[1] Eckert, R., Kaartinen, M., Nurminskaya, M., Belkin, A. ... and Mehta, K. (2014). Transglutaminase Regulation of Cell Function. *Physiological Reviews*, 94(2), pp.383-417.
 [2] Myneni, V., Melino, G. and Kaartinen, M. (2015). Transglutaminase 2—a novel inhibitor of adipogenesis. *Cell Death & Disease*, 6(8), pp.e1868-e1868.
 [3] Yin, X., Chen, Z., Liu, Z. and Song, C. (2012). Tissue transglutaminase (TG2) activity regulates osteoblast differentiation and mineralization in the SAOS-2 cell line. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 45(8), pp.693-700.

DR. FEKETE ZOLTÁN

Optical microactuators in brain research

The aging population is exposed to potential risk of neurodegenerative diseases, which is currently addressed by the mitigation of symptoms using various neural stimulation methods. The aim of this work is to help fundamental research on infrared neural stimulation, therefore a multifunctional experimental microtool is designed and tested that is able to deliver infrared light into the neural tissue at a spatially controlled fashion, and record evoked neural activity and tissue temperature simultaneously. After the successful demonstration of microfabrication approach [1,2] and reliability of integrated functionalities [3], the current work is focusing on the preparation of this microsystem for in vivo use, which requires the precise determination of spatial distribution and temporal characteristics of stimulation properties. Using in vitro models, the relationship between optical properties and induced thermal transient are analyzed and presented.



- [1] M. Kiss, P. Földesy, Z. Fekete, Optimization of a Michigan-type silicon microprobe for infrared neural stimulation, *SENSORS & ACTUATORS B: CHEMICAL* 224 (2016) 676-682
- [2] Á. Cs. Horváth, Ö. Cs. Boros, Sz. Beleznai, Ö. Sepsi, P. Koppa, Z. Fekete, A multimodal microtool for spatially controlled infrared neural stimulation in the deep brain tissue, *SENSORS & ACTUATORS B-CHEMICAL* 263 (2018) 77-86
- [3] Z. Fekete, M. Csernai, K. Kocsis, Á. Cs. Horváth, A. Pongrácz, P. Barthó, Simultaneous in vivo recording of local brain temperature and electrophysiological signals with a novel neural probe, *JOURNAL OF NEURAL ENGINEERING* 14 (2017) 034001

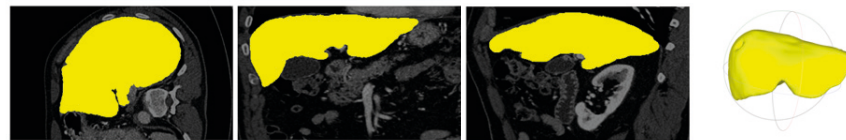
DR. MANNO-KOVÁCS ANDREA

Content Based Analysis of Medical Image Data

In our project we concentrated on the development of image processing algorithms for multimodal medical sensors (CT and MRI), applying content-based information, saliency models and combining them with learning based techniques.

The fusion model was introduced and evaluated for two application areas: brain tumor segmentation on MRI volumes [1] and liver segmentation on CT scans [2]. In the first case, a novel combination of multiple MRI modalities and previously built healthy templates were used to highlight possible lesions. Then, a color- and spatial-based saliency model was applied, integrating a priori knowledge on tumors and 3D information between neighbouring scan slices. The saliency-based output was then combined with convolutional neural networks to reduce the networks' eventual overfitting which might result in weaker predictions for unseen cases. In a similar manner, we also implemented a technique for liver segmentation in CT scans. First, a pre-processing was introduced using a bone mask to filter the abdominal region. Then a combination of region growing and active contour method was applied for liver region segmentation. This technique was fused with a convolutional neural network's prediction mask to increase segmentation accuracy.

By introducing a proof-of-concept method for the fusion of deep learning techniques with saliency-based, handcrafted feature models, the fusion approach had good abstraction skills and yet it was able to handle diverse cases for which the net was less trained [3].



- [1] P. Takacs and A. Manno-Kovacs, "MRI Brain Tumor Segmentation Combining Saliency and Convolutional Network Features", 2018 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), 2018.
- [2] V. Czipczer and A. Manno-Kovacs, "Automatic liver segmentation on CT images combining region-based techniques and convolutional features", 2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), submitted.
- [3] P. Takacs, L. Kovács, A. Manno-Kovacs, "A fusion of salient and convolutional features applying healthy templates for MRI brain tumor segmentation", *Multimedia Tools and Applications*, Springer, 2019, under review.

DR. REGULY ISTVÁN ZOLTÁN

Exploiting multi-level parallelism for solving large numbers of small problems

It is a common task in scientific computing to perform the same computational steps on a large number of small problems - for example in financial and physical simulations. In prior research I have gained experience in developing abstractions and implementations for solving problems on a few large problems, allowing the simple expression of algorithmic steps, and automating their execution on CPUs and GPUs. My goal is to extend these abstractions and implementations to support large numbers of small problems. My results will be available in the OPS open-source library, and I will publish them as a conference paper and presentation - allowing others to use my results to easily describe financial and physical computations. The efficient and abstract description of these algorithms is particularly important because of the variety of computational hardware available - expert programming of all of these can not be expected from mathematicians and physicists.

[1] MacNeice, P., Olson, K.M., Mobarry, C., De Fainchtein, R. and Packer, C., 2000. PARAMESH: A parallel adaptive mesh refinement community toolkit. *Computer physics communications*, 126(3), pp.330-354.

[2] Deiterding, R., 2005. Construction and application of an AMR algorithm for distributed memory computers. In *Adaptive Mesh Refinement-Theory and Applications* (pp. 361-372). Springer, Berlin, Heidelberg.

[3] A. Wissink, R. Hornung, S. Kohn, S. S. Smith, and N. Elliott, "Large scale parallel structured amr calculations using the samrai framework," in *Proceedings of Supercomputing 2001*, 2001, pp. 22-22.

DR. BORBÉLY BENCE

Bence Borbely received his MSc degree in Electronic and Computer Engineering (2010) and PhD degree in Information Science (2017) from Pázmány Péter Catholic University, Faculty of Information Technology and Bionics (PPCU FIT). He has always been passionate about assistive technologies that can aid or restore movement capabilities of the human body, neuro-prosthetics being his main area of interest. During the course of his studies he gained experience in measurement and analysis of various modalities of human movements (including the design and implementation of human subject measurements, embedded hardware/firmware and high level software components). Throughout the years that he spent working towards the PhD degree in the Roska Tamás Doctoral School of Sciences and Technology at PPCU FIT, he had the privilege of working with brilliant and inspiring people, experienced a few setbacks but also learned how to overcome those and keep pushing towards a goal that's worth pursuing (luckily, the degree just came with that). He is a husband, a father of two and works at a tech startup company to bring unobtrusive measurement and analysis of human motion into reality.



DR. JUHÁSZ IMRE BENEDEK

I started my university studies as a medical student; however, I finally took a computer engineering and then in 2018 a doctorate degree at PPCU FIT. During the PhD program, I dealt with quantum biology: I studied through simulations the energy transfer taking place in the initial phase of photosynthesis under the supervision of Professor Árpád Csurgay. For the time being, I am working at a multinational company in a team that develops software for automated driving.



In my presentation, I summarize the results of my PhD research, furthermore I try to give considerations for those who are deliberating over starting a PhD program, and to motivate those who have already undertaken this project by answering the following questions: What have I learnt during the PhD years? Who is the PhD program for? Why is it worth spending further long years in the school desk? What should one consider when choosing a research topic? Why is it good to be a PhD student at PPCU FIT? What are the beauties and difficulties of being a PhD student? What comes after the defense?

DR. KOLLER MIKLÓS

My name is Miklós Koller, since 2004 I am in different kinds of relation to the Faculty of Information Technology and Bionics (FIT). First I had my undergraduate studies, in the last part of it I worked mainly in the Robotics Laboratory with Ákos Tar and György Cserey. Our joint work was an infrared sensor array, with which we tried to achieve higher resolution in the context of depth images. During my doctoral studies I worked on with this device but in a wave-computing environment, and tried to solve simple exercises: to detect elementary spatio-temporal phenomenon with one simple „program” (template). This was done under the guidance of György Cserey and Prof. Tamás Roska. During these years I worked also with Barna Garay on the topic of metastable oscillations. This phenomenon was also analyzed in a wave-computing environment, exciting things could be observed and examined despite the simplicity of the construction and the environment. I had the opportunity to spend 4 months in Siena, Tuscany, working with the circuit-theoretical research group at the university. Here we built a real circuit from discrete components, in order to analyze the above mentioned oscillations in physical environment.



After my postgradual studies, I remained at the Robotics Lab as a colleague, I started to do research in the field of robotic arm control with machine learning. Over the past few years I was able to work with more students on this topic, I had often the feelings that I am unable to supervise a tutored research project / thesis confidently and successfully just on the basis of my engineering intuitions learned so far; in most cases I have to solve the problems individually as well. In addition, I am also involved in the regular education with lab practices. As I keep the same labs from year to year, I see more and more clear what and how to explain (of course, this is the right of the students to qualify my labs, not mine). Both in the case of the lab practices and in the case of the supervisory liabilities one can observe the inhomogeneity of the workload, according to the progress of a semester (of course, this does not mean the summer-length vacation :) but rather the increased intensity of workload in the last few weeks). This makes life beautiful and exciting on FIT, although I have to mention that in the thirties I would rather let these impulsive features of my work go.

JEGYZETEK - NOTES

TÁMOGATÓNK:

**INTEGRÁLT KUTATÓI UTÁNPÓTLÁSKÉPZÉSI PROGRAM AZ
INFORMATIKA ÉS SZÁMÍTÁSTUDOMÁNY DISZCIPLINÁRIS
TERÜLETEIN**

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00002