

ELTE
TUDOMÁNY
INNOVÁCIÓ
2023

Tartalom

- 1** Előszó
- 2** **TÁVLATOK ÉS TALÁLKOZÁSOK**
Társadalmi Innovációs Nemzeti Laboratórium: **TinLab**
- 5** **EvolVeritas:** áttörő alap kutatásból világraszóló gyógyszerfejlesztésekig
- 10** **Motorpharma:** az ELTE-ről induló világhírű gyógyszerfejlesztő spin-off
- 14** Biotechnológia a gyakorlatban: **Molekuláris Mikrobiológiai Diagnosztikai Laboratórium**
- 16** **Molekuláris csapdák a COVID ellen:** biotechnológiai kutatások az ELTE Természettudományi Karán (gyógyszerfejlesztés ipari résztvevőkkel)
- 18** Centrumban az ipari együttműködés: **Core Facility** szolgáltatások az ELTE Természettudományi Karán (KKIKC)
- 21** Magyar égre magyar drónrajt! **CollMot**
- 24** **Diagnosztika, terápia és megelőzés:** átfogó intézményi **Kiválósági Program** az ELTE-n
- 26** **Alkáli-ferrátok** elektrokémiai előállítás **vízkezeléshez**
- 27** **Földrengés mikron** méretű objektumokban

ASZTROFIZIKA

- 29** **Asztro- és részecskefizikai kutatásaink az élvonalban!**
- 30** Az **asztrofizika** szakirány elindítása
- 31** **Infrahang-detektor** a **LIGO** számára: infrahangos mérések 10⁻¹⁸ m pontossággal
- 32** A **CAMELOT** műholdjai: gravitációs hullámokat figyelő műholdflotta
- 33** Elemi alkotórészek nagyenergiás gyorsítóknban: **Mi van a Standard Modellel kívül?**
- 33** **Szuperszámítógépek**et fejlesztünk!
- 34** **Úton az új fizika felé!**
- 37** Űrjárművek hajtóműveinek **ultrakönnnyű szigetelőanyaga:** porózus Al₂O₃ kerámiaszálak

KULTÚRA, TÁRSADALOM ÉS DIGITALIZÁCIÓ

- 39** **Közösségépítés: család és nemzet, hagyomány és innováció**
- 41** AZ MTA–ELTE Autizmus Szakmodszertani Kutatócsoport (MASZK) **Csillagbusz Inklúziós intervenció Programja** (CsIIP)
- 43** **Minor Média/Kultúra Kutatóközpont**
- 46** **HistoGenes:** 856453 ERC-2019-Synergy Grant. Az 5–9. századi Kelet-Közép-Európa integratív archaeogenetikai, régészeti és történeti vizsgálata, Kr. u. 400–900
- 49** **DH-LAB:** Digitális Örökség Nemzeti Laboratórium

INFORMATIKA A GAZDASÁG ÉS A TÁRSADALOM SZOLGÁLATÁBAN: A HARMADIK GENERÁCIÓS KUTATÓEGYETEMI MODELL

- 51** **Harmadik generációs kutatóegyetemi modell: kutatás–képzés–innováció**
- 53** **Mesterséges intelligenciával** támogatott **rehabilitáció**
- 56** **MEDISO:** csúcstechnológiás szívdiagnosztika
- 57** **Erlang** programok statikus elemzése és refaktorálása
- 59** Szolgáltatás minőségének biztosítása **új generációs hálózatokban:** túlterhelések kezelése, **hatékony erőforrás-elosztás** és jobb felhasználói élmény
- 60** **SkinCare:** melanóma-detektálás mobiltelefonos applikáció segítségével
- 61** **MOBOT:** gépi látáson alapuló automata raktárleltározó robotrendszer
- 62** **Háromdimenziós érzékelés** járműre rögzített szenzorokkal
- 64** **Parabolarugó** fejlesztése: mechanikai tulajdonságok és szövetszerkezeti aspektusok

Előszó

Nagy örömmel és büszkeséggel ajánljuk az érdeklődő olvasók figyelmébe az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) tudományos és innovációs teljesítményének fontosabb szeleteit felvillantó kiadványt.

Az ELTE a magyar felsőoktatás, a tudomány és az egyetemi bázisú innováció zászlóshajó-intézménye: olyan nemzeti érték, amely a generációról generációra növekvő minőségi tudásvagyon megőrzése mellett képes a folyamatos fejlődésre, és a nemzetközi versenyben is helytáll.

Nemcsak a legkiválóbb hallgatóknak biztosítja az egyetemi képzés minőségi kereteit, hanem vezérlő eszméje a kutató- és tudományegyetemi kiválóság, ami a tudományos tevékenység teljes spektrumát áthatja, a felfedező kutatástól az innovációs hasznosulásig. Páratlan nemzetközi beágyazottsága egyszerre lehetőség, de kötelesség is: arra, hogy a hazai tudományosságban a nemzetközi mércét képviselje, és sikerrel csatornázza be a hazai tudományos kutatásokat a nemzetközi vérkeringésbe. Mindennek köszönhetően kiemelkedő kutatási eredmények születnek az Egyetemen, amelyek társadalmi, gazdasági, technológiai hasznosulása megkérdőjelezhetetlen.

Igazi örömet különösen az okoz, hogy mindezek az ELTE által lefedett valamennyi tudományterületre helytállóak, hiszen valljuk a tudományterületenkénti vezető kiválóság mellett az interdiszciplináris fejlődés szükségességét.

Az ELTE rendkívül összetett intézmény, így a tudományos és innovációs eredmények is komplex rendszerben keletkeznek. Megjelennek egyéni kutatási programokban, kutatócsoportokban, az egyes karok fejlesztési prioritásaiban, Kiválósági és Kompetencia Központokban, Nemzeti Laboratóriumokban, vállalati együttműködésekben, nemzetközi kooperációkban, intézményközi pályázatokban, iparági programokban, intézményen belüli együttműködésekben. Ez a sokszínűség is biztosítja a professzionalizmusra törekvést, a versenyképesség fenntartását, az eredmények társadalmi és gazdasági hasznosíthatóságát.

Az olvasók kezében lévő jelen kiadvány szerencsésen tükrözi a fentieket. Bemutatja, hogy a természettudományok és az informatika tudományos és innovációs eredményei mellett ugyanilyen méltán elismert teljesítmények születtek a társadalom- és bölcsészettudományok terén, valamint a pedagógusképzéssel



összefüggő területeken. A kiadvány szerkesztése során így a legnagyobb nehézséget a bőség zavara okozta, hiszen egy ilyen komplex és kiváló egyetem tudományos és innovációs teljesítményének bemutatása szükségszerűen csak a fontos példákra szorítkozik. Ez persze jó ok arra, hogy az olvasó inspirálva legyen az ELTE egészének, valamint tudományos és innovációs eredményeinek közelebbi megismerésére.

Darázs Lénárd
egyetemi tanár,
általános rektorhelyettes
Eötvös Loránd Tudományegyetem



Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Innovációs Központ megbízásából készítette az ELTE Eötvös Kiadó Kft.

Projektvezető: Csanádi Egresi Nóra
Kiadói szerkesztő: Tihanyi Katalin
Arculat, design, tervezés: Balázs Andrea
Nyomda: Multiszolg Bt.
A borítót tervezte: Balázs Andrea



ELTE | INNOVÁCIÓS KÖZPONT

Kapcsolat: ELTE Innovációs Központ,
1053 Budapest, Kecskeméti utca 10–12.
Levelezési cím: 1053 Budapest, Egyetem tér 1–3.
innovacio@innovacio.elte.hu elte.hu

Szerkesztés lezárva: 2022. december 1.

A kiadvány egészében vagy részleteiben csak a forrás megjelölésével idézhető.

A kiadvány a 2019-1.2.1-EGYETEMI-ÖKO-2019-00004 azonosító számú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2019-1.2.1-EGYETEMI-ÖKO pályázati program finanszírozásában, valamint a MEC_N 141307 azonosító számú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a MEC_21 kódszámú „Tudományos Mecenatúra Pályázat” MEC_N_21 kódszámú alprogramja finanszírozásában valósult meg.



ELTE
EÖTVÖS LORÁND
TUDOMÁNYEGYETEM

Távlatok és találkozások

Társadalmi Innovációs Nemzeti Laboratórium



„Az Európai Unióban több pénzt fogunk fordítani a társadalmi innovációra; nem azért, mert trendi, hanem azért, mert hisszük, hogy az innováció jövőjét a társadalmi innováció jelenti.”

(Carlos Moedas, az Európai Bizottság Kutatásért, Innovációért és Tudományért felelős biztosa, 2018)

MI A TINLAB?

A Társadalmi Innovációs Nemzeti Laboratórium (TINLAB) 2020 őszén alakult. A tudáscentrum az ELTE kezdeményezésére és koordinálásával kezdte meg munkáját, konzorciumi partnerségben a Miskolci Egyetemmel, a Pannon Egyetemmel, valamint egy civil kutató-tudásközvetítő szervezettel, a Hárfa Alapítvánnyal.

A TINLAB célja

1. egyrészt egy fenntartható módon alkalmazható keretrendszer létrehozatala,
2. másrészt társadalmi innovációs kutatások lebonyolítása,
3. harmadrészt tematikus együttműködések keretében projektek kialakítása és pilot projektek megvalósítása.

A felsoroltakon felül fontos, hogy a *társadalmi innováció* definíciójára és támogatási keretrendszerére javaslatot tegyen nemzeti szinten, de ezzel együtt a hazai társadalmi innovációs kutatás-fejlesztési és innovációs törekvéseket beágyazza a nemzetközi együttműködési rendszerekbe is.

A TINLAB SZÁMOKBAN

Az elmúlt másfél évben a TINLAB négy fókuszterületén (Digitalizáció társadalmi hatásai; Kultúra, kompetencia és humán tőke; Társadalmi innovációs módszertanok; Életminőséget javító társadalmi innovációk kutatás-fejlesztése) összesen 29 kutatási tevékenység zajlott. Több mint 60 kutatót, 21 PhD-hallgatót és fiatal kutatót vont be az ELTE, a Miskolci Egyetem és a Pannon Egyetem az alprojektekbe. A laboratórium eddigi tevékenysége során 40 szervezet, illetve új partner bevonására került sor, amelyek leképezik az ún. négyes hélix – *quadruple helix* – partnerséget (akadémia, gazdaság, közszféra, civil szféra), ami lefedi a laboratórium kijelölt célcsoportjait.

EREDMÉNYEK, MÉRFÖLDKÖVEK:

A) 2022 novemberében átadásra került a Királyi Pál utcában a TINLAB új tudás-központja. A tudáscentrum kizárólag olyan projekteket támogat, amelyek valódi társadalmi kihívásokra keresnek tudományos igénnyel megalapozott válaszokat így célja, hogy a kormányzat számára a köznevelésben, a szociális ellátásban és a munkaerőpiacon is jól adaptálható gyakorlatokat alakítson ki, így hozzájárulva a gazdasági mutatók javításához.



B) A nemzetközi szintű erősödéshez nagyban hozzájárult, hogy az ELTE elnyerte a részben a TINLAB-ra építkező EIT KIC pályázatot, amelyben az ELTE egyetlen magyar partnerként, vezető szerepben vesz részt a nyertes konzorciumban.

C) A Társadalmi Innovációs Nemzeti Laboratórium rendszeres szervez felnőttképzési programokat, például: társadalmi innovációs mentorképzést, társadalmi innovációs menedzser és tudásmenedzser képzéseket.

D) A TINLAB sajátos innovációjaként elindította az első kísérleti pilot projekt rendszert, amelynek keretében meghirdette a pilot projekt pályázatok első körét, erre az egyetemek stratégiai partnerségével 4 pályázat érkezett be, míg a helyi fejlesztési fókuszú pályázatok száma 13 volt. Összesen 17 kutatási-egüttműködési javaslatból 8 projektről született támogatási döntés, és a további projektek esetén projektfejlesztés valósul meg. A legtöbb együttműködési szándék a civil szférából érkezett, de iskola, kutatóintézet, gazdasági intézet, önkormányzat is szerepel a partnerek között.

TÁRSADALMI TAPASZTALATCSERE: TINLAB-KONFERENCIA

A TINLAB 2022. október 11-12-én két-napos konferenciát szervezett az ELTE-n, melynek fő tematikája a társadalmi innováció, valamint a TINLAB eredményeinek bemutatása volt. Fókuszba kerültek a laborhoz köthető társadalmi innováció talán eddigi legnagyobb hazai K+F+I seregszemléjén. Az esemény célja az volt, hogy összehozza a diszciplínában aktív kutatókat, piaci szereplőket, és ők megosszák egymással tapasztalataikat, kutatási eredményeiket a társadalmi innováció valamennyi aspektusával kapcsolatban. Emellett kiemelkedő platformot biztosított a kutatók, gyakorlati szakemberek, kulturális szereplők, térségfejlesztők és oktatók számára,

hogy bemutassák és megvitassák a legújabb társadalmi innovációkat, trendeket és aggályokat, valamint a társadalmi innováció területén azonosított jó gyakorlatokat, kihívásokat és elfogadott megoldásokat. A konferenciaeseményen több mint 30 előadó vett részt, akik szakmai előadások és kerekasztal-beszélgetés során mutatták be a társadalmi innovációval kapcsolatos kutatásaikat, projektjeiket, eredményeiket. Nemcsak egyetemi szférából, hanem gazdasági, civil és közszférából is érkeztek szakmai referensek, illetve nemzetközi előadóként a Goethe Institut kulturális és kreatív iparági vezetője tartott előadást a kultúra és társadalmi innováció együttműködési sajátosságairól és ennek kiemelkedő szerepéről.

INNOVÁCIÓS ÖKOSZISZTÉMA AZ ELTE TERMÉSZETTUDOMÁNYI KARÁN

EvolVeritas: áttörő alapkutatásból világraszóló gyógyszerfejlesztésekig



Dr. Pál Gábor

Dr. Pál Gábort, az ELTE TTK Biokémiai Tanszékének docensét, az Irányított Fehérjeevolúció Kutatócsoport vezetőjét, az EvolVeritas Biotechnológiai Kft. megalapítóját kérdezzük szakmai életútjáról, kutatásairól és sikereiről.

Feladatkörei alapján Ön rendkívül sok területen aktív. Hogyan vezetett szakmai életútja ezekre a területekre? Kezdjük talán az oktatói-kutatói területekkel.

Valóban, egyszerre vagyok **tankönyvíró, főkurzust tartó vezető oktató, alapkutatást végző egyetemi csoport vezetője, feltaláló, egy gyógyszerfejlesztő cég alapítója és egyik vezetője.**

A kutatói pálya kezdetei

Szakmai életutam már középiskolásként is az ELTE-hez kötődött, hiszen az ELTE Radnóti Miklós Gyakorló Gimnáziumában tanultam biológia-fizika-latin fakultáció. Mindhárom tárgyat legendás tanárok oktatták. A biológiát Molnár Katalin későbbi igazgató, Rátz Tanár úr-életmű-díjas pedagógus; a fizikát a korszakalkotó zseni, Rácz Mihály; míg a latint a bölcsek bölcse, Majoros József tanította. Az orvosi és a fizikusi pálya is vonzott, de végül az ELTE biológus szakára felvételiztem, ahova abban az évben 12 főt vettek fel. Itt Bálint Miklós és Závodszy Péter előadásai nyomán ismertem fel, hogy

leginkább a molekuláris szintű megértést ígérő biokémia és biofizika érdekelt.

Még diákként csatlakoztam a Gráf László professzor által vezetett Biokémiai Tanszékhez.

Itt sajátíthattam el a Magyarországon általa bevezetett géntechnológiai háttérű fehérjetudomány alapjait, elsősorban Pintér Katalin és Szilágyi László révén. Diplomamunkám keretében *coli* baktériumban termelt patkány tripszint vizsgáltam irányított mutagenézissel. Eközben rábukkantam egy tripszingátló *coli* fehérjére, amelyet, mint kiderült, négy kutatóhelyen is felfedeztek: elsőként a Harvard Egyetemen, majd egymással egy időben a San Francisco-i Kaliforniai Egyetemen (UCSF), a világhírű Genentech gyógyszercégben, és nagy szerencsémre jómagam az ELTE-n.

Hazánkban 1994-ben indult a nemzetközi standardoknak megfelelő doktori (PhD-)képzés, amelyre az ecotin-kutatás révén azonnal felvételt nyertem, és 1996-ban elsők közt doktoráltam.

MÉRFÖLDKÖVEK

ELTE Biokémiai Tanszék, PhD-képzés, ecotin-kutatás

posztdoktori gyakornokévek: Genentech cég Fehérjemérnöki Osztálya

ELTE Biokémiai Tanszék: irányított fehérjeevolúció meghonosítása

MTA Enzimológiai Intézet felkérése: molekuláris immunológiai probléma megoldására

Lektin-út szelektív inhibitorok fejlesztése, irányított evolúcióval

Szelektív MASP-1, MASP-2, MASP-3 gátlók szerek kifejlesztése

Új lektin-út aktiválódási modell kidolgozása, szívinfarktus és stroke kezelését célzó gyógyszerfejlesztés

EvolVeritas - MTA/ELTE találmány jogvásárlása, szabadalmaztatása

Nyertes pályázat: NKFI - 220 000 000 Ft vissza nem térítendő támogatás

COVID- és influenzaellenes szerek sikeres kifejlesztése

Gyorsabban ható, és még erősebben kötődő MASP-2-gátlók szerek

2022: további kutatási források: 267 140 600 Ft vissza nem térítendő támogatás

Amerikai kapcsolatok, magyar tudástőke

Posztdoktori tanulmányutam a Genentech cég Fehérjemérnöki Osztályára vezetett, amelyet Anthony Kossiakoff, későbbi mentorom irányított. Itt Sachdev Sidhu, azaz Dev mellett elsajátíthattam a fágbemutató alapú irányított fehérjeevolúció fortélyait. A technológiát Devvel továbbfejlesztve szisztematikus vizsgálatokra tettük alkalmassá. Így hetek alatt feltárhatóvá váltak a fehérje-fehérje kölcsönhatások kulcspozíciói, és az, hogy az eredeti kölcsönhatás erőssége hogyan növelhető. Eljárásunk a természetben nem létező tulajdonságú fehérjék fejlesztéséhez is új utat nyitott.

Ezzel a tudással gazdagodva tértem vissza az ELTE-re 2002-ben. Pár mozgalmas év alatt meghonosítottam Magyarországon az irányított fehérjeevolúciót, új kurzusokat indítottam, megalapítottam a saját kutatócsoportomat, és tudományos diákköri-, diploma- és PhD-kutatások témavezetőjeként elkezdtem egy új kutatógeneráció kinevelését.

Miről szól? Egy biotechnológiai eljárás háttérmechanizmusai

Az irányított fehérjeevolúció különös fogalom: hogyan lehet az evolúciót irányítani, és hogyan lehet fehérjét „evolválni”?

Ezek valóban alapvető kérdések. Az élővilág iránt mélyebben érdeklődők tudják, hogy a Charles Darwin által felfedezett természetes evolúció élőlények, sőt azok populációi szintjén hat, és irányítani is ezen a szinten, élőlények keresztezésével, az utódok kiválogatásával lehet. Ma már tudjuk, hogy az eltérő tulajdonságok mögött a DNS-ben tárolt információ eltérése áll. Az egyes gének által kódolt fehérjék tulajdonságai és a teljes élőlény

tulajdonságai közötti kapcsolatrendszer annyira összetett, hogy élőlények nemesítésével szinte lehetetlen igény szerint megváltoztatott új fehérjékhez jutni. Ebben hozott áttörést 1985-ben George P. Smith, aki elsőként hozott létre egy irányított fehérjeevolúciós eljárást: a fágbemutatót (phage display). Négy éve, 2018-ban három kutató, Frances H. Arnold, George P. Smith és Sir Gregory P. Winter kapta a kémiai Nobel-díjat az irányított fehérjeevolúció terén elért eredményeikért, közülük Smith a fágbemutató megalkotásáért. Általunk is használt eljárásának lényege, hogy a vizsgálandó fehérje génjét egy baktériumokat fertőző vírus, azaz egy fág egyik burokfehérjé-génjéhez illesztjük, ami által a vizsgálandó fehérje a fág részecske felszínén az adott burokfehérjével összeépülve „bemutatóra kerül”. A fehérje és az azt kódoló gén a fág részecskén keresztül fizikailag össze van kapcsolva. A vizsgált fehérje génjének irányított módosításával több milliárdnyi eltérő génváltozatot hozunk létre, amelyek mindegyike fizikailag össze lesz kapcsolva az általa kódolt fehérje változattal. Ebből a hatalmas seregből szelektáljuk ki a számunkra előnyös tulajdonságú fehérjét hordozó fágokat, amelyeket baktériumsejtekben felszaporítunk, izolálunk, majd újraszelektálunk. Pár ilyen evolúciós kört követően már minden könyvtártag rendelkezik a kívánt funkcióval. Nagyjából száz klón-DNS szekvenálásával megfejtjük, hogy azok milyen fehérje változatot hordoznak, és a fehérjeszekvenciák összehasonlításából feltárul előttünk, hogyan is kódolódik a kívánt tulajdonság.



Mire jó? Az eljárás kutatási célú felhasználásai

Milyen jellegű tudományos kérdések válaszolhatók meg irányított fehérjeevolúcióval?

Szervezetünkben minden életfolyamat fehérjék összehangolt működésén alapul. Az emberi szervezetben sok százezres nagyságrendben fordulnak elő különböző fehérjék. Ebben a hatalmas tömegben kell az egyes fehérjéknek „felismerniük” azt a néhányat, amellyel együttműködnek, más szóval csak ehhez a néhányhoz szabad kötődniük, miközben az összes többihez nem. Kutatásaim egyik fő célja, hogy megértsük, mi teszi lehetővé ezeket a szelektív kapcsolatokat, van-e ebben valamilyen szabályszerűség. A másik cél, hogy olyan új fehérje változatokat hozzunk létre, amelyek a természetből nem ismert kötősszelektivitással bírnak, például egyedileg képesek egyetlen adott fehérje adott oldalához kötődni.

Az ilyen új fehérjék különösen értékes kutatási eszközök. Általuk feltárható a célpontjuk biológiai, illetve betegségekben betöltött szerepe. Ha a célpont valamely betegségben kóros szerepet játszik, akkor a blokkolása előnyös lehet, és az új fehérjénk egy leendő gyógyszer kiindulópontját képezheti. Ezért igyekszem kifejezetten olyan rendszerekre fókuszálni, amelyek a tudományos érdekesség mellett terápiásan is ígéretesek. Így az új felfedezések tudományos jelentőségén felül olyan új tudást is létrehozhatunk, amely a jövőben akár gyógyításra, emberéletek megmentésére is alkalmasnak bizonyulhat.

Hogyan működik?

Mi módon alkalmazható az irányított fehérjeevolúció ezeknek a kérdéseknek a megválaszolására?

Amikor természetes fehérjék kölcsönhatásait vizsgáljuk, azt tárjuk fel, hogy a kölcsönhatási felszíneken melyek azok a pontok, amelyeknek eredeti állapotukban kell megőrződniük az irányított evolúció során. Így rajzolódunk ki az eredeti funkciót meghatározó felszínek, aminosavak. Az ismeretek révén ezeket a kölcsönhatásokat erősebbé vagy specifikusabbá is tehetjük. Amikor új fehérjetulajdonságokat fejlesztünk, akkor egy megfelelőnek ítélt méretű és alakú fehérjefelszínen evolválunk egy új kötőfelszínt.

Konkrét példákat is említek. Hazatértem után proteáz inhibitorok működésének törvényszerűségeit kezdtem el feltárni, és csoportomnak ez egy jelenleg is sikeres kutatási területe. Sahin-Tóth Miklós barátommal, aki a Los Angeles-i Kaliforniai Egyetem (UCLA) professzora, az emberi hasnyálmirigyenzimek működését igyekeztünk mindjobban megérteni, elsősorban a hasnyálmirigy-gyulladásban betöltött szerepük kapcsán. Ehhez ezek ellen kifejlesztett inhibitorokat használunk. Nyitray László kollégámmal olyan sejten belüli fehérjekapcsolatokat tanulmányozunk, amelyek fontosak lehetnek például különböző tumorok áttétképzésében. Ezek a nagyon érdekes eredményekre vezető vizsgálatok egyelőre a felfedező kutatás körébe tartoznak. Ugyanakkor gyógyszerfejlesztő kutatásaink is vannak, ilyenek vezettek az EvolVeritas cég létrehozásához.



Gál Péter, az ELKH TTK Enzimológiai Intézet kutatója, a komplementrendszer nemzetközileg elismert szakértője

Alkalmazás: egy speciális kutatási probléma

Hogyan indultak el ezek a gyógyszerfejlesztéshez vezető kutatások?

Épp csak elkezdtem a hazai kutatásaimat, amikor egy komoly molekuláris immunológiai problémával keresett meg Gál Péter, a komplementrendszer nemzetközi hírű szakértője, az MTA (ma: ELKH TTK) Enzimológiai Intézetéből. Pár mondattal bevezetem ennek a háttérét. Az immunrendszerünk egyik fontos eleme a komplementrendszer. Ez egy 40 fehérjéből álló hálózat, amely nem tartalmaz sejtet elemeket. Ennek ellenére szinte mindent „tud”, amit a sejtek és fehérjék hálózatán alapuló teljes immunrendszerünk: megkülönbözteti az idegen és a saját struktúrákat, az idegen és a kórosan megváltozott saját sejteket megjelöli és elpusztítja, míg a sajátot megkíméli. Három útvonalon (klasszikus, lektin- és alternatív) aktiválódhat, amelyek egy közös, nagy pusztításra képes, gyulladások és sejtölő folyamatba torkollanak. A közös út miatt nehéz kibogozni, valójában melyik útvonal aktiválódott, illetve ha egyszerre több is elindult, akkor melyiknek mekkora szerepe volt.

Az egyes utak eltérő vészjelekre reagálnak, és eltérő de egymással rokon proteázok aktiválódásán keresztül csatlakoznak a közös szakaszba.

A természetben nem ismerünk útvonal-szelektív gátlószereket. **Gál Péter azzal a kérdéssel fordult hozzám, vajon ki tudnék-e fejleszteni lektin-út szelektív inhibitorokat. Azt válaszoltam, ha ez egyáltalán lehetséges, akkor az irányított evolúció tökéletes megközelítés rá.**

A megoldás: szelektív inhibitorok

A komplementrendszerben 9 egymással rokon enzim működik, a vérplazma pedig sok tucat tripszinszerű enzimet tartalmaz. Akkoriban ismert volt, hogy a lektin-út vészjeleket felismerő fehérjéihez három rokon proteáz kapcsolódik: a MASP-1, a MASP-2 és a MASP-3. Kémcsőkísérletek szerinti alapismeret volt, hogy a MASP-2 a lektin-út aktiválódás kizárólagos kulcsa, a MASP-1 szerény segédszereppel bír, míg a MASP-3 egy jobbra inaktív semmittevő. Egy rendkívül izgalmas kutatássorozat keretében, elsősorban Kocsis Andrea, Héja Dávid és Szakács Dávid doktori munkája által **sikerült kifejlesztenünk az első lektin-út szelektív gátlószereket,**

majd szelektív MASP-1, MASP-2 és MASP-3 gátlószerekkel azonosítottuk az egyes enzimek valódi biológiai szerepét.

Az új modell elismerése

A lektin-út aktiválódás korábbi modelljét cáfoltuk, helyette új modellt alkottunk. Ennek lényege, hogy az élő szervezetben a MASP-1 a MASP-2 kizárólagos aktivátora. **Ezt a modellünket a világszerte legelismertebb amerikai immunológiai tankönyv, a *Janeway's Immunobiology* is átvette,** tehát az eredményünk tankönyvi ismeretté nemesedett.

A MASP-3 esetében is áttörést értünk el: igazoltuk, hogy ez az enzim valójában az alternatív út egyedüli aktivátora a vérben. Idén ezen eredmények elismeréseként Gál Péterrel közösen Akadémiai Díjban részesültünk.

Felfedezéseinkkel egy időben derült ki, hogy **a lektin-út túlműködése súlyos betegségek okozója,** amelyek listája évről évre nő. Ilyen az ideiglenes vérátáramlás-leállás okozta szövetpusztulás pl. **szívinfarktus, szélütés** vagy szervátültetés során, **számos vesebetegség,** és új ismeretként a **COVID19-betegek tüdejének hajszálereiben kialakuló, olykor halálos kimenetelű trombózis.**

Szabadalom, cégalapítás

A gyógyszerfejlesztés elengedhetetlen feltétele a kutatás során felmerülő találmányok szabadalmi védelme. Ezért az első eredményekből a két intézmény szabadalmi bejelentéseket tett. **Az ELTE biztatására feltalálóként megalapítottuk az EvoVeritas céget, amely kockázati tőkebefektető révén megvásárolta a legújabb, immár kifejezetten terápiás céllal kifejlesztett MASP-2 gátlószerezrel kapcsolatos MTA/ELTE-találmány jogait, és elindította a szabadalmaztatást.**

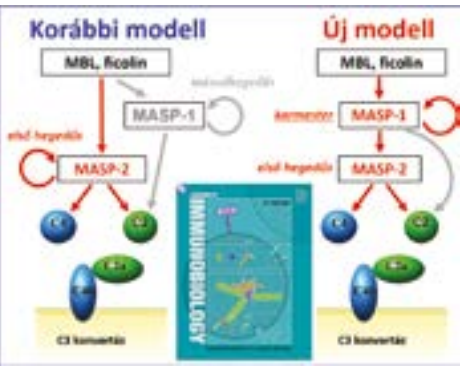
Az új fejlesztésnél a fehérjegyógyszer elleni immunválasz kockázatának minimalizálása érdekében már egy emberi fehérjéből indultunk ki, olyanból, amely MASP-2 enzimet nem gátol, de egy rokon véralvadási enzimet igen. Ebből a véralvadásgátlóból fejlesztettünk olyan MASP-2-gátló gyógyszerjelölteket, amelyek szabadalmaztatása már a nemzeti bejegyzés szakaszában van az USA és Európa területén.

Cégünk azonban egy mindenki életét befolyásoló esemény miatt új gyógyszerfejlesztésbe kezdett.

COVID-kutatás: pályázati projekt (220M Ft)

Mi ez a fejlemény, és milyen új szereket fejlesztenek?

Amikor 2020 márciusában a COVID19-világjárvány hazánkat is elérte, az EvoVeritas támogatási kérelmet nyújtott be „Koronavírus-ellenes gyógyszerjelöltek fejlesztése” címmel (a projekt azonosító száma: 2020-2.1.1-ED-2020-00004). A projektjavaslat megvalósítására az EvoVeritas 220 000 000 Ft vissza nem térítendő támogatásban részesült az innovációs és technológiai miniszter döntése alapján a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alpból. A projekt célja



1. kép. A lektin-út aktiválódás új modellje

a koronavírus-fertőzés megelőzésére és kezelésére alkalmas szerek kifejlesztése volt.

Új módszerek a SARS-CoV-2 ellen

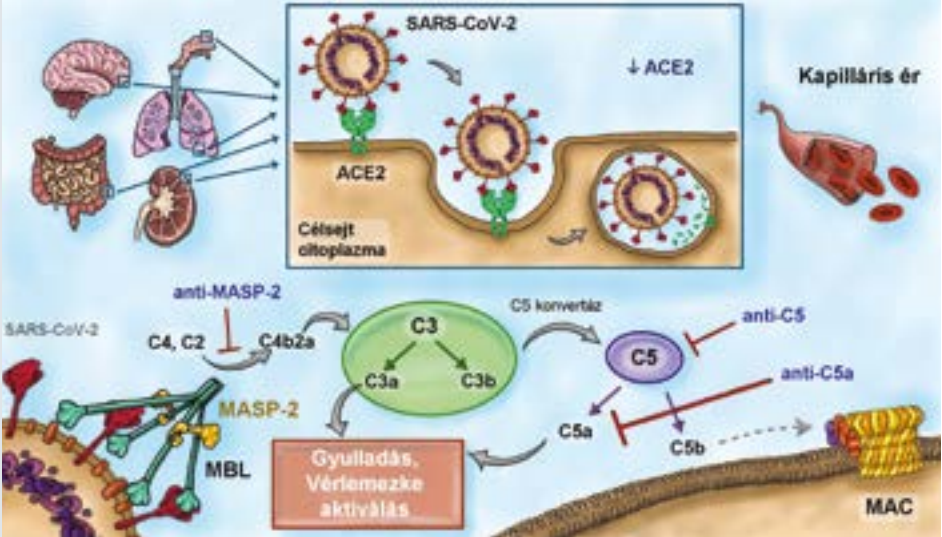
A SARS-CoV-2 fertőzés első lépésében a vírus S-fehérjéje kötődik az emberi légutakat borító sejteken található ACE2 fehérjéhez. **Ahhoz, hogy a vírus és az emberi sejt membránjai összeolvadjanak, az S-fehérjét a szintén az emberi sejtek felszínén lévő TMPRSS2 proteáznak hasítania kell.**

Cégünk egyik célja hatékony, szelektív TMPRSS2-gátlószerek kifejlesztése volt. A projekt elindulásakor kiderült, hogy a TMPRSS2 termelésére vonatkozó publikus eljárások nem alkalmasak aktív enzim előállítására, és a kereskedelmi forgalomban beszerezhető készítmények is inaktívak. Miután a szokásos eljárások tucatjai megbuktak, **egy új ötlet mentén egyedülálló eljárást dolgoztunk ki aktív TMPRSS2 előállítására, és elindítottuk annak szabadalmaztatását.**

Eredmények

1) Az aktív enzim birtokában rendkívül hatékony, szelektív TMPRSS2-inhibitorokat evolváltunk. Ezek szintén szabadalmaztatás alatt állnak. **Mivel a TMPRSS2 nem csak a SARS-CoV-2, de számos influenzatörzs számára is kaput nyit az emberi sejteken, ezek a szerek a koronavírus és az influenzavírus-fertőzések megelőzése terén egyaránt áttörést hozhatnak.**

2) Mivel kiderült, hogy **a MASP-2 főszerepet játszik a COVID19 okozta életveszélyes trombózis kialakulásában,** a projekt másik céljaként az eddigieknél **még gyorsabban ható, és még erősebben kötődő MASP-2-gátlószereket fejlesztettünk ki. Az állatkísérletek szerint ezek tökéletes és tartós lektin-út gátlást biztosítanak.** Az új hatóanyagok kapcsán természetesen szabadalmi beadványt nyújtottunk be. **Ezek a szerek tehát olyan új gyógyszeres terápiák kiindulási anyagai, amelyekkel a COVID19-betegség legveszélyesebb folyamata, a trombózis megelőzhető illetve megállítható lehet.**



2. kép. Szelektív MASP2-inhibitorok a COVID19 okozta trombózis megakadályozására

Közreműködő kutatók

A kutatásokban Dobó József, Kiss Bence, Kocsis Andrea, Köller Zsombor, Nagy Zoltán Attila, Németh Bálint és Végh Barbara működött közre.

Jövőkép: újabb elnyert pályázat

2022 őszén értesültünk róla, hogy az EvoVeritas cég a „Koronavírus-fertőzést gátló gyógyszerjelöltek irányított fehérjeevolúciós fejlesztése” című, 2021-1.1.4-GYORSÍTÓ-SÁV-2022-00070 azonosító-számú projektjavaslata megvalósítására 267 140 600 Ft vissza nem térítendő támogatásban részesült. Ez nagyban előrelendíti a projekt továbbvitelét.

267M Ft

Motorpharma: az ELTE-ről induló világhírű gyógyszer- fejlesztő spin-off

ELTE Biokémia Tanszék



Dr. Málnási-Csizmadia András és Dr. Gyimesi Máté
– a Motorpharma Kft. társtulajdonosai –
az MPH-220 hatóanyaggal

A 2021-es év egyik szenzációja volt, hogy Magyarország legnagyobb gyógyszerfejlesztési szerződését kötötte a Motorpharma Kft. a világ egyik legbefolyásosabb bio-pharma (biofarmakológiai ágazatban érdekelt) üzletemberével, amely szerződés keretein belül egy új magyar gyógyszer kerülhet a piacra. Ezt a szerződést választotta az amerikai kiadású *Forbes* magazin az év legjelentősebb magyar társadalmi és üzleti eseményének.

Az MPH-220 izomrelaxáns gyógyszerjelölt fejlesztése az ELTE Biokémia tanszékén indult Málnási-Csizmadia András professzor vezetésével 2017-ben. Málnási-Csizmadia András amerikai és angliai tanulmányai után 2001-ben érkezett haza az ELTE-re és alapította meg kutatócsoportját, ami az évek során számos nemzetközileg rangos pályázatot nyert el és folyamatos együttműködést alakított ki az *in silico* kutatásokban élen járó Printnet Kft.-vel, aki az ELTE egyik legjelentősebb ipari partnerévé vált az utóbbi 15 év során.

Az amerikai trendeket követve a felfedezések és találmányok hasznosítására Málnási-Csizmadia András és kutatótársai 2012-ben létrehozták a Motorpharma Kft.-t, amely 2014-ben Közép-Európában elsők között elnyerte az ERC „Proof of Concept” üzletfejlesztési pályázatát. A pályázat során kidolgozott üzleti tervnek köszönhetően 2015-ben sikeresen piacra juttatták az első molekulájukat, és az eladásokban azóta exponenciális növekedést sikerült elérniük.

A kifejlesztett molekulákat 4 földrész 27 országába exportálják. A cég büszke arra, hogy a világ húsz legjobb egyeteme közül tíz a vásárlói között van, továbbá arra, hogy ezen molekulákkal végzett tudományos projektek eredményei a világ vezető folyóirataiban (*Science*, *Cell*, *Nature* stb.) jelennek meg. Kiemelendő, hogy 2019 óta a Motorpharma molekulái felhasználásával 6 *Nature*-közlemény készült.

Ezen sikerek mentén 2017-ben megkezdtek az MPH-molekulacsalád kifejlesztését miozin motorfehérjét célzó hatékony terápiák lehetőségének megteremtésére, amelynek első eredménye egy új hatásmechanizmusú izomrelaxáns (MPH-220) kifejlesztése volt.

AZ MPH-220 GYÓGYSZERJELÖLT SIKERTÖRTÉNETE

Világszerte milliók életét keserítik meg a krónikus izomgörcsök (izomspaszticitás), amelyre jelenleg nincs hatékony

megoldás. Egy nemrég publikált felmérés szerint a spasztikus betegek 20%-a az izomgörcsök miatt életminőségét „rosszabbnak ítéli a halálnál”.

A Motorpharma zászlóshajó gyógyszerjelöltje, az MPH-220, közvetlenül az izomkontrakcióért felelős harántcsíkolt izom miozin enzimén hat.

„Nagy kihívás volt egy olyan inhibitor kifejleszteni, amely nagy specificitással a harántcsíkolt izom miozint gátolja, míg a nagy szerkezeti hasonlóságot mutató, mindössze néhány aminosavban eltérő simaizom, szívizom és más miozin izomformákra egyáltalán nem hat” – mondta Málnási-Csizmadia András professzor.

Hatásmechanizmusának köszönhetően az MPH-220 hatékonysága krónikus izomgörcsökben szenvedőkre gyakorlatilag 100%, valamint nincsenek hatásmechanizmusból eredő mellékhatásai ellentétben a jelenleg alkalmazott izomrelaxánsokkal.

„Ilyen új típusú izomrelaxánsra igen nagy szükség van, mivel a jelenleg alkalmazott gyógyszerek az idegrendszerre hatnak, ezért a betegek mintegy kétharmadánál nem hatékonyak, valamint jelentős idegrendszeri és kardiovaszkuláris mellékhatásokat okoznak” – fűzte hozzá Dr. Gyimesi Máté, a Motorpharma Kft. tudományos igazgatója és a cég társtulajdonosa.

MI IS AZ A KRÓNIKUS IZOMSPASZTICITÁS?

Krónikus izomspaszticitás stroke után, szklerózis multiplexben, agyi és gerincvelői sérülések következtében, cerebrális parézisben, Alzheimer-kórban és más idegrendszeri betegségekben alakul ki a sérült idegrendszeri szabályozás következtében, amely élethosszig tartó súlyos mozgásproblémákat és igen fájdalmas görcsöket okoz, amely a betegek nagy részénél az önálló életvitelre való alkalmatlanság következtében folyamatos felügyeletet tesz szükségessé. Krónikus izomspaszticitásban az USA-ban 2,2 millió, míg az EU-ban 4 millió ember szenved, amelynek társadalmi költsége a kardiovaszkuláris betegségekével vetekszik.

Az MPH-220 preklinikai eredményeit 2020-ban a csoport a világ legrangosabb élettudományi folyóiratában, a *Cell*-ben (IF: 41.6) publikálta, amellyel a cég megnyitotta kapuit a nemzetközi üzleti világ felé is.

**„Nagy önbizalmat adott, hogy
rögtön a cikk megjelenése napján
megkeresett minket a Harvard
egy professzora által vezetett
cég, az USA egyik legnagyobb
szakmai befektetője, hogy az
MPH-220 klinikai fejlesztésé-
nek lehetőségéről tárgyaljunk”**
– mondta Málnási-Csizmadia András.

A nemzetközi trendeknek megfelelően 2021 júliusában a Motorpharma Kft. licenzszerződést kötött az MPH-220 gyógyszerjelöltet is védő szabadalom tulajdonosaival, a Printnet Kft.-vel és az ELTE-vel. Az MPH-hatóanyagcsalád szabadalmára kötött licenzszerződés az Egyetem történetének legnagyobb licenzszerződése, mely során *upfront*, mérföldkő- (*milestone*) és jogdíj- (*royalty*) kifizetések érkeznek a tulajdonosoknak.

A MOTORPHARMA KFT. AMERIKAI LEÁNYVÁLLALATÁNAK MEGALAPÍTÁSA

2021. november 5-én hosszas tárgyalás után a Motorpharma Kft. és a Novartis gyógyszeróriás volt vezérigazgatója és kutatási igazgatója által alapított Aditum Bio-val megkötötték Magyarország eddigi legnagyobb gyógyszerfejlesztési licenszserződését az MPH-220 gyógyszerjelölt humán klinikai fejlesztéséről és értékesítéséről.

ADITUM BIO:

a Motric Bio társulajdonosa és befektetője



A közösen létrehozott projektcégnak, a Motric Bio-nak fő feladata az MPH-220 gyógyszerjelölt klinikai fejlesztése. A nemzetgazdaságilag is jelentős szerződés jelenértéke a 100 millió dolláros szintet is meghaladja, melyet a mérföldkő-*(milestone)* és jogdíj-*(royalty)* kifizetések, illetve a Motric Bio-ban szerzett tulajdonrész tesznek ki.

Az MPH-220 sikerét követően a Motorpharma tulajdonosainak célja, hogy egy olyan preklinikai gyógyszerfejlesztő platform céget hozzanak létre Magyarországon, amely nemzetközi szinten is kimagasló színvonalon működik.

A Motorpharma üzleti stratégiájának legfontosabb eleme új gyógyszerjelöltek preklinikai fejlesztése, majd szakmai befektetők segítségével a Motric Bio-hoz hasonló nemzetközi ún. „SpinCo” (*spin-off company*) leányvállalatok létrehozása a klinikai vizsgálatok hatékony és gyors megvalósítására.



Dr. Málnási-Csizmadia András



Dr. Gyimesi Máté

MITŐL KÜLÖNLEGES A MOTORPHARMA MŰKÖDÉSE?

A Motorpharma sikereinek egyik kulcsa, hogy kutatásait multidiszciplináris megközelítéssel végzi. Az „egy labor modell” filozófiájának lényege, hogy a molekula-tervezéstől a kémiai szintézisen át, a biokémiai teszteken keresztül az állat betegségmodellekig az összes fejlesztési fázist, valamint a farmakológiai és toxikológiai karakterizálások teljes spektrumát egy cégen belül tartja. Ezáltal az egyes területek eredményei gyors visszacsatolással egyidőben segítik egymást, így jelentősen gyorsítják és kockázatmentesebbé teszik a projektet.

A Motorpharma különös figyelmet fordít arra, hogy tudományos eredményeit magas színvonalú nemzetközi folyóiratokban publikálja, ami a projektek tudományos alaposságának záloga, és erősíti a projektekre irányuló befektetői bizalmat.

A cég továbbfejlesztése során a Motorpharma bővíti a kutatóinak számát is, akik további motorfehérjét célzó hatóanyagok fejlesztésén fognak dolgozni.

„Jelenleg legfontosabb projektjeink a stroke akut agykárosodásának kezelésére összpontosulnak, illetve elindítottunk további pipeline projekteket egyéb, szintén milliókat sújtó betegségek kezelésére is” – tette hozzá a cég tudományos igazgatója.

2017

MPH-220 izom-relaxáns gyógyszer-jelölt fejlesztése indul az ELTE Biokémia tanszékén, Dr. Málnási-Csizmadia András professzor vezetésével

2020

Megkezdődik
az MPH-
molekulacsalád
kifejlesztése

2021

A Motorpharma Kft. licenszszerződést köt az MPH-220 gyógyszerjelöltet is védő szabadalom tulajdonosaival, a Printnet Kft.-vel és az ELTE-vel.

jövő

Fejlesztési tervek:
további gyógyszer-
jelöltek előállítása
(preklinikai fázis)

spin-off leány-
vállalatok alapítása
a gyógyszerjelöltek
effektív tesztelésére
(klinikai fázis)

Biotechnológia a gyakorlatban

Molekuláris Mikrobiológiai Diagnosztikai Laboratórium



A betegségek korszerű kezelésében és gyógyításában a fejlett labordiagnosztikától és a személyre szabott terápiától a mainál eredményesebb gyógyulást várjuk. A modern, célzott terápiák lényege, hogy a molekuláris diagnosztikán, azaz az ún. molekuláris biomarkerek elemzésén alapulnak. Molekuláris biomarkereknek nevezzük azt a biológiai sajátosságot, amellyel az egészséges vagy kóros biológiai folyamatok jellemezhetők, vagy amelyek terápiás beavatkozás következtében jelennek meg. A molekuláris biomarkerek segíthetik a betegség diagnózisát, előre jelezhetik kialakulását vagy kimenetelét. Molekuláris biomarkereket alkalmaznak mind több betegség esetén a legalkalmasabb terápia meghatározására vagy a kezelés hatékonyságának és biztonságosságának monitorozására.

FIEK: NEMZETI ÖSSZEFOGÁSSAL A BIOMARKER-KUTATÁSÉRT ÉS A GYÓGYSZERFEJLESZTÉSÉRT

A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap (NKFIA) támogatásával 2017-ben indult Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ (FIEK) projektet az ELTE, az ELKH Természettudományi Kutatóközpont, a SERVIER Gyógyászati Vegytani Kutatóintézet Zrt. és a CRU Hungary Egészségügyi és Szolgáltató Kft. konzorciuma nyújtotta be. A résztvevő intézmények célja az volt, hogy hozzájáruljanak a hazai molekuláris biomarker-kutatás fejlődéséhez, és azt a klinika, a gyógyszeripar, valamint a hazai egészségügyi biztosítási szektor és a lakosság számára is szolgáltatás-jelleggel hosszútávon is biztosítsa.

Az ELTE Biotechnológia FIEK fenntartható működése három pillérre épül: 1. szolgáltatást végző molekuláris biomarker-laboratórium; 2. új molekuláris biomarkerek kifejlesztése; 3. a kutatócsoportok biotechnológiai tudására és készülékeire épülő K+F+I szolgáltatások.

A konzorcium a molekuláris biomarker-kutatást genetikai, proteomikai, valamint élősejtes funkcionális elemzésen keresztül célozza, valamint támaszkodik bioinformatikai fejlesztésekre is. A projekt indulásakor az ELTE és az ELKH TTK azon kutatócsoportjai kerültek kiválasztásra, melyek tagjai motiváltak arra, hogy tudásukat a biotechnológiai, gyógyszer-biotechnológiai szektor és az egészségügy érdekében kamatoztassák (fiek.elte.hu). Több ilyen csoport az elmúlt 4 év

kutatásai során olyan eredményt tudott elérni, amelyet az ELTE és az ELKH TTK szolgáltatásként tud kiájtani az ipari szereplők számára.

A konzorcium fő célkitűzése egy olyan hazai és nemzetközi akkreditált molekuláris biomarker-laboratórium létrehozása volt, amely a klinikai vizsgálatokat támogatja (így számít a klinikai vizsgálatokat végző intézetekre, ill. gyógyszerfejlesztő és -gyártó vállalatokra), és a lakosság részére is megfelelő minőségű, a kutatók és orvosok számára értelmezhető, diagnosztikai tevékenységüket, gyógyító munkájukat támogató elemzést végez. A kutatócsoportok által újonnan kifejlesztett módszerek egyfelől úgy hasznosulnak, hogy integrálják azokat az akkreditált laboratóriumban zajló kutatásokba, másfelől értékesítésre is kerülhetnek.

ULTRAMODERN MOLEKULÁRIS MIKROBIOLÓGIAI DIAGNOSZTIKAI LABORATÓRIUM AZ ELTE-N

Az ELTE látványosi campusán 2022. február 1-jén nyitott meg a csaknem 1 milliárd forintos beruházással kialakított, 440 négyzetméter alapterületű molekuláris mikrobiológiai laboratórium. Az ultramodern laboratórium kapacitásai kutatási célokat is szolgálnak majd, illetve szolgáltatásként elérhetővé válnak az érdeklődő ipari partnerek számára, a klinikum, a gyógyszeripar, valamint a hazai egészségügyi biztosítási rendszer és a lakosság számára.

1 Mrd Ft
beruházással kialakított
440 m³
alapterületű molekuláris
mikrobiológiai laboratórium



Dr. Kacs Kovics Imre, az ELTE Biotechnológia FIEK igazgatója a laborban megvalósuló munka kapcsán kiemelte, hogy feladataik nem csak a molekuláris biomarkerekre szorítkoznak. Kiegészülnek a tudásukra épülő egyéb biotechnológiai tevékenységekkel is. A laboratóriumban folynak az NKFIH támogatásával megvalósuló kutatásaik: a FIEK helyet ad a Nemzeti Gyógyszerkutatási és Fejlesztési Laboratórium (PharmaLab) biotechnológia pillérének keretében az ELTE TTK-n folyó munkának, valamint a COVID19-járványt okozó SARS-CoV-2 vírus és az ellene termelt ellenanyag kimutatására alkalmas nagy áteresztőképességű diagnosztikai eljárások kidolgozásának és megvalósításának.

A laboratórium a 2019 végén kialakult világjárványra reagálva kezdte meg szolgáltatási tevékenységét qPCR és LAMP technológiák segítségével a SARS-CoV-2 jelenlétének tesztelésében, valamint a SARS-CoV-2-specifikus antitestek kimutatásában, majd kiegészült különböző STD platformok mérésével, allergia- és ételintolerancia-panelekkel, várandósok részére a várandósság előtt és az első trimeszterben ajánlott szűrésekkel, kullancssal terjedő betegségek szűrésével.

A laboratórium elérhetősége:
EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
Biotechnológia Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ
Mikrobiológiai Diagnosztikai Laboratórium
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C
Telefon: +36 30 9385699
E-mail: mikrobiologiai.laboratorium@fiek.elte.hu

Laborvezető: Dr. Csire Márta +36 30 3419056

MIT TUDNAK NYÚJTANI:
A laboratórium ELISA, Western-blot és Line Immunoassay módszerekkel a szérumban található IgG és IgM ellenanyagok detektálásával képes a védőoltással megelőzhető fertőzések (pl.: Hepatitis B vírus, Kullancsencephalitis vírus, Rubeola vírus, Varicella-zoster vírus), és egyéb kórokozók (pl.: Herpes simplex vírus 1 és 2, Cytomegalovírus, Parvovírus B-19, Toxoplasma gondii, Borrelia burgdorferi) elleni védetség vagy fogékonyság, illetve közelmúltbeli fertőzöttség kimutatására. A laboratóriumban immunkromatográfián alapuló gyors tesztekkel pl.: Helicobacter pylori antigén, Hepatitis B vírus felületi antigén, Hepatitis C vírus, HIV, Syphilis tájékoztató jellegű vizsgálatára is van lehetőség.

Étel- és inhalatív allergiavizsgálatok mellett az ételintolerancia meghatározására is mód van, amely során a tüneteket okozó allergén azonosítása a legfőbb cél. A laboratórium a légútváladék-minták feldolgozása, elsősorban a SARS-CoV-2, Influenza A és B nukleinsav direkt kimutatása mellett a különböző klinikai mintából pl.: vérsavó, vizelet, magzatvíz, genitális váladékok, ondó, prosztata váladék, húgycsőkaparék képes a kórokozók nukleinsavának (pl.: Herpes simplex vírus 1 és 2, Trichomonas vaginalis, Neisseria gonorrhoeae, Chlamydia trachomatis, magas rizikójú HPV-törzsek) kimutatására egyedi vagy multiplex real-time PCR-módszerek alkalmazásával.

Know-how, diagnosztika, szolgáltatások az ELTE kutatási ökoszisztémájában

- 1 szolgáltatást végző molekuláris biomarker-laboratórium
- 2 új molekuláris biomarkerek kifejlesztése
- 3 a kutatócsoportok biotechnológiai tudására és készülékeire épülő K+F+I szolgáltatások

Molekuláris csapdákkal a COVID ellen

Biotechnológiai kutatások az ELTE Természettudományi Karán: gyógyszerfejlesztés ipari résztvevőkkel

Bár az ELTE Természettudományi Kar kutatói számos korábbi projekt során is együttműködtek az ipari szereplőkkel, az elmúlt években azon is dolgoztak, hogy szorosabb, újfajta innovatív szemléletű együttműködéseket indítsanak akadémiai partnereikkel és az ipar képviselőivel. Világossá vált, hogy szintet kell lépni a kooperációban: már az első lépésektől az ipari szakértőkkel közösen kell kialakítani a munka feltételeit és folyamatait, annak érdekében, hogy a gyógyszeripari minőségbiztosítást szorosan szem előtt tartva a kiindulástól kezdve az eltökélt piacra vitelhez szükséges gyógyszer forgalomba hozatali feltételek figyelembevétele jellemezze az akadémiai szektor ezirányú (gyógyszerfejlesztési) munkáját.

KÉSZÜL A COVID-GYÓGYSZER: MIT FEJLESZTENEK ÉS MIÉRT?

A koronavírus ellen páratlan gyorsasággal kifejlesztett, rendkívül hatékonynak bizonyuló védőoltások igazi sikertörténetei a 21. század biológiai tudásának és a biotechnológia fejlődésének. Mindig akadnak azonban olyanok, akiknek a szervezetben az oltás hatására sem alakul ki a megfelelő ellenállóképesség, míg sokan valamilyen immunhiányos betegség miatt maradnak védtelenek. Számukra jelent áttörést a vírus semlegesítésére alkalmas új, fehérje típusú gyógyszer, amelyet egy egyetemektől és ipari szereplőktől álló magyar konzorcium fejleszt a Nemzeti

Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 300 millió forintos támogatásával.

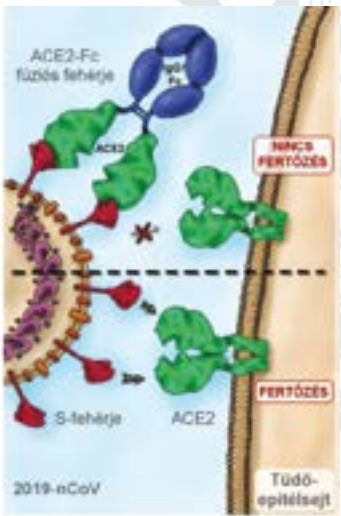
RÉSZTVEVŐK

2019-ben az NKFIH támogatásával indult el az ELTE TTK gyógyszerkutatáshoz kapcsolódó biotechnológiai kutatás-fejlesztési projektje, a COVID-19 megelőzésére és terápiájára alkalmas hACE2-Fc fúziós fehérje kifejlesztésére. Egy hazai konzorcium széles egyetemi-ipari összefogásban – **Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Virologia Nemzeti Laboratórium, Richter Gedeon Nyrt., ImmunoGenes Kft.** – dolgozik a koronavírus semlegesítésére alkalmas fehérje típusú gyógyszer, úgynevezett biologikum kifejlesztésén.

MOLEKULA ÉS HATÁSMECHANIZMUSA

A hACE2-Fc fúziós fehérje hatóanyaga egy két részből álló fúziós fehérje, melynek egyik eleme a vírust az emberi sejtekbe vezető ACE2 receptor szintetikus mása, így képes molekuláris csapdaként működni. Ha ez a hatóanyag nagy mennyiségben jelen van a szervezetben, akkor a vírus „tűskéi” a sejtek hasonló receptorai helyett a fúziós fehérjét találják meg, ezáltal semlegesítődve és megakadályozva a megbetegedést.

„Elsőként a natív hatóanyagot állítottuk elő, és analitikai vizsgálatokkal igazoltuk, hogy nagyon



Az ACE2-Fc fúziós fehérje hatásmechanizmusa a SARS-CoV2 koronavírus által kiváltott COVID19 megelőzése és kezelése kapcsán (Marx Anita ábrája, ELTE TTK Immunológiai Tanszék)

erősen kapcsolódik a koronavírus tüskefehérjéhez. A hatóanyagról bebizonyosodott, hogy sejt kultúrában jól gátolja a koronavírus fertőzőképességét, a kísérleti állatok megbetegedését is kivédte” – mondta el Dr. Kacs Kovics Imre, az ELTE Természettudományi Kar dékánja.

„Olyan új és szabadalmaztatható hatóanyag-variánsokat fejlesztettünk, amelyek képesek a vírust semlegesíteni. A következő időszakban további sejtes

PHARMALAB

Nemzeti Gyógyszerkutatási és Fejlesztési Laboratórium

Részen az itt elért eredmények okán is részt vesz az ELTE Természettudományi Kara a 2022-ben indult Nemzeti Gyógyszerkutatási és Fejlesztési Laboratórium (PharmaLab) munkájában. A PharmaLab tevékenységének célja, hogy Magyarországon létrehozzon az egyetemek, az ELKH-hoz tartozó kutatóintézetek, európai kutatási szervezetek, illetve kis-, közép- és nagyvállalatok együttműködésében egy olyan kritikus tömeget, amely egyedülálló módon alkalmas versenyképes technológiák, terápiás és diagnosztikai eljárások fejlesztésére. A laboratórium kis-, közép-, és nagyvállalati partnereivel együttműködve a korai kutatási projekteken túl a preklinikai és generikus fejlesztéssel összefüggő kémiai, biológiai, biotechnológiai, farmakológiai és gyógyszer technológiai tevékenységek ellátását is célul tűzi ki. A laboratórium integrálja a diagnosztika, az orvosi biotechnológia, a bionika, valamint a gyógyszerkészítmények fejlesztése területén működő laboratóriumok, központok, intézetek, egyetemek és vállalkozások kutatási potenciálját. Az ELTE TTK vezeti a Biotechnológia pillért, valamint négy kutatócsoportja a biotechnológia és a gyógyszerfejlesztési technológia kutatási területekhez kapcsolódóan végzi feladatait.

és állatmodelles kísérletekre kerül sor, siker esetén kezdhetők meg a klinikai vizsgálatok. Ennek érdekében már megkezdődött az egyeztetés az Európai Gyógyszerügynökséggel” – tette hozzá a projekt vezetője.

VÁRHATÓ EREDMÉNYEK

A projekt támogatási időszaka alatt az egyes pillérekben új tudományos eredmények, új módszerek és eljárások, valamint új technológiák jönnek létre. A Nemzeti Laboratórium kifejezett célja, hogy ezeket az eredményeket a kapcsolódó hazai és nemzetközi partnereken és vállalkozásokon keresztül licensz, know-how, illetve technológiatranszfer formájában hasznosítsa. A transzlációs és hasznosítási tevékenység elősegítése érdekében kis-, közép- és nagyvállalati partnereik számára lehetőséget biztosítanak megrendelésen alapuló megbízások tevékenységek kezdeményezésére.

A Nemzeti Laboratórium a tematikailag kapcsolódó science parkok, valamint

tudáshasznosító szervezetek segítségével *spin-off* vállalkozásokat kíván indítani, valamint a fejlesztésekben együttműködő partnerekkel a fenntartási időszakra vonatkozóan beszállítói keretmegállapodásokat kíván kötni.

A Nemzeti Laboratórium létrehozásában és működtetésében részt vevő konzorciumi partnerek – a projekt során keletkezett eredmények fejlesztésbe vitele céljából – a hasznosításban érdekelt vállalkozások részvételével közös pályázatokat terveznek benyújtani. A hasznosításból származó bevételek, illetve a közös pályázatokból származó bevételek reményeik szerint kellő alapot adnak a Nemzeti Laboratórium tevékenységének fenntarthatóságához.

1.

A **Biotechnológia** pillér lefedi a diagnosztikum és biologikum-előállítás teljes folyamatát a pandémiás fertőzések, valamint a tumoros és autoimmun betegségek diagnosztikája és terápiája területén. A DNS/RNS-alapú, illetve a fehérje(antitest-)alapú diagnosztikai, valamint a terápiás antitestek kifejlesztésével és félüzemi szintű technológia optimalizációjával egyben hozzájárul az ilyen területen tevékenykedő magyar vállalatok fejlesztéséhez, világszínvonalhoz történő felzárkózásához. A Biotechnológia pillérben tervezett tevékenységek az ELTE és a BME infrastrukturális hátterén kerülnek megvalósításra. Kutatócsoportok: Az ELTE TTK Immunológiai Tanszéke részéről Dr. Kacs Kovics Imre és Dr. Józsi Mihály kutatócsoportja, az ELTE TTK Biokémiai Tanszéke részéről Dr. Pál Gábor kutatócsoportja vesz részt a kutatásokban.

2.

A **Gyógyszerfejlesztési technológia** pillér innovatív módszereket dolgoz ki gyógyszerhatóanyagok preklinikai fejlesztéséhez és gyártásához, melynek célja a hazai gyógyszeripar versenyképességét fokozó ipari léptékű eljárások és a hatóanyagok célba juttatását és alkalmazásuk hatékonyságát javító készítménytechnológiai megoldások fejlesztése.

3.

A **Gyógyszer technológiai** pillérben az ELTE mint együttműködő fél mellett a BME és az ELKH TTK kutatócsoportjai vesznek részt, az ELTE részéről a Dr. Perczel András vezette kutatócsoport kapcsolódik be a fejlesztésekbe.

Centrumban az ipari együttműködés

Központi Kutató és Ipari Kapcsolatok Centrum

Core Facility szolgáltatások az ELTE Természettudományi Karán: KKIC

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán nemzetközi színvonalú anyag- és élettudományi kutatások folynak, melyekhez kiváló minőségű műszerek állnak rendelkezésre. Fontos cél, hogy ezek az eszközök és a hozzájuk kapcsolódó K+F szolgáltatások, a kutatólaboratóriumok kísérleti fejlesztései és mérési technikái az ipari és egyéb külső Partnerek számára is hozzáférhetővé váljanak.



„Az innovációs
tevékenység
közelebb hozza
a tudományt
és az eredményeit
az emberekhez.”

KÜLDETÉS

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Központi Kutató és Ipari Kapcsolatok Centrum (KKIC) azért jött létre, hogy elősegítse szakmai, azon belül egyedi laboratóriumi szolgáltatások nyújtását piaci szereplők részére. Az ELTE Természettudományi Karán rendelkezésre áll a speciális laboratóriumi infrastruktúra, amelyhez magas színvonalú elméleti háttér társul. A KKIC szolgáltatásai így nem csak mérések és vizsgálatok elvégzésére terjednek ki, de az adatok feldolgozása és az eredmények értelmezése is a legmagasabb szakmai színvonalon valósulhat meg. A Centrum honlapja a <https://kkic.elte.hu/> címen érhető el.

CÉL

Az ELTE Természettudományi Kara 2021–2026 időszakra kidolgozott és elfogadott stratégiája szerint az oktatás és a kutatás mellett a reformok harmadik nagy csapásvonalának tekinti az innovációt. „Jól látható, hogy a világ egyetemei nagyon büszkék arra, ha új ötleteik, megoldásaik a társadalom számára közvetlenül is hasznosulnak. Az innovációs tevékenység közelebb hozza a tudományt és az eredményeit az emberekhez” – mondta el Dr. Kacs Kovács Imre dékán, aki ezért kezdeményezte 2021-ben a KKIC megalapítását. A KKIC célja az egyetemi–ipari együttműködés megerősítése, a kutatás-fejlesztés támogatása, a Karon felhalmozott tudás és a nagy értékű műszerek bevonása a technológiai-ipari környezetbe. Mindezekhez olyan feltételeket

biztosítanak, amelyek segítik a nemzetközi szinten, illetve az intézményközi hálózatokban történő eredményes pályázást is. A kezdeményezés meghatározó eleme a „központi eszközpark” („core facilities”), amelyet központi szolgáltatásként is szokás itthon emlegetni.

ESZKÖZPARK, MŰSZEREK, SZOLGÁLTATÁSOK

Az ipari és más külső Partnerek részére a kutatólaboratóriumok számos kísérleti módszert és mérési technikát felölő szolgáltatásokat tudnak nyújtani. Kompetenciáik közé tartozik egyebek mellett a modern analitikai és anyagvizsgálati módszerek alkalmazása és fejlesztése (elektronmikroszkópos vizsgálatok, Raman-spektroszkópia, elektrokémiai és elektroanalitikai vizsgálatok, akkumulátorok tesztelése, lézerdiffrakciós módszerek, röntgendiffrakciós és röntgenfluoreszcenciás módszerek, mágneses magrezonancia spektroszkópia, elektrokémiai-mechanikai és nanomechanikai karakterizáció, tömegspektroszkópiás módszerek, nukleáris kémiai módszerek, kormeghatározás archaemetria és DNS-analízis).

MŰSZERES KAPACITÁSOK, MÉRÉSI ÉS ANALITIKAI SZOLGÁLTATÁSOK A KKIC-BEN:

- elektronmikroszkópos vizsgálatok
- Raman-spektroszkópia
- elektrokémiai és elektroanalitikai vizsgálatok
- akkumulátorok tesztelése
- lézerdiffrakciós módszerek
- röntgendiffrakciós és röntgenfluoreszcenciás módszerek
- mágneses magrezonancia spektroszkópia
- elektrokémiai-mechanikai és nanomechanikai karakterizáció
- tömegspektroszkópiás módszerek
- nukleáris kémiai módszerek
- kormeghatározás archaemetria
- DNS-analízis



KUTATÁSI KLASZTER

A Centrumhoz eddig tizenkét kari laboratórium és néhány kiszolgáló egység csatlakozott. A Centrum célja, hogy a Kar által kínált szolgáltatásokat integrálja hazai és nemzetközi laboratóriumokat tömörítő szolgáltatási hálózatokba, klaszterekbe, kiválósági csoportokba. Laboratóriumaink különböző szolgáltatásokat tudnak biztosítani az ipari szereplők számára – a Centrum honlapján az összes laboratóriumot, az elérhető műszereket és az azokat működtető személyeket is megtalálják az érdeklődők.

Dr. Láng Győző egyetemi tanár, centrumvezető szerint „korábban is voltak a Karnak ipari kapcsolatai, de azok döntően személyes ismeretségen alapultak. Most az összes lehetőséget összegyűjtöttük, szabályoztuk a munkamenetet, így tálcán kínáljuk az érdeklődőknek azokat az eszközöket, amelyek érdekesek lehetnek a hazai és a külföldi ipari szereplők számára.”

HOGYAN MŰKÖDIK A CENTRUM?

A fentieket összegezve tehát a Centrum az alábbi alapvető feladatokat látja el: *ipari kapcsolatok és szolgáltatási mechanizmusok támogatása egykapus rendszerben* („egykapus szolgáltatási mechanizmus”), illetve a „core facilities” eszközpark ipari megbízásokhoz és együttműködésekhez kapcsolódó működtetése és fejlesztése. Az „egykapus szolgáltatási mechanizmus” és a technológia- és tudástranszfert támogató jogi, innovációs és pénzügyi szolgáltatások kialakítása és szervezése Molnár Judit centrummenedzser tevékenységi körébe tartozik. A kutatási feladatokat, méréseket a laboratóriumok meghatározott díj ellenében végzik. A díj nagysága egyebek mellett például attól függ, hogy a méréseket a cég munkatársai végzik vagy operátori szolgáltatásokat is igénybe kívánnak venni.

HOZZÁADOTT ÉRTÉK: PRAXIS ÉS PROFESSZIONALIZMUS

Az Egyetemen végrehajtott mérések hatalmas előnye az egyszerű „bérmérésekkel” szemben, hogy az eredmények interpretációjához a megrendelő számíthat az ország legkiválóbb szakértőinek segítségére. A Természettudományi Karon történő kutatások másik lényeges hozadéka lehet, hogy az alapkutatásokkal foglalkozó tudományegyetemi kutatók a rendszerek működésének természettudományos alapjaival is általában tisztában vannak. Mindez olyan új összefüggések felismeréséhez vezethet, amelyek az eredmények sematikus interpretációja során nem tűnnek fel. A kezdeményezés lényeges eleme, hogy az *ELTE hallgatói megismerjék az ipari környezetet*. Ez azt is jelenti, hogy a Centrum elősegíti és támogatja, hogy a hallgatók éljenek ezzel a lehetőséggel.

A KKIC létrehozásával a Kar jelenlegi vezetése közös érdeknek tekintti a plusz bevételt hozó források megtalálását és bevonását az intézmény finanszírozásába.

IPARI FELHASZNÁLÁS

A hazai piacon jelentős a konkurencia, más egyetemek és kutatóintézetek is vállalnak ipari megbízásokat. Az ELTE TTK fizikusai, földtudományi szakemberei, vegyészei és biológusai azonban olyan szolgáltatásokat kínálnak, amelyeket ők képesek az országban a legmagasabb szinten nyújtani. Például klasszikus értelemben vett elektrokémiai és elektroanalitikai laboratórium jelenleg kizárólag az ELTE TTK-n működik, melynek szolgáltatásai iránt – főképp az *akkumulátorgyártás és a hidrogéntechnológia* egyre szélesebb körű terjedése miatt – igen nagy érdeklődés mutatkozik, de az infrastrukturális háttér fejlesztésével további területeket is meg lehet célozni.

„Egy több ezer hazai és külföldi laboratóriummal kapcsolatot tartó céggel kötött megállapodásnak köszönhetően az egész világon ismertté válnak a Kar által kínált szolgáltatások és mérési lehetőségek” – említ egy újabb fejleményt a centrum vezetője, aki a sikeres kari innovációk között sorolta a drónokkal és robotokkal kapcsolatos kutatási eredményeket (ld. 21–23. oldal), valamint az ígéretes gyógyszerfejlesztéseket is.

Egy cég korábban felvetette, hogy víztisztításra elektrokémiai módszerrel előállított ferrátokat lehetne alkalmazni. A problémára ipari partnerekkel közös kutatások eredményeképpen, pályázati források bevonásával, sikerült megoldást találni. A kidolgozott technológia alkalmazásával a korábbi gyártási módszerekkel kapott anyagoknál lényegesen nagyobb tisztaságú, és a kidolgozott különleges csomagolási módszernek köszönhetően a korábbiaknál sokkal tovább eltartható alkáli-ferrát-készítményeket sikerült előállítani. A ferrátos

vízkezelési eljárás előnye, hogy a szennyezővegyületek és a mikrobák elpusztítása mellett a ferrátionok redukciója során keletkező vas(III)-tartalmú anyagok a nehézfémeket is megkötik (ld. 26. oldal). A módszer kombinációja más technikákkal ígéretes lehetőségeket kínál a projekt folytatásához, hiszen a *víztisztítás az egyik legfontosabb környezetvédelmi kihívás*.

A fentiek mellett több más példa is bizonyítja, hogy az *ELTE Természettudományi Karán elért kutatási eredményekből* a piacon eladható termék lesz, ami bevételeket hozhat a kutatóknak és az Egyetemnek egyaránt.



Dr. Láng Győző egyetemi tanár, centrumvezető

„Korábban is voltak a Karnak ipari kapcsolatai, de azok döntően személyes ismeretségen alapultak. Most az összes lehetőséget összegyűjtöttük, szabályoztuk a munkamenetet, így tálcán kínáljuk az érdeklődőknek azokat az eszközöket, amelyek érdekesek lehetnek a hazai és a külföldi ipari szereplők számára.”

ROBOTIKA#AI#KOMPLEX RENDSZEREK#BIOLÓGIAI FIZIKA
#STATISZTIKUS FIZIKA#INFORMATIKA#IT
#SZÁMÍTÓGÉPTUDOMÁNY#HÁLÓZATTUDOMÁNY

Magyar égre magyar drónrajt!



A 2018-ban a Science Robotics címlapján megjelent fotó 30 autonóm drón felszállásáról, hosszú expozíciók képen (cikk: <https://hal.elte.hu/drones/scirob2018.html>, fotó: Bézsényi Zsolt)

ELTE Biológiai Fizika Tanszék Robotikai Labor

Az ELTE Biológiai Fizika Tanszék Robotikai Laborjának munkatársai több mint egy évtizede foglalkoznak önvezető drónrajok kutatásával és fejlesztésével. A világon egyedülálló csoportos drón intelligenciát a természet inspirálta. A csoportos viselkedés elméletét a legfejlettebb technológiai vívmányokkal párosítva a kutatók olyan drónrendszert hoztak létre, amely a természetben fellelhető csoportos képességeket is meghaladhatja, és társadalmi haszna is van. A kutatási eredmények piaci hasznosítását a tanszék – az ELTE 2021-es Innovációs Díját is elnyerő – kutatói által alapított CollMot Robotikai Kft. végzi drónrajokra épülő termékek és szolgáltatások nemzetközi értékesítésével, a szórakoztatóipartól kezdve az ipari mérés technikán keresztül a precíziós mezőgazdaságig.

Drónshow a 2022-es Paloznaki Jazzpikniken (fotó: Mohai Balázs)

COLLMOT PROJEKT: A TERMÉSZETTŐL A TECHNOLOGIÁIG

Az ELTE Biológiai Fizika Tanszék ad otthont hosszú évtizedek óta az egyetlen magyar Onsager-díjas fizikus, Vicsek Tamás professor emeritus sokrétű kutatásainak, amiből jelentős szeletet foglal el a csoportos viselkedés kutatása. Vicsek Tamás 2009-ben nyerte el az EU ERC COLLMOT elnevezésű nagyszabású európai kutatási pályázatot, melynek keretében a csoportos mozgás mintáza-tait és törvényszerűségeit feltáró kutató-csoportot alapított. Az öt éves pályázat fő célkitűzése a biológia, a statisztikus fizika, a számítógéptudomány és a fejlett technológiák összekapcsolása volt annak érdekében, hogy első lépésben minél többet megtudjanak a csoportosan mozgó és csoportosan döntést hozó élőlények szociális életéről, kollektív dinamikájáról, hálózatairól, szerveződési struktúrájáról és irányítási-vezetési technikáiról; majd a felhalmozott új ismereteket beépítsék mesterségesen létrehozott intelligens robotokból álló rajok vezérlésébe (projekt honlap: <https://hal.elte.hu/flocking/>).



MIT TANULHATNAK A DRÓNOK A GALAMBOKTÓL ÉS AZ ÉLŐ SEJTEKTŐL?
Az interdiszciplináris kutatás számos izgalmas szálon zajlott a sejtek, galambok, patkányok, lovak, kutyák és emberek csoportos mozgásának és csoportos döntéshozatalának automatizált és technológiavezérelt vizsgálatától kezdve a hálózatok hierarchikusságának feltérképezésén át a mesterséges robotrajok – kishajók, majd később drónok – fejlesztéséig. Ez utóbbi tevékenység lett a Robotikai Labor fókusza, ahol a világ első, valamint azóta is mindig önmagát meghaladóan a világ legnagyobb létszámú autonóm drónrajai készülnek: kezdetben (2014-ben) 10 autonóm egyed bevonásával, majd 2018-ban a számot 30-ra, két évvel később pedig 50-re növelve, 2022-ben pedig (publikálás alatt lévő fázisban) 100 egyedszámú drónraj fejlesztésével – valamint az egyes lépcsőfokok között minőségi ugrásokkal a csoportos dinamika és vezérléstechnika feltárásának végtelenül izgalmas és határtalan mezején.

EREDMÉNYEK: AUTONÓM RENDSZEREK KOMPLEX DINAMIKÁJA
A drónrajos alapkutatás fő irányvonalai között szerepel a madárrajok mintájára szinkronizált csoportosan repülő drónraj létrehozása, a teljesen autonóm légi közlekedést kivitelező sűrű drónforgalom megvalósítása, a ragadozó–préda rendszerek mintájára létrehozott csoportos keresési és üldözési–menekülési algoritmusok fejlesztése, illetve hosszú távon a drónrajos alapkutatási eredmények alkalmazott kutatási szálainak vizsgálata. A drónos kutatás fő eredményeiről a <https://hal.elte.hu/drones> weboldal ad átfogó tájékoztatást. A kutatás további különlegessége, hogy a megszerzett tudás általános érvényű, azaz felhasználható számos más tudományterületen és minden olyan társadalmi jelenség elemzésében, ahol sok egyed együttműködéséből fakadóan komplex dinamika jellemzi a rendszert.



A Robotikai Labor első világhírű eredményeiből származó találmány feltalálói 2014-ben (Balról jobbra: Somorjai Gergő, Tarcai Norbert, dr. Nepusz Tamás, Prof. Vicsek Tamás, Virágh Csaba, dr. Vásárhelyi Gábor. Nincs a képen, de a találmány feltalálói közt szerepel dr. Balázs Boldizsár, aki később csatlakozott a csapathoz. Fotó: Korbely Attila)

KILÉPÉS A VÁLLALATI SZFÉRÁBA, ÜZLETI HASZNOSULÁS
A Robotikai Labor munkatársai 2015-ben az első világsikert hozó kutatási eredményeken felbuzdulva *spin-off* céget is létrehoztak. A CollMot Robotikai Kutató-fejlesztő Kft. azóta sikeres hazai vállalkozásként piaci alapon működik, nemzetközi értékesítéssel (<https://collmot.com>). Az ELTE-vel jó viszonyt ápolnak. A szellemi tulajdon-viszonyokat találmány-hasznosítási szerződés keretében rendezték, több szálon folytatnak közös kutatást, utánpótlás-nevelést, és az ELTE inkubációs tevékenységéért cserébe innovatív céges eszköztárral támogatják a további kapcsolódó alapkutatási szálakat.

EGY LÁTVÁNYOS ALKALMAZÁS: DRÓNSHOW
A drónrajok első és máig leglátványosabb felhasználási területét a tűzijátékot részben leváltó, nagyszabású kültéri látványosságnak számító *drónshow*-k adják. Ilyen látványosságot a CollMot Kft. is tervez és bonyolít alapítása óta, pionírként, sőt, mára a *drónshow*-k kiszolgálását végző, nyílt forráskódú szoftver keretrendszert is fejleszt és értékesít nemzetközi piacon (<https://skybrush.io>). Emellett a világ szép lassan egyéb alkalmazási területeken is elkezdett nyitni a több drónnal végezhető megoldások irányába. A CollMot-csapat célja, hogy a drónrajt igénylő kihívásokban mindig magas színvonalú, innovatív szolgáltatásokkal és termékekkel lássák el partnereinket.

KITÜNTETETTEK
Az évtizedes drónrajos kutatás üzleti hasznosításában elért sikereiért nyerte el a csapat a 2021-es ELTE Innovatív Kutatója Díjat. Mindazonáltal remélik, hogy az elmúlt évtized csak a kezdet, és ahogy a technológia és a drónok elfogadottsága, társadalmi beágyazottsága fejlődik, úgy drónrajos tudásuk számos új területen hasznosulhat majd.



Vásárhelyi Gábor, PhD
ELTE Biológiai Fizika Tanszék, tudományos munkatárs
CollMot Kft, ügyvezető

Diagnosztika, terápia és megelőzés

Átfogó intézményi Kiválósági Program az ELTE-n

Gyógyszerkutatás, digitálisviselkedés-diagnosztika, mikrobiológiai talaj- és vízvizsgálatok, kémiai szolgáltató laboratórium... minden egy helyen. Átfogó, interdiszciplináris kutatási együttműködés zajlott az elmúlt négy évben a Biológiai Intézet vezetésével. A Diagnosztika és Terápia Kiválósági Program karokon és intézeteken – a BGyK, az IK, a PPK és a TTK intézetein – átívelő kollaborációinak eredményeiből szemlélünk.



FÓKUSZBAN AZ EMBER ÉS KÖRNYEZETE

2018-ban az ELTE Miklósi Ádámot, a Biológiai Intézet igazgatóját, bízta meg a Diagnosztika és Terápia Kiválósági Program vezetésével. Az NKFIH támogatásával indult Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program célja az emberi betegségek megelőzéséhez, felismeréséhez és kezeléséhez szükséges kutatói bázis kiépítése és összekapcsolása volt az ipari felhasználókkal. A program a modern kémiai, biológiai, információtechnológiai, valamint orvopszichológiai megközelítések alkalmazásával a személyre és környezetre szabott módszerek és eljárások kidolgozására fókuszált. Ennek megfelelően több mint harminc kutatási téma fejlesztése zajlott, melyekből ötvennél több Q1-es publikáció született, és az évek során a foglalkoztatott kutatók és hallgatók száma is folyamatosan nőtt.



„Nagyon izgalmas,
hogy tudunk az ipar számára
értékes szolgáltatásokat
nyújtani...”

„Nagyon sokféle területen sikerült jelentős előrelépést tennünk. Többek között megalapoztunk és nemzetközivé tettünk egy molekuláris gomba-diagnosztikailaboratóriumot, olyan viselkedésdiagnosztikai eszközöket fejlesztettünk, amik a viselkedést biomarkerként kutatási adattá emelik, kutatásokat indítottunk az addikció okainak feltárására, gyógyszermolekula csomagolóanyagokat fejlesztettünk, hogy a hatóanyagok még biztonságosabban és még hatékonyabban érjenek célba, valamint az öregedéskutatásban is élen járunk, mind gyógyszerfejlesztésben, mind a molekuláris folyamatok megismerésében, hogy az egészséges öregedés lehetőségét megnöveljük” – kezdte a téma-terület munkájának összefoglalását Miklósi Ádám akadémikus.

CÉL

A program célja volt, hogy összekapcsolja az egyetemen zajló alap- és alkalmazott kutatásokat ipari partnerekkel, és a magyar kutatókat minél jobban integrálja a nemzetközi tudományos közösségbe. Az egyetem meglévő kapcsolatai erősek, de ahhoz, hogy minél több, minél innovatívabb fejlesztés folyhasson a falak között, fontos a megfelelő forrásokat, technológiákat bevonni. Ezen az úton indult el a Diagnosztika és Terápia Kiválósági Program, ami számos ipari partnerrel közös kutatást kezdett meg és terjesztett ki nemzetközi területre, valamint számos szolgáltatását tette elérhetővé más szervezetek számára.

EREDMÉNYEK – KONKRÉT PÉLDÁKKAL

Elkezdődtek azok a vizsgálatok, melyek hazai vizeink mikrobiológiai összetételét vizsgálják a legkülönbözőbb kórokozók leírásával és meghatározásával, egyfajta előrejelzést és kockázatelemzést nyújtva. Az ELTE kutatói olyan rendszereket fejlesztettek, amikkel állatok viselkedését lehet automatizáltan tesztelni és amikkel különböző gyógyszerhatóanyagok első lépésű preklinikai vizsgálatát is meg lehet kezdeni olyan *in vitro* vagy *in vivo* rendszerekben, amik a Diagnosztika és Terápia program keretében rendelkezésre állnak.

A programba bevont szakemberek olyan automatizált viselkedéselemző rendszert fejlesztenek, ami az autizmussal élő gyerekek diagnosztizálását objektíven végzi, hogy állapotukat még az



Miklósi Ádám
akadémikus

iskolakezdés előtt fel lehessen mérni, ezáltal a kezdetektől megfelelő oktatásban részesülhetnek (ld. 41–42. oldal). Végeznek humán–gép interakciókkal kapcsolatos kutatásokat is, amik hosszú távon terápiás megoldásokhoz vezethetnek. A kutatók másik csoportja nemzetközi együttműködésben olyan, új mágneses magrezonancia-méréseken alapuló (NMR: *Nuclear Magnetic Resonance*) spektroszkópiai módszert fejlesztett ki, amivel pontosabban, könnyebben és gyorsabban lehet egy rendezetlen fehérje működését feltérképezni. A módszertani áttörés lehetővé teszi, hogy eddig feltáratlan vagy nehezen tanulmányozható biokémiai folyamatokat jellemezni lehessen. A születendő eredmények nagymértékben hozzájárulnak egyes betegségek kialakulásának megértéséhez.

„Nagyon izgalmas, hogy tudunk az ipar számára értékes szolgáltatásokat nyújtani, amire igény is mutatkozik. Az egyik ilyen példa a rekombináns fehérjék előállítására, vagyis megrendelésre a fehérjekönyvtárunkból kiválasztva állítjuk elő a kért vegyületet. Az előállítás után szerkezetet is vizsgálunk, ami információt nyújthat az adott molekula működéséről. Egy másik ipari együttműködés eredménye egy olyan új készülék és mérési módszer kialakítása, ami nagy mennyiségben, nagy áteresztőképességgel képes gyógyszerhatóanyagokat sejtvonalakon tesztelni, vagyis jelentősen lerövidítheti a kutatásokat” – összegzett Miklósi Ádám.

A program keretében megszerzett tudás és kialakított együttműködések növelik az ELTE kutatóinak esélyét, hogy sikerrel vegyenek részt a jövőben hazai és nemzetközi pályázatokon.

Alkáli-ferrátok elektrokémiai előállítása vízkezeléshez

Bár több hazai felsőoktatási intézményben is folynak sikeres, elektrokémiával kapcsolatos kutatások, az ELTE Kémiai Intézetében működik az utolsó olyan önálló intézeti kutatólaboratórium, amelynek nevében az „elektrokémia” előtag az alapvető tevékenységre utal és az itt folyó kutatómunka az elektrokémia számos területét felöleli. A laboratórium tevékenységi körébe tartozó témák sorában megtalálhatók az anyagtudománnyal kapcsolatos kutatások is. Az ipari kapcsolatoknak és a pályázati tevékenységnek köszönhetően a laboratóriumi munka infrastrukturális háttere magyar viszonyok között megfelelőnek mondható.

A PROBLÉMA: BIOLÓGIAI VÍZTISZTÍTÁS LEBOMLÓ ANYAGOKKAL

A biológiai szennyvízkezelés során a víz-tisztító rendszeren lényegi lebontás nélkül áthaladó vegyületeket tartalmazó vizek ártalmatlanítása hazánkban és nemzetközi viszonylatban is egyre nagyobb kihívást jelent. Az oxidációs elven alapuló vízkezelési módszerek – a jelenleg alkalmazott eljárások mellett – hatékony alternatívát nyújtanak a speciális, biológiailag nem vagy nehezen lebontható szerves anyagokkal terhelt ipari szennyvizek tisztítására. Az ELTE egy ipari partnere felvetette, hogy víztisztításra elektrokémiai módszerrel előállított ferrátsókat szeretne alkalmazni. A ferrátok formálisan a szabad állapotban nem ismert, vas (VI)-ot tartalmazó vassav sóinak tekinthetők, nagyon reaktívak, levegővel vagy vízzel érintkezve bomlanak. Ennek az az oka,

hogy igen erős oxidálószer, a vizet is oxidálják, miközben vas(III)-má redukálódnak. Savas vagy semleges oldatokban gyorsan, erősen lúgos oldatokban aránylag lassan bomlanak. Az alkáli-ferrátok kémiai előállítása nagyszámú feldolgozási lépésen keresztül történik és jelentős szintetikus munkát követel.

A MEGOLDÁS: FERRÁTSÓK ELEKTROKÉMIAI ELŐÁLLÍTÁSA

Az elektrokémiai előállítás szerteágazó problémáira pályázati források bevonásával, ipari partnerekkel közösen végzett kutatások során sikerült megoldást találni. Az ELTE Kémiai Intézet kutatói által végzett kutatómunka legfontosabb eredménye egy olyan elektrokémiai előállítási módszer kidolgozása, amellyel a vízkezelési kísérletekhez nagy mennyiségben tudnak ferrátsókat (nátrium- illetve kálium-ferrátot) biztosítani, akár úgy is, hogy azok a helyszínen készülnek.

A kidolgozott technológia továbbfejlesztésével a korábbi gyártási módszerekkel kapott anyagoknál lényegesen nagyobb tisztaságú, és a kidolgozott különleges csomagolási módszernek köszönhetően a korábbiaknál sokkal tovább eltartható alkáli-ferrát-készítményeket sikerült előállítani. Amellett, hogy a ferrátos vízkezelési eljárás során keletkező vas (III)-tartalmú anyagok környezetbarátnak számítanak, egy további előnyös tulajdonságukra is fény derült, nevezetesen arra, hogy a szennyező vegyületek és a mikrobák elpusztítása mellett a nehézfém-ionokat is megkötik.

IPARI FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK

A téma fontosságát egy már megkapott szabadalom és több folyamatban levő oltalmi igény jelzi. A módszer kombinációja más technikákkal ígéretes lehetőségeket kínál a projekt folytatásához, hiszen a víztisztítás máig az egyik legfontosabb környezetvédelmi kihívás.

Láng Győző G., Varga József, Záray Gyula, Varga Imre Péter: *Berendezés és eljárás nátrium- és kálium-ferrát oldatok elektrokémiai módszerrel történő előállítására (Equipment and procedure for the preparation of sodium and potassium ferrate solutions by electrochemical method)*, Magyar szabadalom (HU Patent) 231,043, *Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő*, 123(2), P10–P11 (2018), 125(2), P19 (2020).

É.C. Vizsolyi, K. Katona, G.G. Láng, J. Varga, G. Záray: Effect of cations and ferric-oxide/hydroxide precipitation on the removal of chlorobenzene compounds from model solutions applying ferrate treatment, *Desalination and Water Treatment*, 193, 352–358 (2020).

Z. Homonnay, E. Kuzmann, M. Kuti, G.G. Láng, J. Lendvai: Mössbauer study of long-term stability of alkali-poor solid potassium ferrate(VI) as a potential oxidation agent for industrial wastewater treatment, *Hyperfine Interactions*, 243, Paper 22 (2022).

É.C. Vizsolyi, P. Dobosy, G.G. Láng, I. Varga, J. Varga, G. Záray: Laboratory scale study for remediation of polluted groundwater by ferrate treatment, *Microchemical Journal*, 133, 231–236 (2017).

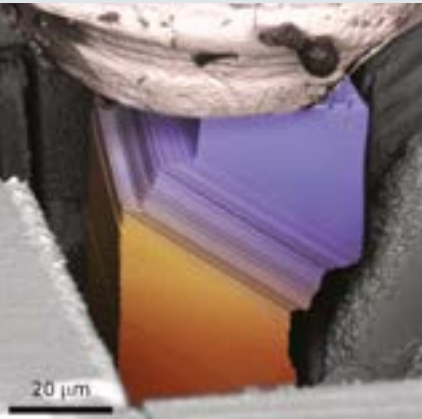


Konténeres víztisztítási eljárás. Forrás: <https://www.facebook.com/ttk.elte/photo/a.139664032864174/1867398960090664/>

Földrengés mikron méretű objektumokban

HOGYAN MODELLÁLHATÓK A VÉLETLENSZERŰ FESZÜLTÉGMINŐZAT OKOZTA MIKRODEFORMÁCIÓK?

Napjainkban a miniatürizáció korát éljük, mára számtalan olyan eszközt használunk amelyekben mikron méretű szerkezeti elemek vannak. Mintegy 15 éve derült ki, hogy az ilyen méretű kristályos anyagból készült objektumok maradandó deformációs tulajdonságai alapvetően különböznek a makroszkopikus anyagokétól. Míg az utóbbiaknál a feszültség-deformáció összefüggés általában egy sima görbe, addig a mikronos mintákban véletlen feszültségesekek jelennek meg, amelyek lavinaszerű belső folyamatok eredményei. Ennek az a következménye, hogy utóbbinál a hagyományos mérnöki tervezési megoldások nem használhatók, mert a rendszer válasza nem determinisztikus. Azt mondhatjuk, hogy ebben a mérettartományban teljesen más megközelítés szükséges a plasztikus deformációs folyamatok modellezésére, ami jelenleg szinte még teljesen kidolgozatlan.



MEGOLDÁS: MŰSZERES INNOVÁCIÓ

A jelenség kísérleti tanulmányozására az ELTE Anyagfizikai Tanszékének munkatársai egy olyan mikrodeformációs eszköz építettek, amely behelyezhető az ELTE-n működő pásztázó elektronmikroszkóp kamrájába, így a deformáció folyamata vizuálisan is követhető. A berendezés lehetővé teszi az elmozdulások nanométer pontosságú, míg az erő mN pontosságú mérését. Az eszköz világ-szinten is unikális tulajdonsága, hogy mérni tudja a deformáció során keletkező akusztikus jelet is.

ÁTTÖRŐ EREDMÉNYEK

A berendezéssel néhány mikron méretű cink egykristályokból kifaragott mikrooszlopok deformációs tulajdonságait vizsgálták). Az adatokból az látható, hogy a vizsgált mintákon lavinaszerű módon keskeny csúszási sávok alakulnak ki. Minden egyes véletlen lavinánál a feszültség hirtelen leesik, és közben egy sor akusztikus csúcs is megfigyelhető.

Az akusztikus csúcsok felbontása alapján megállapították, hogy a deformációs események ugyanúgy viselkednek, mint a földrengések: méretük eloszlását a szeizmológiában jól ismert egyetemes Gutenberg–Richter törvény írja le, és a miniatűr földrengéseket számos elő- és utórengés is övezi.

Fókuszált ionsugaras porlasztással előállított különböző méretű mikrooszlopok, ill. deformált mikrooszlopon megjelenő csúszási sávok

A KUTATÁS JELENTŐSÉGE:

A kutatócsoport eredményeinek gyakorlati jelentősége is nagy, hiszen a világon elsőként sikerült közvetlen kapcsolatot teremteniük a mért akusztikus jelek és az azokat kiváltó deformációs mechanizmus között, az akusztikus jeleket pedig számos ipari alkalmazásban használják anyaghibák keresésére, valamint a szerkezeti anyagok állapotának vizsgálatára. A kutatást az *ELTE Anyagtudományi Kiválósági Programja* támogatta, az eredmények a *Nature Communications* folyóiratban jelentek meg.

PUBLIKÁCIÓ:

Péter Dusán Ispánovity, Dávid Ugi, Gábor Péterffy, Michal Knappek, Szilvia Kalácska, Dániel Tüzes, Zoltán Dankházi, Kristián Máthás, František Chmelík, István Groma: Dislocation avalanches are like earthquakes on the micron scale, *Nature Communications*, 13, 1–10, (2022).



ASZTROFIZIKA

Asztro- és részecskefizikai kutatásaink az élvonalban!

ELTE TTK Fizikai Intézet

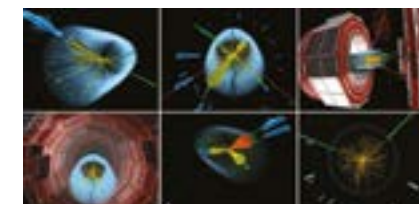
Gravitációs hullámok, Higgs-bozon, W-bozon, űridőjárás-előrejelzés, szuperszámítógépek és részecskegyorsító-fejlesztés... csak néhány azon kutatások közül, melyek világszenzációt és a fizikai ismeretek újrakeretezését jelentették, és amikben az ELTE TTK Fizikai Intézet kutatói részt vettek.

KUTATÓCSOPORTOK

Frei Zsolt egyetemi tanár, az Atomfizikai Tanszék vezetője két egymást követő alkalommal nyert a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program keretében kiírt pályázaton, mellyel többmilliárd forintos állami támogatást szerzett a Fizikai Intézet asztro- és részecskefizika területén dolgozó kutatócsoportjainak.

K1 Az ELTE TTK Fizikai Intézetének kutatói számos nagy nemzetközi konzorciumban vesznek részt sikerrel. Frei Zsolt kutatócsoportja részese volt a gravitációs hullámok 2015-ös észlelésének, míg Pásztor Gabriella és Csanád Máté kutatócsoportjai a részecskefizika területén végeznek nélkülözhetetlen munkát a nemzetközi – CERN és RHIC – kutatóközpontok tagjaiként.

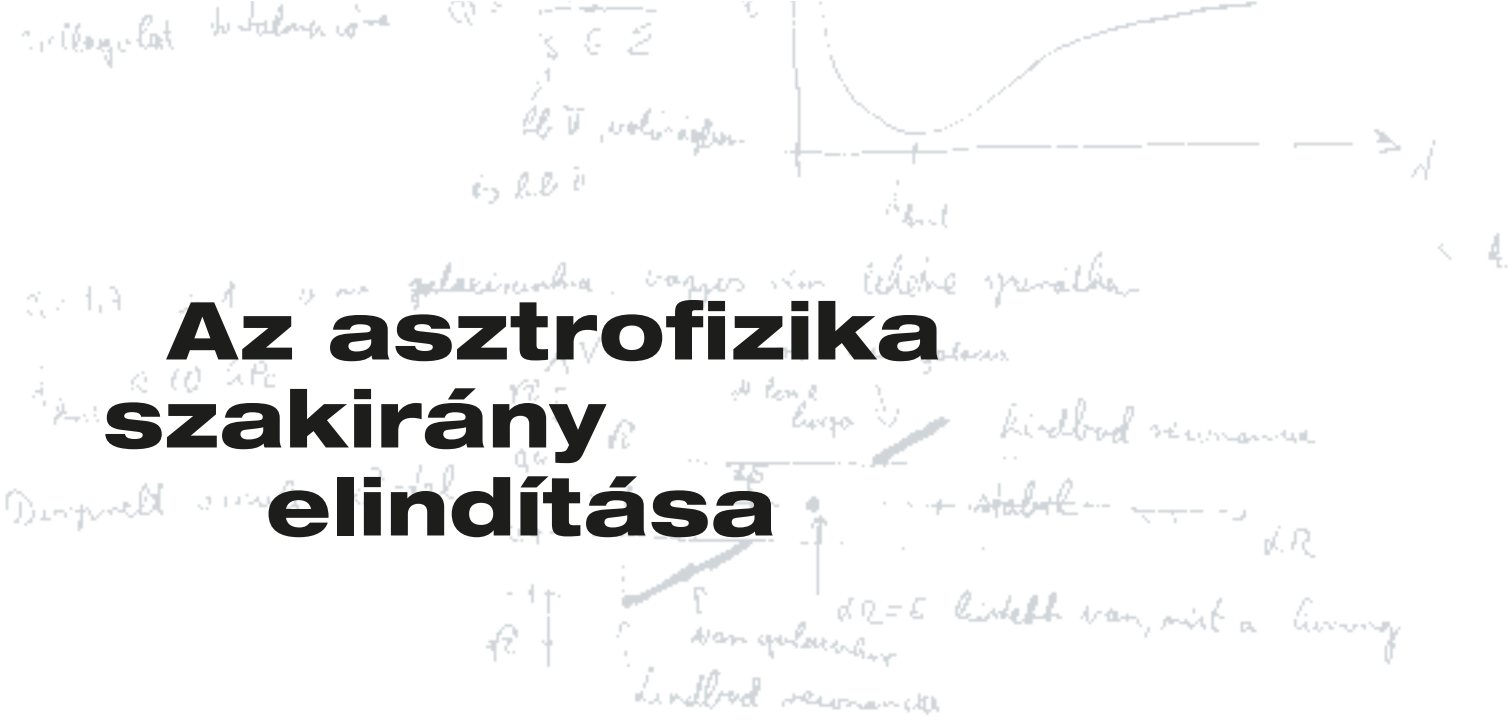
K3 A világ keletkezését követő állapotokat vizsgálja kutatócsoportjával Pásztor Gabriella, aki a Higgs-bozon 2012-es felfedezésében is közreműködött. Katz Sándor vezetésével a Rácutérelméleti Kutatócsoport többek között szuperszámítógépekkel elemzi az atommag alkotóinak természetét. Kiválósági Program keretében Magyarországra hívták Yoshikazu Nagai-t, aki a W-bozon kutatásában is részt vett. Eredményeik szerint a W-bozon tömege az előzetes feltételezéseknél nagyobb lehet – ami a Standard Modellt, vagyis a részecskefizika elméleti keretrendszerét alakíthatja át.



K2 Csanád Máté vezetésével, az ELTE részecskefizikai kutatói részt vesznek az ősrobbanás utáni első ezredmásodperc anyagát, a kvark-gluon plazmát tanulmányozó RHIC részecskegyorsító munkájában. A STAR kísérletben több új detektor beüzemelésével most polarizált protonok ütközéseit vizsgálják a kutatók, amelynek célja az atommagok alapvető építőkövei belső struktúrájának jobb megértése.

K4 A Trócsányi Zoltán vezetésével újonnan megalakult Részecskefizika Fenomenológia Kutatócsoport célja, hogy megismerjük, honnan származik a neutrínók tömege, mi alkotja a világegyetem sötét anyagát, miért van a világegyetemben több proton és neutron, mint antiproton és antineutron, és mi okozta a korai világegyetem gyors felfűvódását és jelenlegi gyorsuló tágulását.

Frei Zsolt fizikus



Az asztrofizika szakirány elindítása



TÖRTÉNET

Az asztrofizika szakirányú képzést Frei Zsolt szervezte meg 1995-ben az ELTE Fizikai Intézetében. A jelenleg a tanszéken dolgozó asztrofizikusok szakdolgozóként, majd doktoranduszként tanítványai voltak. 2007-ben az akkori NKTH Polányi Programon nyert először nagyobb volumenű kutatási támogatást, majd 2012-ben MTA „Lendület” kutatócsoportot alapított. Ez a támogatás 2017 júniusában járt le, és ennek szerkesztéséig folytatásaként alakult az akkor még „MTA–ELTE Extragalaktikus Asztrofizikai” néven támogatott kutatócsoport.

Először 2018-ban, az akkori ITM (Innovációs és Technológiai Minisztérium által, pályázati formában meghirdetett *Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program* keretében 1,65 milliárd Ft-ot nyertek három évre, az ELTE Fizikai Intézetében folyó asztro- és részecskefizikai kutatásokra.

AMBICIÓZUS CÉLOK

A támogatás segítségével az elmúlt években elsődleges céljuk volt újabb kutatócsoportok felállítása, új nemzetközi projektekbe való bekapcsolódás, a cikkek és hivatkozások számának jelentős növelésével pedig a nemzetközi rangsorokban való előrelépés.

EREDMÉNYEK

Rekord a rangsorban

Erőfeszítéseik eredményeképp az ARWU rangsorában, amely intézetekre lebontva is méri a teljesítményt, az ELTE Fizikai Intézete az összes magyar egyetemi intézet közül a kiemelkedően legjobb 105. helyen áll. Három év alatt a 253. helyről léptek előre.

Asztrofizikai és Űrtudományi Centrum az ELTE-n

Az elmúlt néhány évnek asztrofizikai kutatás szempontjából másik fontos eseménye, hogy az ELTE TTK 2021-ben létrehozta az *Asztrofizikai és Űrtudományi Centrumot*. Azzal a céllal, hogy a korábban határozottabban összefogják az asztrofizikában dolgozó kutatócsoportokat (a Kémiai Intézetben lévő asztrokémia „Lendület” kutatócsoportot, illetve a Földrajzi és Földtudományi Intézethez tartozó Csillagászati Tanszéket és az űrkutató csoportot szorosabban integrálva a Fizikai Intézetben vezetett *kiválósági tématerülethez*), illetve növeljék aktivitásukat az űr-asztrofizika területén.

LIGO–VIRGO

Frei Zsolt és Raffai Péter kutatócsoportjai a nemzetközi Ligo–Virgo együttműködés résztvevői. A gravitációs hullámok immár gyakori észleléseivel nemcsak Einstein általános relativitáselméletét tudják tesztelni különféle erős gravitációs mezőkre, de a gravitációs hullámok a csillagászatot is forradalmasítják egy új, korábban nem elérhető eszközt adva a világegyetem megfigyelésére.

Infrahang-detektor a LIGO számára

infrahangos mérések 10^{-18} m pontossággal



Forrás: NSF/Caltech/LIGO Laboratory

A LIGO detektorok két, egymástól négy kilométerre lévő tükör távolságát mérik soha nem látott, 10^{-18} méteres pontossággal (ez egy proton átmérőjének közelítőleg az ezredrésze). Az egyik nagy technikai kihívás a környezeti zavarok kiszűrése. Többéves fejlesztési munka eredményeképpen a projektben részt vevő kutatók kifejlesztettek egy olyan felfüggesztést, ami tipikus körülmények között kellően elszigeteli a kísérletet a környezettől, de a rendszer nem nyújt kellő védelmet különleges események (mikroföldrengések, viharok, napkitörések stb.) ellen. Az ilyen zavaró környezeti hatások által keltett téves detektálások kiszűrésére egy környezeti monitorozó rendszer szolgál, ami minden potenciális zavaró hatást folyamatosan figyel. Az ELTE vállalta, hogy kifejleszt egy olyan környezeti monitorozó eszközt – egy infrahang-mikrofont –, ami korábban nem volt része a kísérletnek.

Az infrahangok hatásának vizsgálata fontos kérdés, mert az alacsonyfrekvenciás nyomáshullámok mechanikailag hatással vannak az interferométer egészére, vagy azokra az optikai elemekre melyek nem vákuumban helyezkednek el. A mechanikai hatáson kívül a vákuumrendszer működésére is hatással lehet,

ugyanis a 4 km fesztávú vákuumcső mentén elhelyezett szivattyúk a külső légnyomáshoz viszonyítva, relatív mérés alapján állítják elő a csőben a vákuumot. A relatív mérést pedig befolyásolja a cső mentén kialakuló alacsonyfrekvenciás nyomáshullám, mely a légköri nyomás kismértékű változása, így közvetlenül egy szabályzóköron keresztül lehetőség nyílik a becsatolódásra.

Az infrahang-mikrofon lelke egy nyomás-érzékeny kondenzátor, mely a légköri nyomás aktuális értékét relatív méri egy referenciatartály nyomásához képest.

A speciális kondenzátor és a hozzá fejlesztett elektronikában alkalmazott módszer egy teljesen egyedi mérési eljárást valósít meg, mellyel elértük a mPa nagyságrendbe eső érzékenységet alacsony frekvenciákon. A mikrofon digitális RS485 kimenettel rendelkezik, mely lehetővé teszi, hogy az adatokat zajmentesen továbbíthassuk a DAQ felé. Mivel a LIGO adatgyűjtő csatornáit analóg bemenettel rendelkeznek, ezért a mikrofon kiegészítéseként fejlesztettünk egy digitális–analóg átalakító egységet. Így kompatibilis a jelenlegi és az Advanced LIGO rendszerével is.



1. kép. Frei Zsolt – a LIGO livingstoni állomásán (Louisiana Állam, USA), a belső optikai elemek közelében

2–3. kép. Az infrahang-mikrofon differenciális nyomásmérő érzékelő (fent; lényegében egy kondenzátor mikrofon) és kiolvasó elektronika (lent) prototípusa.

4. kép. Az infrahang-mikrofon prototípusa az ELTE-n

5. kép. A 6 közül az egyik infrahang-mikrofon a LIGO livingstoni obszervatóriumában

1995	2007	2012	2017	2018	2021
asztrofizika szakirány elindítása	NKTH Polányi Program	MTA „Lendület” kutatócsoport	MTA–ELTE Extragalaktikus Asztrofizikai kutatócsoport	Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (ITM): 1,65 mrd Ft-os támogatás	Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (ITM): 2 mrd Ft-os támogatás

A CAMELOT műholdjai

Gravitációs hullámokat
figyelő műholdflotta



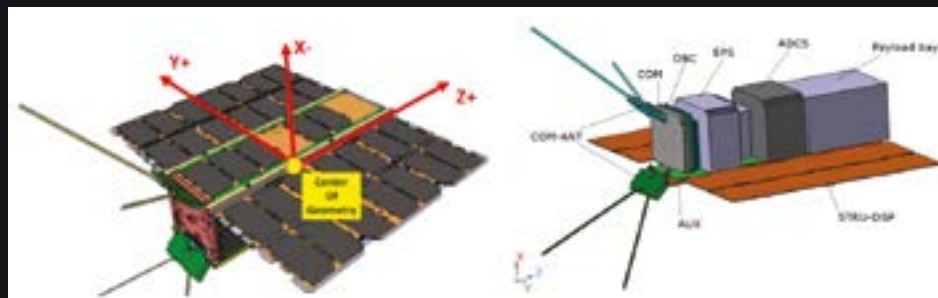
la szupernóva kettős degenerált
rendszerből (Strohmayer és Berry 2014)

Az úgynevezett „sokcsatornás csillagászat” 2017 augusztusában született, az akkor megfigyelt, kettős neutroncsillag összeolvadásából származó gravitációs hullám (GW170817) elektromágneses (EM) megfelelőjének sikeres detektálása folytán. Az ELTE kutatóinak célja, hogy a GW-k és azok EM megfelelőinek együttes észlelése rendszeressé váljon.

Az összeolvadó neutroncsillagok mint GW-források velejárói a gamma-sugárzás-kitörések (GRB-k). Mivel a GRB-k egyébként véletlenszerűen történnek az égbolton, néhány felvillanás/nap gyakorisággal, a GW-források elektromágneses megfelelőjének hatékony kereséséhez a teljes égbolt gamma-tartománybeli lefedését kellene elvégezni, legalább 60 ívperc pontossággal. Ehhez a feladathoz egy teljesen új koncepciót kívánnak megvalósítani.

MITŐL KÜLÖNLEGES A CAMELOT?

A CAMELOT (*Cubesats Applied for MEasuring and LOcalising Transients*) egy „Cubesat”-műholdakból álló flotta lesz, amely folyamatosan monitorozza majd a teljes égboltot. A rendszer GPS-hez kapcsolódva, az időzítésen alapuló helymeghatározást alapul véve, egyfokos pontossággal tudja majd lokalizálni a felvillanó GRB-ket az égbolton. Számos megvalósíthatósági tanulmány után kijelenthetjük, hogy egy 9 db, 3U méretű Cubesat-okból álló flotta, melynek elemei alacsony földközeli pályán keringenek, a GW-k EM megfelelőinek helyét az égen – gamma-tartományban – kellő pontossággal képes lesz meghatározni.



A CAMELOT egyik tervezett tagja, az egyes
alrendszerek feltüntetésével

Elemi alkotórészek nagyenergiás gyorsítókban

Mi van a Standard Modellen kívül?

Az „Asztro- és részecskefizika” téma-terület 'Elméleti részecskefizika' alprogramja két fő területre koncentrál: a CERN-ben folyó kísérletekhez közvetlenül kapcsolódó fenomenológiai kutatásokra és a numerikus módszerekre, melyekkel elsősorban a CERN-ben zajló nehézion-ütközéseket lehet leírni, utóbbihoz jelentős innováció is társul.

A CERN LEP és az LHC kísérleti programjainak kiemelkedő eredménye a részecskefizikai Standard Modell kísérleti igazolása. Bár a Standard Modell közvetlen kísérleti tesztjei jó egyezést mutatnak az elméleti jóslatokkal, mégis több olyan indirekt kísérleti tény van, mely új fizikára utal.

E tekintetben több nagy kérdés is megválaszolatlan jelenleg:

- Mi okozza a neutrínók tömegét?
- Mi alkotja a sötét anyagot a világegyetemben?
- Mi a leptonok keletkezésének oka (miért van több lepton, mint antilepton)?
- Mi okozza a világegyetem gyorsuló tágulását?

Ezekre a kérdésekre a Standard Modellen kívül kell keresni a választ. Katz Sándor kutatócsoportjával a Standard Modell egy új kiterjesztését vizsgálja, mely a neutrínótömegekre és a sötét anyag mibenlétére is választ adhat.

A CERN LHC (Nagy Hadronütköztető) nehézion-ütközései során létrejövő kvark-gluon plazma tulajdonságainak pontos leírása mai tudásunk szerint elsősorban numerikus módszerekkel lehetséges. A legpontosabb ilyen módszer a rácstérelmélet. Ennek alkalmazása során az elemi részecskéket leíró mezők egyenleteit szuperszámítógépek segítségével oldják meg.

Szuper- számító- gépeket fejlesztünk!

Katz Sándor, az ELTE TTK Fizikai Intézet igazgatója, a Ráctérelméleti Kutatócsoport vezetője csapatával egyedülálló számítógépparkot fejleszt. „Bár lehetőségünk van nagy számítógépközpontok kapacitásához is hozzáférfni, saját infrastruktúránkat is innovatív módon fejlesztjük az 1990-es évek vége óta. Az ELTE TTK Fizikai Intézete a világon az elsők között hozott létre számítógépklasztert 1998-ban, harminckét darab számítógép saját fejlesztésű, gyors hálózatba kapcsolásával. 2001-ben 128 asztali számítógépet egy speciális mesh-topológiájú gigabites hálózatba kötve elsőként léptük át az 1\$/MFlops (millió lebegőpontos művelet másodpercenként) ár/teljesítmény határt. 2006-ban az elsők között ismertük fel, hogy a grafikus kártyák (GPU-k) kiválóan használhatók részecskefizikai számításokra és megépítettük a világ feltehetően első tudományos célra készült GPU-klaszterét. E klasztert jelenleg is fejlesztjük, jelenleg 192 nódusból áll, nódusonként 2-2 modern GPU-val felszerelve és 40Gbit-es infiniband hálózattal összekötve” – magyarázta el a kutatócsoport vezetője.

Úton az új fizika felé!

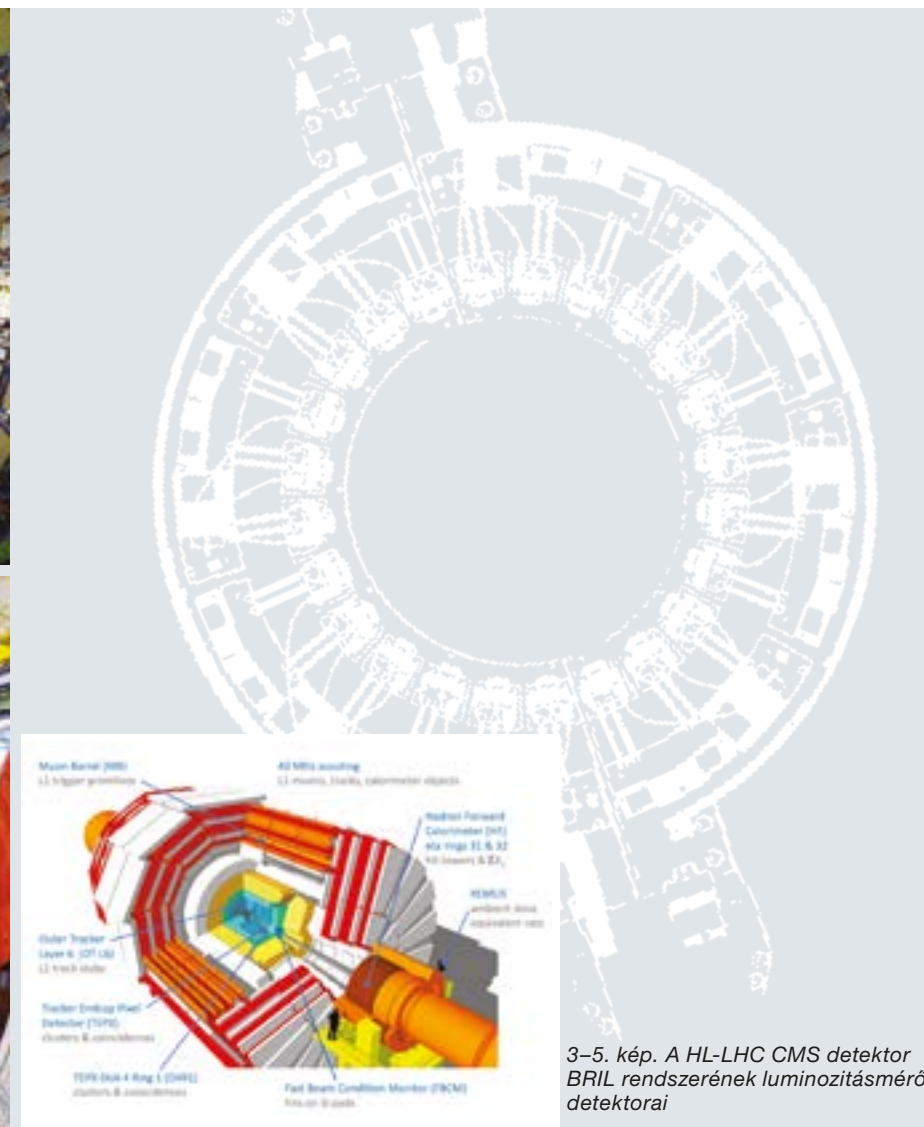


1–2. kép. A PLT (Pixel Luminosity Telescope) detektor, amelynek gépi tanuláson alapuló adatminőség-ellenőrzését az ELTE diákjai fejlesztették ki.

A Nagy Hadronütköztető (LHC) tudományos programja két pilléren alapul: 1. nagy pontosságú méréseken, amelyeket a magasrendű elméleti számításokkal összevetve ellenőrizhetjük a Standard Modell pontosságát, és a finom eltérésekből következtethetünk az elmélet kiterjesztésének irányára; illetve 2. egzotikus jelenségek közvetlen keresésén, ahol a nagy ütközési energiát felhasználva a gyorsítót, mint nehézszerkecske-gyárat használjuk.

VALÓS IDEJŰ LUMINOZITÁSMÉRÉS SZILÍCIUM-DETEKTORRAL

A nagy pontosságú mérések egyik alapfeltétele a gyűjtött adatmennyiség – a nyaláb intenzitására (fényességére) utalva *luminozitás*nak nevezett adat – pontos ismerete. A CMS BRIL rendszerének feladata többek között ennek a mérése. Az LHC nagy luminozitású továbbfejlesztéséhez új BRIL detektorok építésére, illetve a már meglévők továbbfejlesztésére van szükség, amely tevékenységekben Pásztor Gabriella csoportja vezető szerepet tölt be. Elsősorban a modern szilíciumalapú detektorok tervezésében és azok valós idejű luminozitásmérésre optimalizálásában vesznek részt.



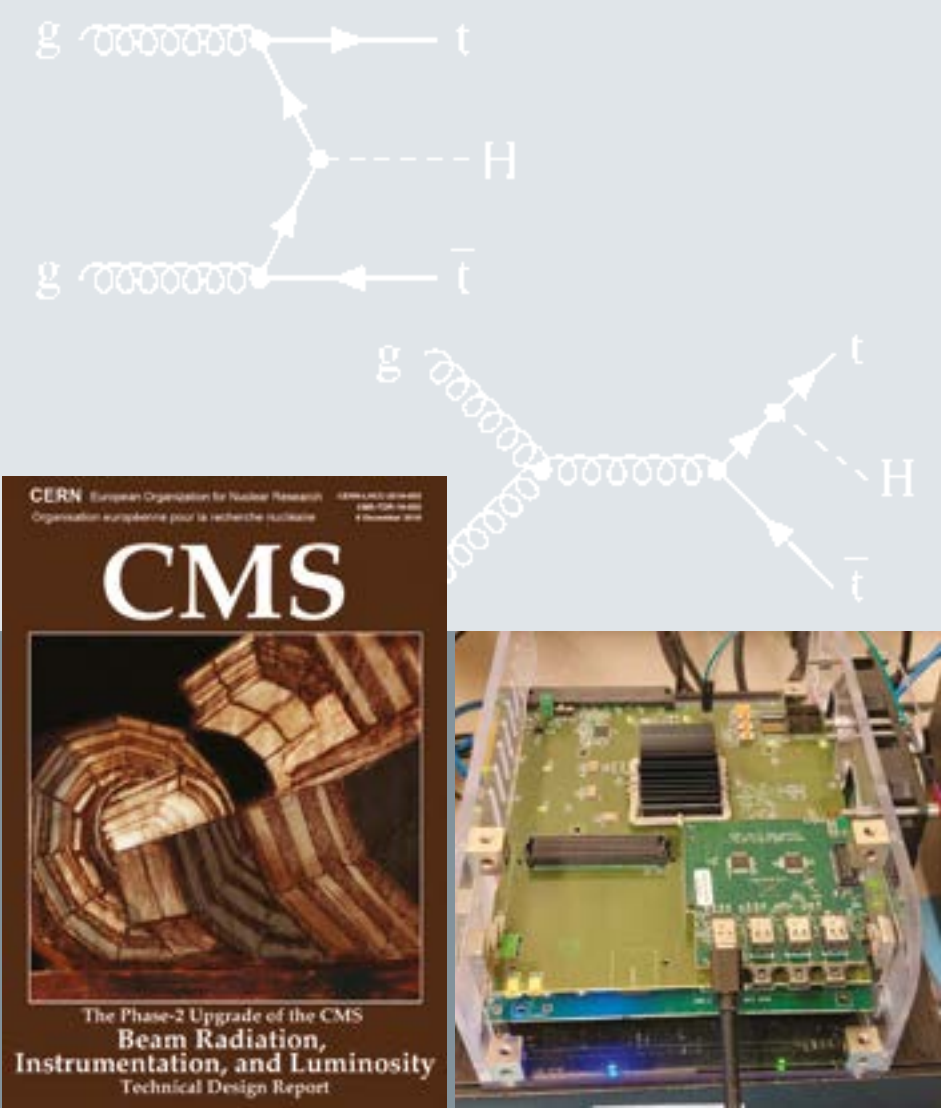
3–5. kép. A HL-LHC CMS detektor BRIL rendszerének luminozitásmérő detektorai

Pásztor Gabriella, a CMS Részecske- és Magfizikai Kutatócsoport vezetője és munkatársai a csúcstechnológias berendezések adatait kifinomult elemzési módszerekkel dolgozzák fel.

„A gépi tanulás átszővi méréseinket: a nyers adatok minőségének valós idejű vizsgálatától a komplex detektorok adataiból megalkotott fizikai objektumok minél pontosabb rekonstrukcióján át a fizikai mérésekben a keresett események kiválogatásáig. Ez utóbbira példa a ritka dupla-partonszórás mérése, amelyet elsőként mutattunk ki azonos töltésű W-bozon keletkezésében, és ami a proton szerkezetének mélyebb megismeréséhez járult hozzá. A WW végállapot lehetőség adott arra is, hogy az elemi részecskék tömegéért felelős elektrogyenge szimmetriasértést tanulmányozhassuk. A gyenge kölcsönhatás ezen közvetítő részecskéinek szórási folyamatai érzékenyek új részecskék és új kölcsönhatások léteire is” – tudhatjuk meg Pásztor Gabriellától.

HIGGS-BOZON: ABLAK A LÁTHATATLANRA

Az LHC előtt álló legnagyobb kihívás választ adni a Standard Modell nyitott kérdéseire, mint a sötét anyag természete vagy a megfigyelt mértékű anyag–anti-anyag aszimmetria kialakulásának oka. A magyar kutatók a CMS-kísérletben szuperszimmetrikus sötét anyag keletkezését kutatják, többek között a 10 éve felfedezett Higgs-bozont is tartalmazó végállapotokban, az új részecskét mint ablakot használva az új fizika felé.



INNOVATÍV MÓDSZEREKKEL
AZ ÚJ FIZIKA FELÉ

Veres Gábor, az ELTE TTK Atomfizikai Tanszék egyetemi tanára, a CMS Kutatócsoport kutatójaként számos innovatív fejlesztést végez. A CMS-kísérletben a részecskefizika Standard Modelljéhez kapcsolódóan sokféle mérést végeznek a kvantumszíndinamika területén, részben az asztrofizikai eredetű kozmikus sugárzás vizsgálatával kapcsolatban is. Egyik innovatív tevékenységük a CMS Nullaszögű Kaloriméterének energiakalibrációja, valamint exkluzív proton–proton ütközések vizsgálata.

„Gyakori, hogy egy ismert mérési módszer sokkal pontosabbá tétele minőségi fejlődéshez vezet, lehetővé téve újfajta vizsgálatok elvégzését is. Ezzel a típusú innovációval a pontszerű sugárforrások és a kiterjedt radioaktív minták abszolút aktivitásának mérésén is dolgozunk az egyetem laborjaiban. Az előbbi esetben koincidencia-módszerrel, az utóbbiban pedig gamma-spektroszkópiai módszerrel végezzük az aktivitásmérés pontosítását, az első esetben a mérési bizonytalanságok jelentős csökkentésével és számbavételével, a másik esetben a minta önelnyelődésének újszerű kísérleti vizsgálatával foglalkozunk. Ezek a módszertani innovációk multidiszciplináris módon hozzájárulhatnak a geológiában illetve a környezettudományban folyó kutatások sikeréhez is” – zárta Veres Gábor.

6. kép. A HL-LHC CMS BRIL rendszer technikai terveit bemutató könyv, amelynek szerkesztője az ELTE oktatója

7. kép. Szilícium pixeldetektor-kiolvasó rendszer a BRIL detektorfejlesztéshez az ELTE TTK Atomfizikai Tanszékén

Űrjárművek hajtóműveinek ultrakönnyű szigetelőanyaga: porózus Al₂O₃ kerámiaszálak

Sinkó Katalin, egyetemi docens, az MTA doktora, ELTE TTK

Egy új, kis energiafelhasználású, szol-gél kémián alapuló szintézist sikerült kidolgozni 1500°C-on is jól szigetelő porózus Al₂O₃ kerámiaszálak előállítására. A hagyományos olvasztásos technika 2000°C feletti hőmérsékletet igényel Al₂O₃-szál húzásához, míg az új technikában a maximálisan szükséges hőmérséklet 700°C. A szol-gél technika olyan gélközeli szerkezetet biztosít szájképzéshez, mely 1500-1600°C-on is megőrzi szálak és porózus karakterét, ellentétben a kereskedelemben kapható Al₂O₃-szálakkal, melyek 1000°C felett kristályosodás miatt szétporladnak. A módszer nagy előnye, hogy porózus szálakat eredményez, amire nagyon kevés példa van még a kísérleti technikákban is. Az ELTE kémikusainak és anyagfizikusainak sikerült nanopórusos szálakat készíteni, ahol a nanoporozítás rendkívül előnyös szigetelőképeséget eredményez. Az új szintézis ráadásul olcsó és kevés számú

alapanyagot használ fel, nem alkalmaz semmilyen segédanyagot, és a kiindulási Al-vegyület is egyszerű szervesetlen só. Többféle szálási eljárással is folytak kísérletek, elektrospinning és centrifugális oldat spinning technikákkal. Hatékony-ság szempontjából a centrifugális oldat spinning technika bizonyult jobbnak. Elkészült a H-ION Kft-nél a laboratórium-ban kidolgozott módszer félüzemi léptékű technikája. A szol-gél szintetizált, centrifugális oldat spinning technikával húzott porózus Al₂O₃-szálakat a kutatóknak lehetőségük volt kipróbálni egy műhold (ATL-1) segítségével a világűrben is. A cél az intenzív mechanikai igénybevétel és a rendkívül gyorsan változó hőmérsékleti viszonyok hatásának felmérése volt. A műholdakban szokásos szigetelőanyaghoz, a Kapton-fóliához képest mm-ként 30%-kal jobb hőszigetelő-képességet mutattak az Al₂O₃ kerámiaszálak. A 2023. év

elején fellövésre kerülő magyar műhold (MRC-100) szintén ezekkel az Al₂O₃-szálakkal szigetelt, így mód nyílik a szálak szigetelőképességének további ellen-őrzésére is a világűrben.

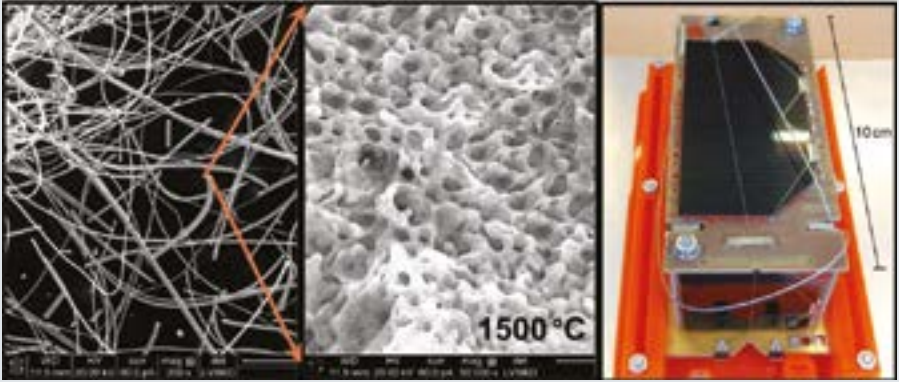
Szabadalom:

Sinkó Katalin, Temesi Ottó, Ádám Péter, Nagy András: „Eljárás 100% alumínium-oxid, porózus, szálak anyag előállítására” szabadalom #2113270.

Publikáció:

P. Ádám, O. Temesi, Z. Dankházi, C. Voniat, J. Rohonczy, K. Sinkó “Various colloid systems for drawing of aluminum oxide fibers” *Ceramics Int.* 48, 4, 5499–5508 (2022)

P. Ádám, L. Dudás, O. Temesi, K. Sinkó “Porous aluminum oxide insulation materials tested in space mission” *CEAS Space Journal*, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12567-022-00473-w> (2022)



Porózus Al₂O₃ kerámiaszálak SEM-felvételei 1500°C-os hőntartás után (az ATL-1 műhold fotója)

Közösségépítés: család és nemzet, hagyomány és innováció

A valóság, amelyben élünk, örökké változik – de vannak értékeink, amelyekhez ragaszkodni szeretnénk. Évezredek óta életünk mikrocsoportja a család, lassan három évszázada életünk makrocsoportja a nemzet. Fontosak számunkra, mert közösséget építeni csak ezek alapján és keretében tudunk. Értékeiket megőrizni azonban csak akkor lehet, ha a tudomány segítségével pontosan megértjük, mi történik velük a változó időben és a változó világban.

A munka három éve során több mint 50 konferencia és workshop, továbbá több mint 400 közlemény tartalmazza, illetve összegezi a kutatások eredményeit.

A Tématerületi Kiválósági Programok keretében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal a *Kultúra és család tématerületen* is kiírt pályázatot, amelynek keretében 2019 során az *Eötvös Loránd Tudományegyetem* a *Közösségépítés: család és nemzet, hagyomány és innováció kutatási programra* kapott támogatást. A kutatás vezetője Dr. Csorba László egyetemi tanár (Művelődéstörténeti Tanszék). A tématerületen dolgozók azt a hosszú távú feladatot tűzték maguk elé, hogy feltárják: európai múltunkban és a világ velünk kölcsönhatásban élő nagy kultúráiban az egyes korszakok és térségek milyen mértékben, formákban és milyen értékvilággal foglalkoztak a nemzet

fennmaradásának és gyarapodásának legfőbb letéteményesével, a családdal – miképp emelték a civilizációs erőfeszítések középpontjába, így hatva közvetten vagy közvetlenül a kedvezőbb népesedési folyamatokra. E tapasztalatok birtokában a jelenre és a jövőre vonatkoztatva is meg lehet fogalmazni olyan javaslatokat, amelyek a tudomány- és a kultúrpolitika eszköztárán keresztül hozzájárulhatnak a közösségépítéshez, a nemzet megerősítéséhez.

**KULTÚRA,
TÁRSADALOM
ÉS DIGITALIZÁCIÓ**

3 Pillér

Kutatócsoportjaink három szinten vizsgálják a családra és a nemzetre döntő hatást gyakorló hagyomány és innováció működését:

1 az időbeliség dimenziója mentén (múlt, hagyomány, emlékezet);

2 a létrejövő önazonosság-élmények, vagyis az identitások sajátosságai mentén (rokoni hálózat, háztartás, vallás, felekezet, összetartozás, civil csoportszerveződés);

3 és a mindezeket kifejező, magasabb kulturális reprezentációk mentén (nyelv, elbeszélés, mítosz, rítus, szokás, intézmények, szimbólumok).

Hét kutatócsoportban, roppant változatos témakörökben folyik a kutatómunka.

Régészeink a bioszociális régészeti vizsgálatok és társadalomrekonstrukciós temetőelemzések körében értek el újabb eredményeket, támaszkodva az új molekuláris biológiai és geokémiai vizsgálati módszereire is. Egyik népszerű konferenciájukon az előadók a család és a háztartás összefüggéseit a középkori főúri rezidenciákon vizsgálták meg.



A Távol-Keleten és Belső-Ázsiában megfigyelhető paralel jelenségekkel foglalkozó kutatócsoport a család és a nemzet Európa-centrikus vizsgálatát roppant hasznos kontrollkutatásként kíséri, illetve új, kritikai összefüggésekbe ágyazza.



Az összetett kölcsönhatásokat is messzemenően figyelembe vevő kutatás során kirajzolódnak azok a történelmileg létrejövő „építőkövek”, amelyekből napjaink fenntartható, versenyképes, egészséges öntudatot adó, értékörző közössége fölépíthető.

Nyelvészeink a társadalmi nyelvészet és a nyelvi alaktan területén folytatnak olyan vizsgálatokat, amelyek főként az olvasás, szövegértés, mondatszerkesztés, történet- és névkonstruálás stb. témaköreiben hoznak új eredményeket – ezek fontosak a kiscsoportok, így a család nyelvi tükröződésének jobb megértésében.

Az irodalomelméleti csoport kutatásai elsősorban a kognitív poétikai elmélet, az interszubjektivitás-elméletek, az irodalmi olvasás készségeit és határait érintő szövegelméletek, a narratológia, a performatív elméletek, a posztkoloniális elméletek terén vetik össze az eddigi ismereteket az újabbakkal, olyan témákban, amelyekben hagyományosan igen erős a magyar kutatók jelenléte és nemzetközi aktivitása.



A középkori és kora újkori történészek az Árpád-kortól a török hódoltság felszámolásáig terjedő korszakban tárják fel a kialakuló nemzeti identitás számos premodern előzményét, közte is elsősorban a családi nevelési stratégiákat közvetlenül érintő komplexum, az oktatás területére koncentrálódó forrásfeltárásokat.

Az új- és legújabb kori kutatócsoport a pszichológia és a történettudomány összetett határterületein fogja össze a friss eredményeket, továbbá a társadalmi alrendszerekben fölbukkanó kiscsoportos erőszak példáit tekinti át kutatási programjában.



A néprajzi és kulturális antropológiai kutatócsoport sokoldalúan használható adatbázist épít többek között a névtérképek létrehozásával és nyelvjárási atlaszok internetes közzétételével, nem pusztán digitálizálva az adatokat, hanem főkészülve az adatsoroknak interaktív jelenségtérképek formájában történő közreadására is.

#PSZICHOLÓGIA#GYÓGYPEDAGÓGIA#PEDAGÓGIA#AUTIZMUS
#ÉRZÉKENYÍTÉS#INKLUZÍV OKTATÁS#TÁRSADALMI RÉSZVÉTEL#INTEGRÁCIÓ

AZ MTA–ELTE Autizmus Szakmódszertani Kutatócsoport (MASZK) Csillagbusz Inklúziós intervenciós Programja (CsIIP)

maszk.elte.hu

ELTE Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar



A MASZK 2016-ban alakult az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programjának Támogatásával. A kutatócsoport meghatározó tagjai a kilencvenes évek óta dolgoznak együtt autizmussal élő gyerekekkel, felnőttekkel és családjaikkal – gyakorlati szakemberként és kutatóként egyaránt.

Sokéves kutatási-fejlesztési munkánk egyik fő fókuszában az autizmussal élő gyermekek, felnőttek és szüleik életminősége, pszichológiai jól-léte, illetve az ezeket meghatározó tényezők feltárása állt.

Másik célunk az volt, hogy létrehozzunk egy bizonyítottan hatékony programot ahhoz, hogy a többségi iskolába járó kisiskolások segítséget kapjanak integráltan tanuló, autizmussal élő osztálytársaik jobb megértéséhez és (nem csak az autizmus kapcsán hasznos) viselkedési stratégiák elsajátításához (Csillagbusz Inklúziós Intervenciós Program; CsIIP).

Kutatássorozatunkban több mint 1200 ember hallatta hangját: autizmussal élő gyermekek és felnőttek szülei, tipikusan fejlődő gyermekek és felnőttek szülei, autizmussal élő kisiskolások, osztálytársaik és tanítóik segítettek közös céljaink elérésében.

MIÉRT KELL A CSlIP?

A társadalmi részvétel joga az autizmussal élő gyermekeket is megilleti. Annak ellenére, hogy sokan közülük integrált keretek között tanulnak, ezek a gyerekek, osztálytársaik, pedagógusaik és szüleik gyakran nagyon kevés segítséget kapnak a valódi integrációhoz és befogadáshoz. A rosszul kivitelezett integrációnak azonban komoly veszélyei vannak: az autizmussal élő gyerekek pszichológiai jól-léte leromlik, gyakran válnak iskolai bántalmazás áldozataivá.

AZ AUTIZMUSRÓL

Pedig az autizmus nem ritka állapot, legalább 100 000 embert érint Magyarországon. Ez a sajátos fejlődési út jelentősen befolyásolja a társas kapcsolatokat, a kommunikációt és a rugalmas viselkedésszervezést, s gyakran szokatlan, nehezen érthető és nehezen kezelhető viselkedésekben mutatkozik meg.

EGYÜTTNEVELÉS

Kevesen tudják, de tudományos tény, hogy a jól kivitelezett együttnevelés nem csak az autizmussal élő gyerekeknek lehet előnyös, hanem osztálytársaiknak is: jobban fejlődik önreflexiójuk, kommunikációjuk, sőt még tanulmányi eredményeik is javulhatnak. Különösen akkor, ha kortárs mentori szerepet is ellátnak.

TUDOMÁNNYAL A BEFOGADÁSÉRT – A CSlIP

Az ország több vezető autizmus-szakembere mellett gyakorló tanítók, szülők, gyógypedagógusok és egyetemi hallgatók is részt vettek a CslIP fejlesztési folyamatában.

A PROGRAM KIALAKÍTÁSA

A CslIP kialakítását – túl a több évtizedes gyakorlati tapasztalaton – másfél éves kutató-fejlesztő munka alapozta meg. Nemzetközi tanulmányok alapján feltérképeztük az autizmussal élő gyerekek integrációjának jó gyakorlatait, az integráció lehetséges előnyeit és veszélyeit, a tudásformálással kapcsolatos kutatások eredményeit,

valamint az angol és magyar nyelven elérhető tudásformáló programok és segédanyagok jellemzőit.

A MASZK Kutatócsoport vezetője a CslIP megalkotásakor és tesztelésekor Dr. Győri Miklós volt, a Program fejlesztésének és hatásvizsgálatának vezető kutatója Dr. Stefanik Krisztina.

PROGRAMELEMEK

A CslIP (Csillagbusz Inklúziós Intervenció Program) alsó tagozatos gyerekeknek szól, a különbözőségek elfogadására és tiszteletére, az autizmus megértésére, az autizmussal élő diáktársakkal való együttműködés stratégiáira, az iskolai bántalmazás kezelésére, valamint társadalmi felelősségvállalásra tanít.

A program egy iskolai tanév félévére tervezett (kb. 4 hónap). A tudást a saját tanító formálja, nem egy idegen, külső személy. A CslIP összesen 25 aktivitást tartalmaz, amelyek egymásra épülnek és illeszkednek az alsó tagozatos gyerekek igényeihez. Az aktivitásokhoz részletes leírást, papíralapú és digitális segítségket is készítettünk.

Az aktivitások sokfélék, játékosak, különböző hosszúságúak, illeszthetőek a tantárgyakhoz és mindenki számára hasznos üzeneteket közvetítenek.

A CslIP-et univerzálisan terveztük meg, azaz a programban részt vesznek az osztályba járó, autizmussal élő gyerekek is. Ugyanakkor komoly figyelmet fordítottunk arra, hogy ne ártsunk a tudásformálással. A tartalmak soha nem a konkrét autizmussal élő gyerekekről szólnak, hanem a mesebeli Misiről, vagy általában az autizmusról.

A programot úgy alakítottuk ki, hogy illeszkedjen a tanítók meglévő gyakorlatához, pedagógiai stratégiáihoz. Azaz, felhasználjuk a tanítók egyedi „varázsát”, de az aktivitások kivitelezésének egységességét is biztosítjuk. Ehhez részletes, írott útmutató, rövid tantestületi tréning és akkreditált tanító-tréning ad segítséget.



A CSlIP ALKALMAZHATÓSÁGA ÉS HATÁSAI

Megvizsgáltuk a program alkalmazhatóságát és hatásait, hogy a CslIP – szemben a hasonló programok többségével – a tudományos kutatás módszereivel is ellenőrzött legyen.

Kutatásunkban összesen 281 második és harmadik osztályos gyermek, köztük 14 autizmussal élő kisdíák, illetve tanítóik és szüleik vettek részt. 8 osztályban kipróbálták a programot, 6 osztály pedig kontrollcsoportként segítette a hatások tesztelését. Tanulói, tanítói és szülői kérdőíveket és interjúkat vettünk fel a program megkezdése előtt és után.

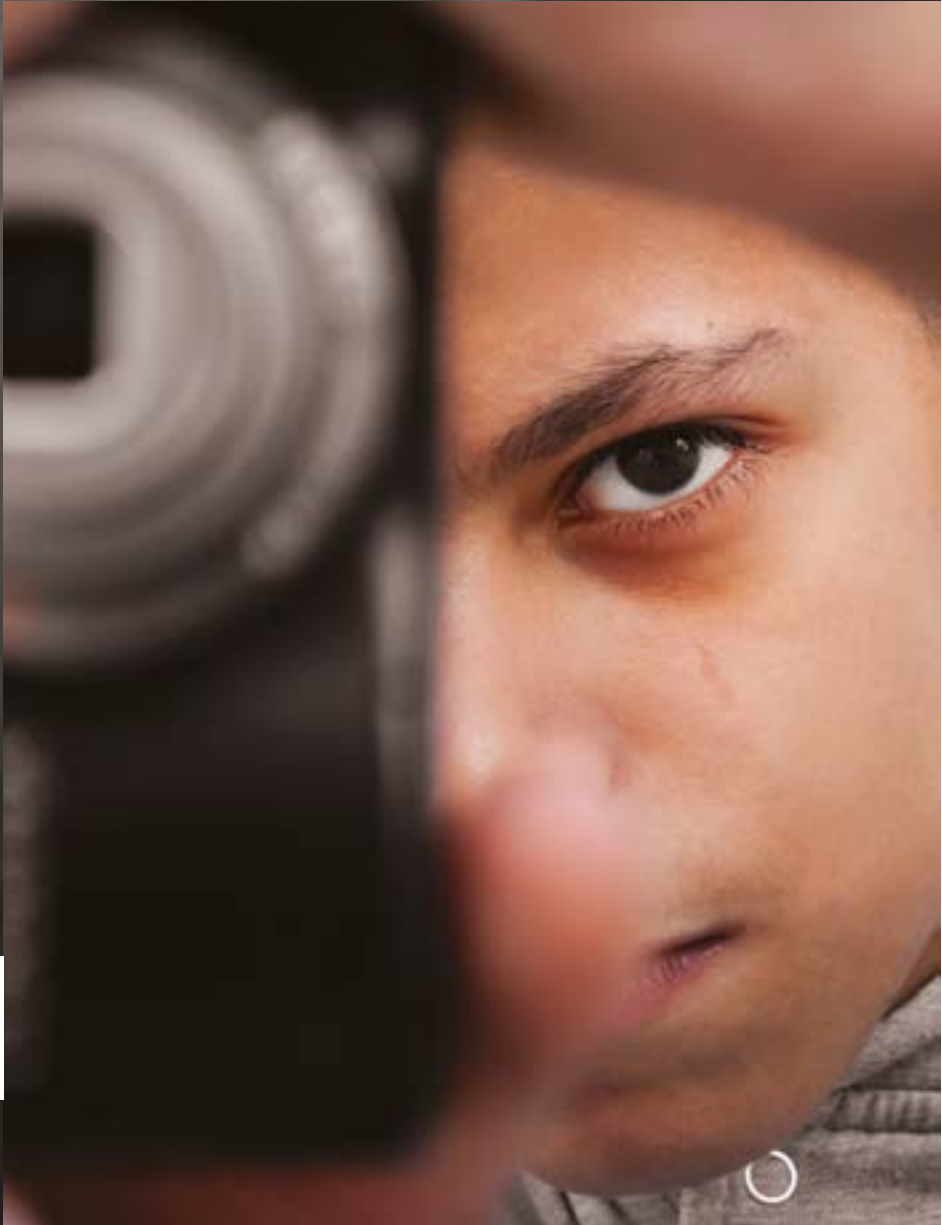
Eredményeink azt mutatják, hogy a program szignifikáns jótékony hatással van az autizmus-tudásra és attitűdre, sőt előrelépést hoz az életminőség iskolával összefüggő területein. A gyerekek kifejezetten szeretik, a szülők és tanítók visszajelzései pozitívak.

„(Ha lenne egy autista osztálytársam) nem közösiném ki semmiből. Megmutatnám neki, hogy hol tartunk. Megképekben megmutatnám neki, hogy hova megyünk, meg hogy mik lesznek ott. (...) Hm... úgy, hogy például ha túl hangos van, akkor elviszem egy csendesebb helyre, például a könyvtárba.” (részlet egy tanulói interjúból)

#KULTURÁLIS ANTROPOLÓGIA#FILM#MÉDIATUDOMÁNY#SZOCIOLÓGIA#KISEBBSÉGGUTATÁS#ROMOLÓGIA#OKTATÁSGUTATÁS#TÁRSADALMI INTEGRÁCIÓ#CIVIL CSOPORTOK#IDENTITÁSGUTATÁS

Minor Média/Kultúra Kutatóközpont

A kisebbségi kép nem csak a kisebbségekről szóló többségi képet jelenti, sőt elsősorban nem azt, hanem a természetesnek gondolt, hatalmi hierarchiába ágyazott kép kisebbségi szempontú kritikáját.



NOMEN

A Deleuze–Guattari filozófus szerző-páros a *littérature mineure* (kisebbségi irodalom) terminussal írja le az Osztrák–Magyar Monarchiában élő, német nyelven író prágai zsidó Franz Kafka munkásságát. A szerzők kérdése arra irányul, hogy milyen kifejezési lehetőségei vannak egy többszörös kisebbségi életet élő művészeknek: hogyan lehet politikus, kritikus és közösségi a számára adott nyelvben, ha ugyanakkor nem akar élni a pátosszal teli képviselési művészet konvencionális eszköztárával.

(ÖN)DEFINÍCIÓ ÉS KUTATÁSI KÉRDÉSEK

A kifejezést átvettük és adaptáltuk saját kutatási területünkre, amelyet így „minor médiaként” azonosítunk. A mi kérdésünk az, hogy milyen kifejezési lehetőségeik vannak a hegemon és homogenizáló nemzeti és globális médiaterekben a kisebbségi identitásoknak, hogyan használhatják és sajátíthatják ki a kortárs médiumokat, milyen módon lehetnek kritikusak, politikusak és közösségek.

PRAXIS ÉS PROJEKTEK

A Minor Média/Kultúra Kutatóközpontban folyó NKFIH által támogatott OTKA-kutatás két egymással párhuzamos, ugyanakkor egymással érintkező irányban folyik. Mindkét terület a *részvételi film*, illetve egyéb vizuális és dramatikus beavatkozások szerepére irányul a *társadalmi és reprezentációs folyamatokban*.

Az egyik kutatási tevékenységünk a **részvételi jellegű filmesemények** történeti, elméleti és módszertani aspektusait igyekszik feltárni, vagyis azt, hogy az idők során miképpen vált társadalmivá, civil művészetté és civil tudománnyá az elsősorban iparként, üzletként és magasművészetként felfogott filmkészítés (amatőr filmmozgalom, filmközösségek és filmklubok, érintettségén alapuló filmezés stb. formájában). Ez a többé-kevésbé rejtett hagyomány a filmkultúra szerves része, és nagyban meghatározza, milyen lehetőségei vannak a civil, közösségi és *társadalmi relevanciával bíró laikus filmkészítésnek* napjainkban.

A másik irány pontosan ez: olyan **filmakciók** (hétfégi workshopok, egyetemi kurzusok, nyári tábor, online filmes kihívások) *facilitálása*, amelyek hozzájárulhatnak egyes *kisebbségi közösségek önmegismeréséhez* és jóllétéhez, illetve erősíthetik a felsőoktatás társadalmi kapcsolatait szövetségi rendszerek formájában.

A részvételi film vizuális intervenciós és kutatási módszerként pár évtizedes története során hatékonyan bizonyult hátrányos helyzetű csoportok problémáinak tudatosításában, feldolgozásában és kommunikálásában. Egy olyan művészi eszközzel van szó, amely játékos módon segíti elő az összetartást a közösségekben, emancipatív potenciállal rendelkezik, és katalizálja a résztvevők ön-reflexióját, valamint mások és a környező világ megismerését. Ha általa a civil közösség tisztábban látja, hogy a társadalmi állapotok nem természetes rendet tükröznek, hanem megváltoztathatók, demokratikusabbá tehetőek, akkor hasznos szerszámként üdvözölhetjük. Tanulmányokat és módszertani kézikönyvet, de még több részvételi filmet, még több játékot is tervezünk a jövőben.

Minor Média/Kultúra

Kutatásvezető: Dr. Müllner András
mullner.andras@btk.elte.hu
ELTE Bölcsészettudományi Kar
Művészetelméleti és Médiakutatási
Intézet, Média és Kommunikáció
Tanszék



TÖBB MINT KUTATÁS: EREDMÉNYEK

Akár kutatási eredménynek is nevezhető, ezért büszkék vagyunk a **Magyar Független Film és Video Szövetség** fesztiváljának „legkiemelkedőbb alkotói közösség” díjára, amit 2021-ben nyertünk el három nevezett filmünkkel. A díj arról tanúskodik, hogy egy olyan fesztiválon találtunk értő közönségre, amely egyszerre elkötelezett a filmes művészeti kifejezés mellett, ugyanakkor a független és civil látásmód hagyományát viszi tovább. A díj tükrözi számunkra az eredményt, amit a fiatal filmes közösségekkel értünk el az elmúlt években, és ami egyszerre jelentett a mozgóképek eszközeivel történő megismerést a fiatal résztvevők és a kutatóközpont munkatársai számára. A **nyári táborban** például egymástól térben és társadalmi szempontból is távol élő kamaszközösségek találkoztak egymással, először az online térben filmes „képeslapokon” keresztül, aztán személyesen is, hogy megtapasztalják

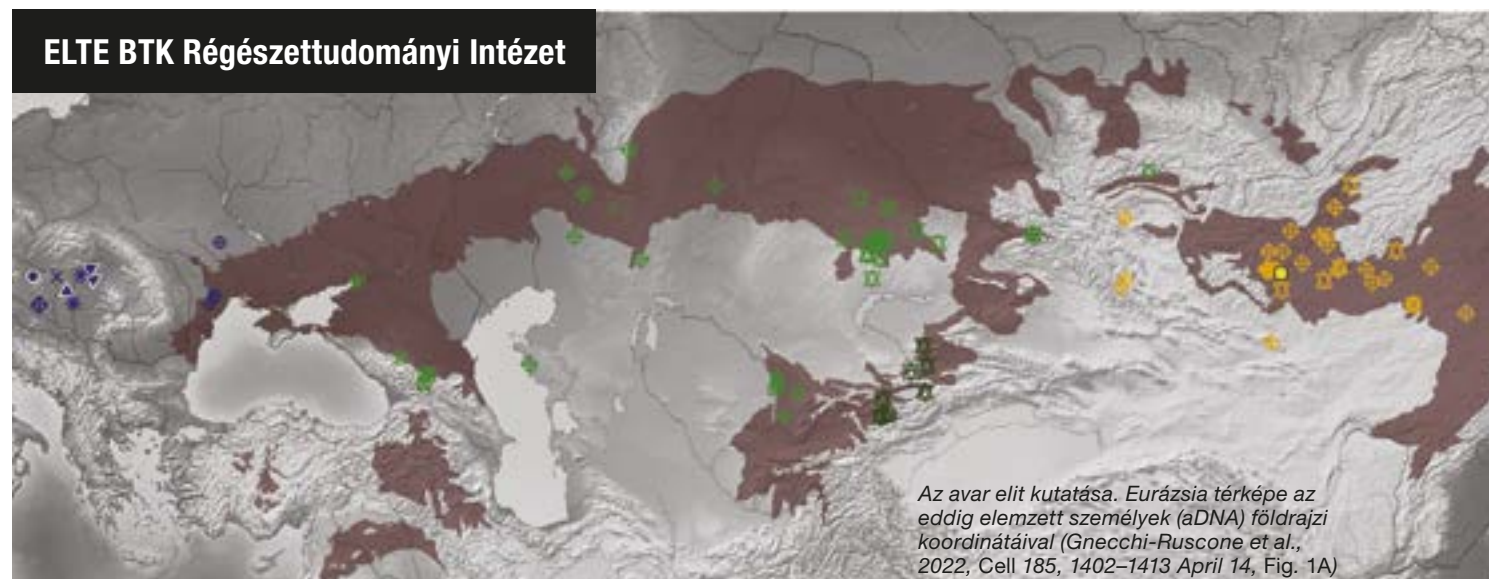
a kortárs Magyarországon egyre ritkább integrációt, megismerjék egymást és önmagukat, a saját és az idegen települést, és az idősebb generációk tagjait is, miközben interjúkat készítettek velük. Az egyik munkatársunk katalizátornak nevezi a kamerát, hiszen a kamera körüli sürgés-forgás közben szinte észrevétlenül hangolódunk egymásra a résztvevők, lojalitást és társadalmi szolidaritást tanulnak kis léptékben, amihez képest a filmkészítési ismeretek ráadásnak hatnak (bár nem másodlagosnak, például a megszerzett tudás piaci hasznosíthatósága szempontjából). A **filmakciók** mellett a részvételi film történeti példáit, jó gyakorlatait és módszertani-elméleti aspektusait is elemzik azok a magyar és angol nyelvű **tanulmányok**, amelyek a fent leírt kutatásról beszámolnak (pl. a *Replika* 124. számának részvételi filmes blokkja).



HistoGenes: 856453 ERC-2019- Synergy Grant

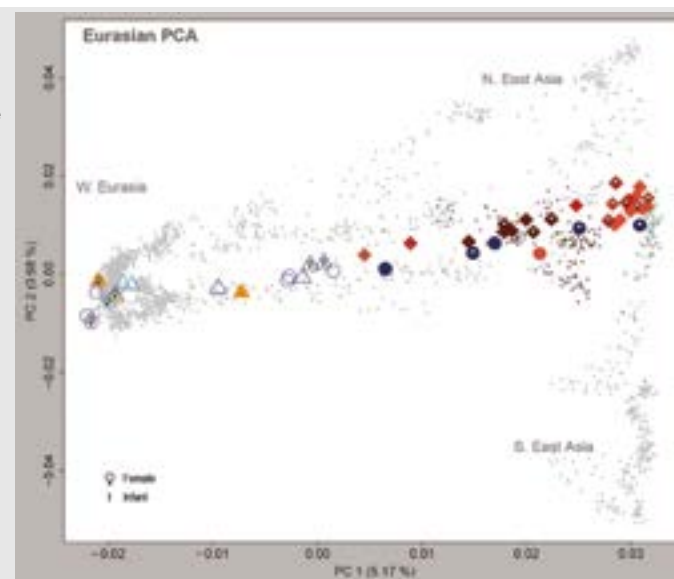
Az 5–9. századi Kelet-Közép-Európa integratív archaeogenetikai, régészeti és történeti vizsgálata, Kr. u. 400–900

ELTE BTK Régészettudományi Intézet



A történeti genetikai adatok egy több száz éves történeti kérdésre adtak választ.

Az avar elit tagjainak eurázsiai genetikai kapcsolatai (PCA) (Gnecchi-Ruscone et al., 2022, Cell 185, 1402–1413 April 14, Fig. 2B.)



Emberalakos nyeregdiszék, Rákóczi-falva, Paks, Kr. u. 7. sz. (Rácz 2012; Fotó: Dénes F.)

genom-szekvenáláson is átesett. A találkozó első napján az ELTE BTK Régészettudományi Intézet szervezésében a kutatócsoportok munkabeszámolóira került sor. A területi és tematikus alapon szerveződő *teamek* az egykori „temetkezési közösségeket” vizsgálják régészeti, csonttani, genetikai és izotópkémiai módszerekkel, hogy a népséget és a temetkezési szokásokon keresztül megnyilvánuló szociális viszonyokat, a korabeli hétköznapi élet különböző aspektusait jobban megismerjék.

Területiség, régiók:

A csoportok a Közép-Tisza-vidéken, a Kisalföldön, Keszthely térségében, a Bécsi-medencében és Szlovéniában elemzik a népesség biológiai állapotát, valamint a közösségek szerveződését és kulturális helyzetét. Jól látható, hogy a gazdálkodás és az életmód miként befolyásolja az együttélési formákat. A vizsgálatok a jövőben kiterjednek Közép-Németországra, Szlovákia, Morvaország, Ausztria, Szerbia és Erdély területére is. A projekt régióként több lelőhely teljes vizsgálatát végzi. Ennek az intenzív mintavételnek köszönhetően már látható, hogy akár azonos korszakból és régióból származó lelőhelyek között is különbségek foghatók meg a közösségek társadalmi szerveződésében. Az egykori Pannonia területén bizonyítható a helyi népesség továbbélése, az Alföldön pedig az avar korban keleti eredetű, patrilineáris leszármazást mutató, hosszú ideig egy helyben lakó közösségek figyelhető meg. A HistoGenes projektnek a *Cell* folyóirat 2022 áprilisában megjelent első eredményei szerint az avar elit genetikai eredete Belső-Ázsiába vezethető vissza, és az adatok genetikai bizonyítékot szolgáltatnak az emberiség történetének egyik legnagyobb, rendkívül nagy távolságot felölelő, gyors vándorlására (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867422002677?via=ih3Dihub>; illetve [https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(22\)00267-7](https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(22)00267-7)).

Az ELTE BTK Régészettudományi Intézete kutatói kulcsszereplői annak az élvonalbeli nemzetközi multidiszciplináris programnak, amely az Európai Kutatási Tanács legrangosabb pályázatán (ERC Synergy Grant) 10 millió eurós támogatást nyert el. A projekt célja Kelet-Közép-Európa népességtörténetének jobb megismerése az ősi DNS feltárásával a Római Birodalom bukása után, a nagy népvándorlások és a kora középkori hatalmi átalakulások időszakában. A magyar kutatók munkáját Vida Tivadar régész irányítja.

KÍSÉRLETI KUTATÁSOKKAL AZ INNOVATÍV RÉGÉSZETÉRT

A genetikai vizsgálatok régészeti-történeti hasznosítása látványos fejlődésen ment keresztül az elmúlt években. A teljes genom-szekvenálás, a bioinformatikai módszerek és az összetett számítógépes modellezés együttes alkalmazása lehetővé tették ősi DNS-ből a kora középkori népesség genetikai állományának a feltárását. Ez az időszak már bővelkedik írásos forrásokban, ezért olyan új módszer kidolgozását igényli,

amely genetikai, izotópkémiai, régészeti, fizikai antropológiai és történeti adatok integrációja alapján koherens képet alkothat múltból. A HistoGenes átfogó kísérleti projektje ilyen innovatív módszer kialakítására törekszik. A Közép-Duna-medence térségében az 5. és 9. század között élt népesség átalakulásának, formálódásának és biológiai hátterének vizsgálata mintegy 6000 egyén múzeumban őrzött csontmaradványainak genetikai és geokémiai (izotópos) vizsgálatával valósul meg.

ETNIKAI FOLYTONOSSÁG ÉS KULTURÁLIS KEVEREDÉS

A szakemberek vizsgálják a népi és kulturális folytonosság lehetőségeit a térségben, elsősorban a „római” provinciális lakosság és a keresztény kultúra sorsát, és elemzik a római-barbár népi és kulturális keveredés és együttélés formáit. A projekt központi kérdéskörét tehát a *migráció* természete jelenti a Közép-Duna-medence régiójában, és emellett nagy hangsúlyt kap az *etnicitás* szerepének értékelése.

Történeti kérdések természet- tudományos módszerekkel

1) Kérdés, hogy milyen biológiai hátterű csoportok érkeztek, mekkora volt a számarányuk, hogyan keveredtek el a helyi népséggel, megfogható-e törés vagy lakosságcsere?

A biológiai és izotópkémiai adatok új megközelítést és lehetőséget adnak a közösségek társadalmi szerveződésének, hétköznapi életének és nem ritkán egyes személyek sorsának megismerésére. Az ősi genetikai adatok segítségével olyan kérdések is kutathatóvá válnak, amelyek eddig a történelem és a régészet látókörén kívül helyezkedtek el, mert egy közösségen belül megmutatják a rokonsági kapcsolatokat és választ adhatnak arra a kérdésre, hogyan is képzelhető el egy család a kora középkorban?

2) Várségi alapon szerveződött-e a család, vagy ahhoz szociális vagy gazdasági (a háztartásban élő szolgák stb.) alapon is lehetett kapcsolódni?

3) Külön vizsgálatot érdemel a hierarchia és a státusz biológiai hátterének, a nők társadalmi helyzetének kutatása.

4) Tágabb körben pedig lehetővé válik a nagyobb közösségek összetételének és kapcsolatának megismerése.

EDDIGI EREDMÉNYEK

A 2020 májusában indult HistoGenes projekt lassan a futamidő feléhez ér. A 2022 októberében, Budapesten tartott éves találkozó alkalmat adott az eddigi eredmények számbavételére. A tervezett minták mintegy 80%-át sikerült már levenni, s ezek több mint fele már teljes



A HistoGenes projekt vezetői: Johannes Krause (Jena), Walter Pohl (Bécs), Patrick Geary (Princeton), Vida Tivadar (Budapest).

A projektben
10 ország
28 intézményből
több mint
100 kutató
vesz részt.

**További kérdések, téma-
területek, várható eredmények:
életmód, mobilitás, identitás**

5) A fizikai antropológiai vizsgálatok és a kórokozók DNS-elemzése általános támpontokat ad a korabeli egészségügyi viszonyokról, járványok hatásáról, és ezáltal adatokat szolgáltatnak az orvostudomány számára is.

6–7) A migráció és mobilitás kutatását a stroncium-izotópok, a táplálkozási szokások és az életmód jobb megismerését a nitrogén és a szénizotópok elemzése segíti.

8) Az ősi DNS kutatása túlmutat a genetika és a régészet kompetenciáján, és általában az „identitás” különböző aspektusaival (kik vagyunk, honnan jöttünk, hogyan élünk?) foglalkozó tudományágak képviselői, így történészek, kulturális antropológusok, etnológusok, szociológusok, a nemek és az egészség kérdéseivel foglalkozó kutatók érdeklődésére is számot tarthatnak.



A genetikai vizsgálatokhoz fogakból vagy a sziklacsontról vesznek mintát. Torzított koponya Hajdunánásról, 6. sz. (Fotó: Király A.)

RÉSZTVEVŐK, KUTATÓCSOPORTOK, INTÉZETEK:

A projekt fő pályázója az *Osztrák Tudományos Akadémia*, amely Walter Pohl (Institut für Mittelalterforschung der ÖAW, Bécs) vezetésével koordinálja a történelmi és fizikai antropológiai kutatásokat.

A genetikai vizsgálatokat a lipcsei *Max-Planck-Institut für Evolutionäre Anthropologie* végzi Johannes Krause irányításával.

A princetoni *Institute for Advanced Study* képviselőiben Patrick Geary irányítja a komplex biotörténeti elemzéseket, Krishna Veeramah; a *Stony Brook Egyetem* (New York) munkatársa pedig a bioinformatikai értékelést.

A régészeti értelmezést az *Eötvös Loránd Tudományegyetem Régészettudományi Intézetében* Vida Tivadar koordinálja (a munkacsoport tagjai Koncz István, Rácz Zsófia, Samu Levente, Spekter Olga, Hajdu Tamás és Szeniczey Tamás).

A csontmintavételt, a minták előkészítését és egyes genetikai vizsgálatokat pedig Szécsényi-Nagy Anna és Mende Balázs Gusztáv végzi az *Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Bölcsészettudományi Kutatóközpont Archaeogenomikai Intézetében* (Budapest).

Az ELTE vezetésével működő Digitális Örökség Nemzeti Laboratórium (DH-LAB) létrehozásának célja, hogy konzorciumi és piaci partnereivel együttműködve kidolgozza a nemzeti kulturális örökség mesterséges intelligencia alapú feldolgozásának, kutatásának és oktatásának, valamint a lehető legszélesebb körű közzétételének módszertanát. Mindezt úgy kívánja elérni, hogy a kifejlesztett módszertanok és eszközök, valamint a szakértői kompetenciafejlesztés közgyűjteményi, kutatási és piaci hasznosítására is követendő gyakorlatokat alakítson ki.

FORRÁSKUTATÁS HÁLÓZATOKBAN ÉS KOMPLEX ADATTEREKBEN

Két párhuzamos és egymáshoz szorosan kapcsolódó trendnek lehetünk tanúi a 21. század első évtizedeiben a kulturális, a tudományos szférában és az oktatásban. Egyrészt a mesterséges intelligencia (MI) korábban beláthatatlan ütemben írt át és/vagy vált le különféle bevett kutatási, vizsgálati módszertanokat, másrészt a kulturális örökség digitalizálásával,

DH-LAB: Digitális Örökség Nemzeti Laboratórium

Digitális bölcsészet

valamint a digitálisan született („born digital”) anyagok termelődésének növekvő volumenével és arányával korábban beláthatatlan nagyságrendű adatterek és hálózatok jönnek létre. Kézenfekvő, hogy a kutatómódszertan (és itt nemcsak tudományos kutatásra lehet gondolni, de olyan piaci horizontú tevékenységekre is, mint amilyen a piac-kutatás, a PR vagy épp a politikai elemzés) megváltozása átstrukturálja a kutatás és az oktatás voltaképpeni anyagát is. Ha a digitálisan hozzáférhető szöveges és audiovizuális primer és szekunder források mennyisége többszörösen meghaladja a források alapján következtetéseket megfogalmazó szakember (kutató, tanár, végfelhasználó) befogadóképességét, ha azok számítógép segítségével nélkül már felületesen sem tekinthetők át, akkor a források közreadásának, kutatathatóságának, a kutatásnak, illetve a jövő generáció digitális kompetenciáit formáló oktatásnak eleve számolnia kell a gépi intelligencia teremtette új helyzettel.

KORSZERŰ SZÖVEGFELDOLGOZÁS SZEMANTIKUS NYELVTECHNOLÓGIAI ESZKÖZÖKKEL

Ahhoz, hogy nagy tömegű, magyar szöveget is tartalmazó anyag – legyen az történeti forrás, sajtóanyag, média-termék vagy akár web 2.0-es forrás (blog, fórum, chat stb.) – bármilyen bölcsészeti, társadalomtudományi vagy piaci horizontú kutatás számára, illetve az oktatásban, a széles közönség körében szemantikus mélységben is értelmezhető legyen, a jelenleg rendelkezésre álló szolgáltatásokat, algoritmusokat fejleszteni kell. Mégpedig több szinten, például: nagyobb

és jobb tanítóanyaggal, magasabb színvonalú programozási architektúrával, szabványos, nemzetközi projektekben is használható be- és kimenetek fejlesztésével. Ehhez számítógépes nyelvészek, digitális bölcsészek és számítástechnikai szakemberek összehangolt munkájára van szükség, valamint, intézményi szinten, közgyűjtemények, kutatóhelyek, egyetemek és piaci szereplők szoros együttműködésére.

Enélkül azt kockáztatjuk, hogy a magyar nyelvi források feldolgozása (nemcsak a világnyelvek, de a kisebb európai nyelvek nyelvtechnológiai szolgáltatásainak fejlettségéhez képest is) ellehetetlenül – és erre épülve hiányt szenved a gépi intelligencia alkalmazása a kulturális örökség, vagy általában: a digitális források feldolgozásában – ami még a jelenleginél is nagyobb versenyhátrányt jelentene a magyar kutatásokban, különösen a határon túli kutatások és digitális örökség összefüggésében.

MINDENKI ÖRÖKSÉGE

A projekt keretei között együttműködő különféle intézmények közös munkája lehetővé teszi, hogy a mesterséges intelligencia alkalmazása a nemzeti örökség feldolgozásában, kutatásában és közzétételében radikálisan magasabb hatékonyságot érjen el, hasonlóan az ilyen fejlesztésekben élen járó országokhoz. A kifejlesztett eszközök, módszertanok piaci alapú felhasználásának kidolgozott jó gyakorlatai segítenek a korábban elszigeteltnek gondolt kulturális/oktatási területek közötti falak lebontásában (pl. informatika és bölcsészképzés, nemzeti kultúra és piaci fejlesztések).

INTELLIGENS, NEMZETI, DIGITÁLIS

A magyar nyelvre optimalizált nyelvfeldolgozó algoritmusok fejlesztése a szöveg-alapú oktatási, kutatási, valamint piaci felhasználások felé nyit utat.

A határon túli magyar nyelvű korpuszok prioritizált integrálása mesterséges intelligencia alapú szolgáltatásokba felszámolja a jelenlegi aránytalanságokat.

A digitális kulturális örökség kutathatóvá tételének, széles körű intelligens hozzáférhetőségének elősegítése gépi intelligencia segítségével szélesebb felhasználói kör számára nyújt célzottabb, intelligens hozzáférést a nemzeti kulturális örökséghez. A digitalizálás folyamatának gyorsítása MI eszközök révén, a tömeges digitalizálás eredményeinek gépi tárgyszavazása (*tagging*), kéziratok automatikus felismertetése többszörösére emelheti a hozzáférhető és értelmesen szelektálható, széles körben felhasználható kulturális tartalmak mennyiségét.

Az anyaország és a határon túli magyar közösség kutatási és innovációs szempontból releváns webes forrásainak webarátása, valamint a „born digital” anyagok archiválása és közzététele egy rendkívül értékes és ugyanakkor veszélyeztetett szellemi kincs, ami a magyar nemzeti kultúrának.

A csatlakozás a korábban magyar részvétel nélkül működő nemzetközi kutatási hálózatokhoz megteremti a lehetőségét egyrészt a kétirányú tudásáramlásnak, másrészt új pályázati és piaci források bevonásának.



INFORMATIKA A GAZDASÁG ÉS A TÁRSADALOM SZOLGÁLATÁBAN: A HARMADIK GENERÁCIÓS KUTATÓEGYETEMI MODELL

Harmadik generációs kutatóegyetemi modell: *kutatás- képzés-innováció*

Az informatika napjainkban az innováció motorja, a gazdasági szektorok felett átívelő és a termékekben meghatározó értéknövelő komponens.



Dr. Horváth Zoltán az Ericsson Szoftvertechnológiai Labor alapító vezetője, az EIT Digital Co-Location Centre igazgatója

Az informatika kiemelkedő alkalmazási szerepét, innovációs potenciálját a tudományegyetemi szintű informatikai alap- és alkalmazott kutatások biztosítják. A gazdaság versenyképességet fokozó tudást és szakembereket vár az informatika területén, aminek az Egyetem akkor tud megfelelni, ha az alap- és alkalmazott kutatás, a képzés és az innováció területei szoros kölcsönhatásban vannak egymással és a harmadik generációs kutatóegyetemi modellben létrejövő ökoszisztémával, az ELTE Informatikai Kar körüli sokoldalú és sokszínű együttműködési erőterben. A kari sajátosságokra optimalizált, legsikeresebb európai mintákon alapuló innovációs ökoszisztéma-modell alapelve, hogy az innováció a működés különféle szintjein szerves módon épül be az egyetemi mindennapokba: oktatók, kutatók, kari vezetés, profi innovációmenedzsment, hallgatók és ipari partnerek közreműködésével.

SIKERKRONOLÓGIA

Az új modell kezdetei az ezredfordulóra nyúlnak vissza, amikor az Ericsson vállalattal együttműködésben létrejött az első K+F+I labor, ahol a hallgatók ipari szakemberekkel és oktatókkal közösen egyből az ipari kutatás-fejlesztés tűz-vonalába kerültek – egy olyan szellemi pezsgés kellős közepébe, ami stabil tudásközösségeket teremtett. Ez motiválja jelenleg is a Kar legtehetségesebb hallgatóit, hogy az egyetemi karriert válasszák, hiszen a legnagyobb szellemi kihívást jelentő problémák gyakorlatközelí módon váltak az egyetemi hétköznapiak részévé, többek között a kvantumszámítások és kvantumkommunikáció, a statikus forráskódelemzés, a gépi tanulás, a jelfeldolgozás, a robotika, az önvezető járművek, a gépi látás, a geoinformatika területén.

- K+F+I **szoftverlabor** az Ericsson vállalattal együttműködésben
- EIT Digital európai kettős diplomás elitképzés

- **Ericsson Szoftvertechnológiai Labor:**
 - CodeChecker
 - CodeCompass
 - Model C++ Projekt
 - RefactorErl K+F labor
 - Development and Testing at Scale
 - P4 Labor
 - txtUML-Modellvezérelt szoftverfejl.
 - 5G Edge Computing: szoftveres alkalmazások 5G mobil hálózatokban
 - valós idejű zenei jelfeldolgozás
 - webes szoftvertechnológia

- STEM Felsőoktatási Jó Gyakorlatok Díj (Tempus közalapítvány)
- **EIT Digital teljes jogú tagság**
Budapesten létrejön az *EIT Digital CLC (Co-Location Centre)*: egyetemi inkubáció, induló vállalkozások, startup rendezvények, versenyek, új típusú együttműködések. Példák:
 - SkinCare projekt
 - *DLUB (Don't Leave Us Behind)* projekt
 - *Entremo* startup cég
 - *eBiz projekt* (fintech terület)

- sikeres **Tématerületi kiválósági program pályázat** („Ipar és digitalizáció”)
- **Szoftver- és Adatintenzív Szolgáltatások Kompetencia Központ** Projektek:
 - Data&Trust Lab
 - MedisoLab,
 - innovációs labor
 - SPECT

- részvétel a **Humane-AI-NET** európai mesterséges intelligencia zászlóshajó kezdeményezésben
- sikeres **EDIH** pályázatok
- sikeres **Tématerületi kiválósági program pályázat** („Nemzetvédelem, nemzetbiztonság”)



ELSŐKÉNT AZ ÉLEN: ERICSSON SZOFTVERTECHNOLÓGIAI LABOR

Mára a modellként szolgáló **Ericsson Szoftvertechnológiai Labor** a legnagyobb és legsikeresebb labor az Informatikai Karon, melynek eredményeit 2016-ban a Tempus közalapítvány **STEM Felsőoktatási Jó Gyakorlatok Díjjal** ismerte el. Többek között olyan innovációs eredmények születtek itt, mint a nyílt forráskódú CodeChecker, melyet a világ vezető informatikai cégei használnak a szoftverminőség javítására. Félévente **100-nál több informatikus hallgató** vesz részt ipari megbízás alapján működő K+F projektlaborok tevékenységében.

EGYETEMI INKUBÁCIÓ – EURÓPAI INNOVÁCIÓS KÖRNYEZETBEN

A következő nagy mérföldkő ezen az úton az **EIT Digital**-ban szerzett társult tagság, majd 2017-től teljes jogú tagság volt, ami a Kar innovációs kezdeményezéseit európai együttműködési dimenzióba emelte. Létrejött az *EIT Digital CLC (Co-Location Centre)*, ami már az egyetemi inkubáció, induló vállalkozások, és különböző startup rendezvények, versenyek színtereként, egy új típusú együttműködési térként funkcionál. Az elmúlt évtizedben összesen közel 12 millió eurónyi támogatást elnyert, oktatás–kutatás–innováció tudásháromszög keretében megvalósuló akadémiai–ipari együttműködésnek köszönhetően az ELTE Informatikai Kar több mint 20 innovációs projektet vitt sikerre, nyugat-európai üzleti partnerekkel és kutatóintézetekkel

együttműködve, amelyekből új termékek és szolgáltatások jöttek létre. A *SkinCare* projektben a francia Degetel együttműködésével bőrelváltozások (melanoma) azonosítását támogató mobil szolgáltatást fejlesztett a Kar a Semmelweis Egyetemmel közösen (ld. 60. oldal). A *DLUB (Don't Leave Us Behind)* projektben értelmi fogyatékkal élő gyermekek és fiatal felnőttek terápiás lehetőségeit támogató innovatív szoftverplatform készült. Az EIT Digital hallgatói az *Entremo startup* cégben páciensmonitorozó eszközt fejlesztettek. Fintech területén az *eBiz projekt*ben ügyfelek mikroszegmentációjára, gazdasági események előrejelzésére és hatásvizsgálatára dolgoztak ki az IK kutatói hatékony megoldásokat az OTP számára.

FENNTARTHATÓ FEJLESZTÉSEK BŐVÜLŐ HÁLÓZATA

A Kar sikerrel pályázott a **2019. évi Tématerületi kiválósági programban** („Ipar és digitalizáció”). Itt olyan felsőoktatási projektek kerültek támogatásra, amelyeknek eredményei társadalmilag-gazdaságilag hasznosíthatóak: az autonóm rendszerek, a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásai, agrár- és térinformatika, telekommunikációs hálózatok, vállalati információs rendszerek területén a megbízható nagy szoftverrendszerek technológiájára alapozva.

Az ipari és az akadémiai oldal versenyképességét kölcsönösen növelő együttműködések egyben a fenntarthatóság garanciáját is jelentik. A tématerületi



kutatások nagyban hozzájárultak a meglévő ipari kapcsolatok megszilárdításához, és emellett új lehetőségeket is generáltak a **Humane-AI-NET** európai mesterséges intelligencia zászlóshajó kezdeményezésben való részvételtől kezdve a sikeres **EDIH** pályázatokon keresztül a **2021. évi újabb tématerületi pályázat** sikeréig („Nemzetvédelem, nemzetbiztonság”). Létrejött továbbá az a kritikus kutatói tömeg, amely a projektben elért eredmények alapján jó eséllyel építhet további külső kapcsolatokat, vagy pályázhat európai szinten is további forrásokra. A Kar mind a DigitalTech/digitális technológiák, mind az adattudomány területén működő EDIH-ekben, azaz **európai digitális innovációs tudásközösségekben** szerepet játszik, képzéseket szervez, valamint üzleti és szakmai tanácsadás és tesztlaborok formájában segíti a **magyar KKV**-kat a **digitális transzformáció** folyamatában, elsősorban a kiberbiztonság, a fintech/digitális pénzügyi szolgáltatások, a blokklánc-technológia és az oktatástechnológia területén. A tervek szerint a két innovációs központ tagjaként az IK az elkövetkező 3 évben mintegy

1,2 millió eurónyi erőforrást fordít arra, hogy innovációs és technológiai tapasztalatait felhasználva a KKV-szektor megerősítéséhez konzorciumi partnereivel együtt hozzájáruljon.

ELTE IK MINT EDUKÁCIÓS MINTAKÉP

A kialakított modell sikerességét bizonyítja, hogy azt a Kar az általa vezetett **EIT Higher Education Initiative Inno-Change konzorciumban** már mintaként adja tovább közép-kelet-európai partnereinek. Ebben a projektben 2021 óta többszáz hallgató vett részt online vállalkozásfejlesztési kurzusokon, és a vállalkozói közösségépítő program iránt is hatalmas az érdeklődés.

Az itt folyó angol nyelvű informatikai mesterképzésünk immár 10 éve az **EIT Digital európai kettős diplomás elitképzésének** része, lefedi a mesterséges intelligencia, az adattudomány, a *fintech* és a kiberbiztonság területeit. A Kar képzéseinek minden szintjébe integrálta a vállalkozásfejlesztési ismereteket. Az alapképzésben a hallgatók számára már az első évben kötelező az **innovatív vállalkozásfejlesztési** kurzus. A kutatás-fejlesztés a mesterképzés szintjén is az oktatási program kredittel elismert részévé vált, az EIT program 30 kredites modulja minden hallgató számára elérhető mesterszinten, így az EIT Digital partneregyetemekkel közösen képzett 144 hallgatón túl, a Kar teljes hallgatói közössége szerez innovációs tapasztalatot a tanulmányai során. **Ipari doktori programjuk** is sikeresen működik 2012

óta, az EIT Digital programjában közösen folytatott 28 hallgató az ipari partnerekkel végzett szoros szakmai munka mellett innovációs kurzusokat is teljesített, s ez a szemlélet a kooperatív doktori program és a Kar Doktori iskolájának érdeklődő hallgatói számára is lehetőséget jelent.

SPECIÁLIS TUDÁSOK, KOMPLEX KOMPETENCIÁK

A fejlődési folyamat részeként két ipari tanszék, az **Adattudományi és Adattéchnológiai Tanszék** (Deutsche Telekom, T-Labs), illetve a **Mesterséges Intelligencia Tanszék** (Bosch Csoport) jött létre, valamint eredményesen működik a vállalati projekteket gondozó **Informatikai Képzési és Kooperációs Központ**.

További hazai vállalkozásokkal működik együtt, és biztosít az ELTE Informatikai Kar számára infrastrukturális hátteret a **Szoftver- és Adatintenzív Szolgáltatások Kompetencia Központ**. Nagy projektjei többek között a **Data&Trust Lab**, az E-Group Kft. együttműködésével FinTech, HealthTech, GovTech, vállalati adatvagyon-hasznosítási architektúra-tervezés területén. A **MedisoLab** egy magyar orvostechológiai eszközöket fejlesztő és gyártó cég, a Mediso Kft. kooperációjában szervezett innovációs labor, ahol SPECT szívfelvételek szoftveres reorientációja és mozgáskorrekciója, a készült felvételek minőségi javítása folyik (részletesebben ld. 56–57. oldal).

Mesterséges intelligenciával támogatott rehabilitáció

ELTE IK Mesterséges Intelligencia Tanszék

MI-VAL ÉS NEURÁLIS INFORMÁCIÓ- FELDOLGOZÁSSAL A HATÉKONY GYÓGYULÁSÉRT

A fizikai rehabilitáció távoli felügyelete és támogatása a telemedicina dinamikusan fejlődő alkalmazási területe. Az Informatikai Kar Mesterséges Intelligencia Tanszékének Neurális Információ-feldolgozási Csoportjában az ember-központú mesterséges intelligencia, az ember-gép interakció rendkívül összetett kontextusában tanulmányozzák a mesterséges intelligenciával támogatott fizikai rehabilitáció alkalmazásait és annak alapkutatói hátterét.

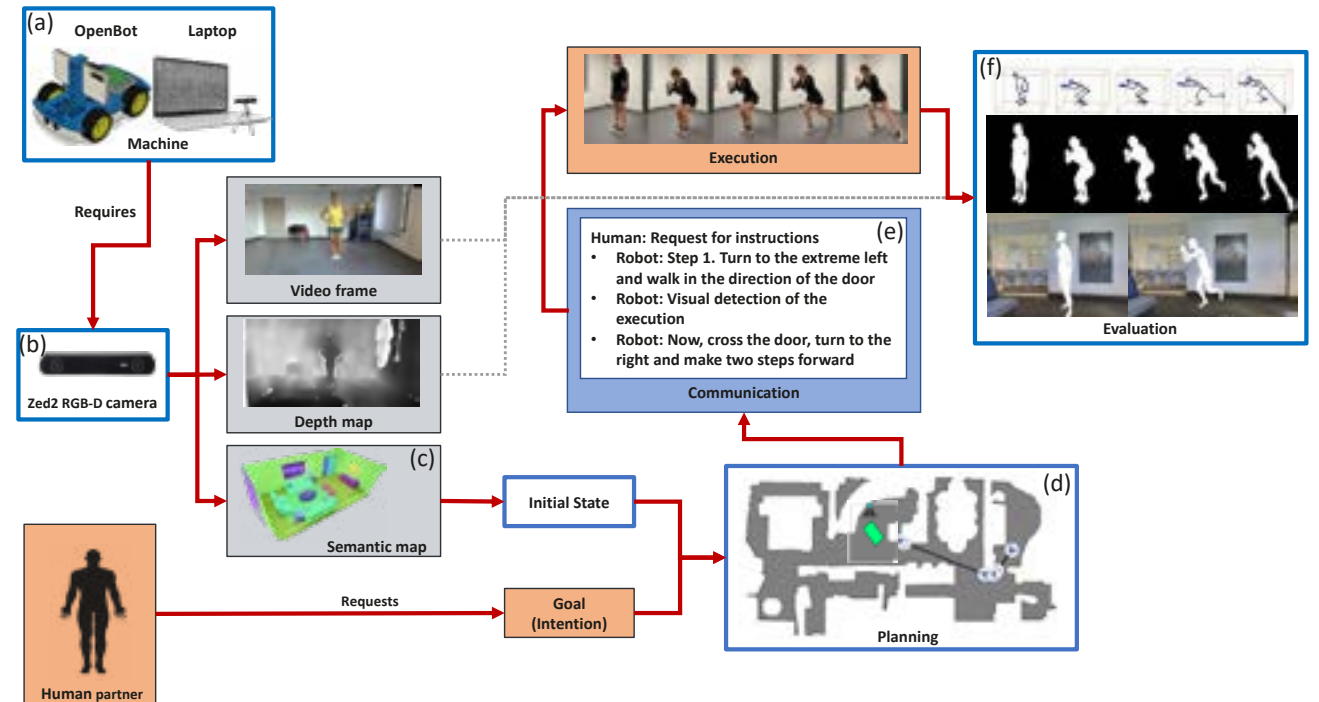
Együttműködő partner az Emineo magánkórház, ahol térd- és csípőprotézisműtéteket követően gyógytornával támogatják a teljes gyógyulási folyamatot. A rehabilitációs praxis részeként a kutatócsoport videó- és párbeszéd-adatbázist épített, ami a kutatómunka és az alkalmazásfejlesztés – a mélyhálók tanításának – alapját képezi.

MIT ÉRT A GÉP? FEJLESZTÉSI KÖVETELMÉNYEK, ELVÁRÁSOK

A rehabilitáció gépi támogatása feltételezi, hogy a gép képes az emberrel való együttműködés tervezésére, pontosan képes észlelni a környezetet és az emberi mozgást, valós időben javaslatot tud tenni korrekciókra, hatékonyan képes kommunikálni. Az alkalmazás fejlesztése során ez az elvárásrendszer határozta meg a kutatások irányát.

FORGATÓKÖNYV: A FEJLESZTÉS MODULJAI

A keretrendszer elemei elkészültek, az elemek illeszthetők egymáshoz. A cél az otthoni rehabilitáció, amelynek alapja a forgatókönyv. Ezt a forgatókönyvet, azaz a gyakorlatok sorrendjét, a gyakorlatok közben, során és után felteendő, feltehető és megválaszolandó kérdéseket a gyógytornász állítja össze úgy, hogy a személyhez illeszti. Illetve a forgatókönyv a humán vagy gépi kérdések és válaszok alapján különböző irányokban is megváltozhat, konzultáció is kérhető. Egy-egy ilyen forgatókönyv számos modulra támaszkodik (többek között 3D pózbecslésre, szemantikus térképre a navigáció és pozíció-optimalizálás érdekében, dialógusrendszerbeli intenciódetektálásra), a különböző mesterségesintelligencia-technikák, a mélyhálók kimeneti eredményeinek kombinációja pedig az ún. Kompozit AI segítségével valósul meg.



HOGYAN MŰKÖDIK

A módszer eleme az avatáralapú modellezés 3D számítógépes látás alkalmazásával. A kétdimenziós kameraképből a rendszer a test 3D-skeleton pontjai segítségével rekonstruálja a test háromdimenziós modelljét. A pozíciók és irányok optimalizálása és kiértékelése (beleértve a páciens és a kamera vagy kamerák egymáshoz viszonyított elhelyezkedését) mellett a keretrendszer kommunikációs modelljének kidolgozása is megtörtént – különös tekintettel a természetes nyelvfeldolgozási módszerekre, az ember és a gép közötti kommunikációt megalapozó szemantikai térképpel kombinálva. A szemantikai térkép egy objektumokra szegmentált 3D-háló, amelynek egyes pontjai tartalmazzák az ott lévő tárgy címkéjét (nevét) is. A gép ennek köszönhetően a páciens helyzetéből adódó koordináta-rendszer szerint (az ember nézőpontjából) is képes a környezetet érzékelni, és instrukcióit ennek megfelelően adja meg. A gyakorlatok végzése közben a kétirányú verbális kommunikáció biztosított, a páciens jelezni tudja, ha fájdalmat érez, vagy meg akarja szakítani a gyakorlatot.

A kutatók a csak videó(felvétel)-alapú visszacsatolás mellett (ami fontos non-verbális információkat közölhet a beteg állapotáról, szándékairól) megvizsgálták az adatvezérelt (gyűjtött adatokon, tapasztalaton alapuló információ) és szabályalapú (szakterületi szabályokon alapuló információ) párbeszédrendszerek alkalmazhatóságát és kombinálhatóságát, egy multimodális kommunikációs platformot építve.

A KUTATÁS JELENTŐSÉGE, HASZNOSULÁSA

Az ELTE kutatócsoportja által fejlesztett és fejlesztés alatt álló alkalmazás messze túlmutat a jelenleg elérhető megoldásokon: helyettesíteni tudja a gyógytornászt a gyógytorna során, illetve értesítheti a gyógytornászt, ha az alkalmazás határain túl kellene lépni. Az alkalmazás egyes moduljai széleskörűen felhasználhatók más területeken is, mint például: humán mozgás és viselkedés mérése, cselekvés gépi segítése vizuális és akusztikus információ észlelésével.

Kulcselemek:

avatáralapú modellezés,
3D modell, szemantikai
térkép, páciens-gép
kommunikáció

KERETPROJEKTEK

A kutatást többek között támogatta a Humane-AI-NET európai mesterséges intelligencia zászlóshajó-projekt, valamint a Tématerületi Kiválósági Program.

Az „Alkalmazásterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások” című projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi kiválósági program (TKP2020-NKA-06, Nemzeti Kihívások Alprogram) finanszírozásában valósult meg.

MEDISO: Csúcstechnológiás szívdiagnosztika

ELTE IK Szoftver- és Adatintenzív Szolgáltatások Kompetencia Központ

A SZÍVMŰKÖDÉS VIZSGÁLATÁBAN SEGÍT A NUKLEÁRIS MEDICINA

Az iszkémiás szívbetegségek diagnosztikájában a noninvazív eljárások között kiemelkedő a SPEKT (egyfoton-emissziós számítógépes tomográf) képalkotó eljárások használata. A nukleáris medicina eszközöként intravénás injekcióval a páciens szervezetébe sugárzó jelölőanyagot juttatva, annak eloszlását vizsgálva lehet a szív funkcionális vizsgálatát végezni. Erre a célra SPEKT gamma-kamerát használnak, amely sok szögből, a páciens körül forogva készít 2 dimenziós felvételeket a szívről. A kutatási feladatot olyan pontos és megbízható eljárások kidolgozása jelentette, amelyekkel a kvantitatív kiértékelés nagy magabiztossággal végezhető el.

KRITIKUS ZAJCSÖKKENTÉS:

Az Informatikai Kar Komputeralgebra Tanszékén hosszú évek óta folyik szívdiagnosztikai eljárások matematikai modellezésen alapuló támogatása. Az izotópdiagnosztikai eljárások esetében a fő kihívást az jelenti, hogy a betegnek sokáig kell mozdulatlanul fekvődni a felvétel elkészítése során, és a keletkező

kép minőségét minden apró mozdulat jelentősen rontja. Ennek kiküszöbölése kulcsfontosságú, hiszen alapvető terápiás döntéseket határoz meg a diagnózis. A szívsegmentálás és -reorientálás során olyan kvantitatív jellemzőket keresnek, amelyek a lehető legnagyobb pontosságú diagnózist teszik lehetővé. Az ELTE-n zajló kutatások eredményeképpen olyan megoldás született, amely egy nagyságrenddel nagyobb zajtűrést mutat a hasonló szoftverek teljesítményéhez képest.

KÉZ A KÉZBEN A GYÓGYÁSZATI IPARRAL

A budapesti székhelyű Mediso Medical Imaging Systems a nukleáris gyógyászat és a modern hibrid képalkotó technikák innovatív fejlesztéseiben érdekelt vállalat. A cég együttműködése az ELTE Informatikai Karral 2017-ben kezdődött az európai innovációs szervezet, az EIT Digital (korábban EIT ICT Labs) hazai programjának keretében, melyben a kezdetektől vezető szerepet játszik az Informatikai Kar.

EGYEDI ELTE-FEJLESZTÉS: HIBRID 3D-KÉPALKOTÁS

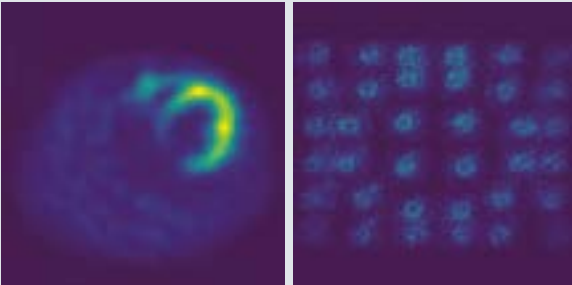
Az ELTE kutatói meghatározó módon járultak hozzá egy nukleáris orvosi képkiértékelő munkaállomás szoftverének tervezéséhez, amely támogatja az időfüggő, szervspecifikus radiofarmakon térbeli eloszlásának kvantitatív és 2D–3D bemutatását.



Bagaméry István, alapító tulajdonos, ügyvezető igazgató és fia, Bagaméry Gergő, termékfejlesztési igazgató. (Forrás: Mediso)

KÉTOLDALÚ ELŐNYÖK

Az együttműködés azóta is folyamatos, a fejlesztésekben egyetemi hallgatók és doktoranduszok is részt vesznek. A projekt vezető kutatója maga is az EIT mester-, majd ipari doktori képzésében végzett, így már a kezdetektől lehetősége nyílt szoros kapcsolatot kialakítani az ipari partnerrel. Ez a kettős



rálátás az ipari és akadémiai oldal igényeire az EIT képzésben szerzett üzletfejlesztési tapasztalattal együtt alapozza meg a leghatékonyabban a kölcsönös előnyökön alapuló együttműködéseket. Jelenleg a közös munka szervezeti keretét már az ELTE Informatikai Kar Szoftver- és Adatintenzív Szolgáltatások Kompetencia Központja jelenti, ahol az ipari partner is intenzíven jelen van.

Magának az Eötvös Loránd Tudományegyetemen 2020-ban NFKI támogatással felállított ipari-akadémiai kompetenciaközpontnak elsődleges célja, hogy az egyetemi tudásbázison alapulva a digitális iparban, az egészségügyben és a pénzügyi ágazatban alkalmazható, a vállalati és akadémiai versenyképességet növelő informatikai megoldásokat fejlesszen. Mindez hosszú távon elősegíti az ELTE kompetenciájára épülő, fenntartható, stratégiai vállalati együttműködésekben alapuló komplex innovációs és kutatási infrastruktúra létrejöttét.



Erlang programok statikus elemzése és refaktorálása

ELTE Informatikai Kar

Az alapelv, hogy az innovációt nem elég véghez vinni, fenntarthatóvá is kell tenni.

PROBLÉMA: GIGANTIKUS FORRÁSKÓDOK

A szoftverfejlesztést támogató eszközök jelentősége rohamosan nő az utóbbi évtizedekben. A forráskódok elérték azt a terjedelmet, ami már az átláthatóságot és a kezelhetőséget veszélyezteti, hiszen a nagy szoftverrendszerek mérete adott esetben több millió sor is lehet. Ezek létrehozásán nagy szoftverfejlesztő csapatok dolgoznak, ahol több éves távlatban a fejlesztők közötti tudásátadás is óriási kihívást jelent. A megoldást a szoftverfejlesztést támogató szoftverek hozták el. Egyre inkább elterjednek azok az eszközök, melyek a kód megértést, -karbantartást, hibakeresést támogatják, vagy éppen lehetőséget nyújtanak a forráskód különböző szempontok szerinti refaktorálására.

MEGOLDÁS: ELEMZŐ ÉS TÁMOGATÓ ESZKÖZÖK A SZOFTVERFEJLESZTÉSHEZ

Kell tehát egy olyan elemző eszköz, ami nyelvspecifikus és amelynek segítségével a forráskódokról akár kérdéseket is tehetünk fel, attól függően, hogy mi a célunk. Lehet az a cél, hogy egy-egy nagy szoftverkomponenst kisebb, kezelhető darabra bontsunk, megnézzük, hogy ha valahol megváltoztatjuk a programot,

akkor annak az egész rendszerben mire lesz hatása, de a függőségek mellett felderíthetünk például biztonsági sérülékenységeket is.

A STATIKUS ELEMZÉSTŐL A REFAKTORERL RENDSZERIG

2006-ban az Ericsson kereste meg a kutatócsoportot azzal, hogy az Erlang nyelven írt telekommunikációs hálózati szoftvereket refaktorálni képes eszközt hozzon létre. Ebből nőtt ki magát egy széleskörű statikus elemző infrastruktúra az elkövetkezendő években. A projekt eredményeit sikeresen applikálta például a NETSim alkalmazás, ami egy hálózati szimulátor, és a 3G/4G bevezetésénél kulcsszerepet játszott. Az együttműködés pedig azóta is folyamatos.

A módszer a statikus elemzés: azaz a forráskódból annak futtatása nélkül nyerhető ki információ. Ezen alapul a kutatócsoport által kifejlesztett RefactorErl elemző keretrendszer, amely az Erlang programozókat segíti mindennapos feladataik ellátásában.


```
22. first prefix it w/   Copy
23. two underscore the   Select All
24. we suffix the name w/   ", where " is the
25. integer that does not cause a clash.
```

A REFAKTOREREL ELŐNYEI

Az eszköz az időigényes napi munkát jelentősen képes lerövidíteni, csökkenti az emberi hibákat, segíti a *know-how* gyors megosztását az új csapattagokkal. Az eszköz támogatja fejlesztői lekérdezések felépítését és kiértékelését, az eredmények és a szoftverkomponensek vizualizációját, függőségi elemzést, forráskód-vizsgálatokat, duplikált kód észlelését, mely funkciók alapvetőek a hatékony, gyors csapatmunkához.

Akár a függvényhivatkozásokat, akár egy változó lehetséges értékeit, vagy a szükséges kódolási konvencióknak való megfelelést kell ellenőrizni, a szemantikus lekérdezőnyelv észszerű időn belül választ ad. Lehetőség van a lekérdezések megosztására, mentésére. Felhasználói visszajelzések alapján a lekérdezés lehetősége az 1 napos feladat fél órára csökkenését eredményezheti, ami ipari felhasználásban óriási előnyt jelent.

AZ INNOVÁCIÓ KISZÉLESEDÉSE A FELSŐOKTATÁSBAN

Egy kutatóegyetemen a kiinduló ötlet és annak megvalósítása az ipari szereplővel nem elegendő ahhoz, hogy az innovatív folyamat kiteljesedjen. A RefactorErl kutatócsoport sem állt meg ezen a ponton, hanem elkezdtek a módszer alapkutatási oldalát pályázati források bevonásával erősíteni és továbbvinni (EU FP-7, EIT Digital, Tématerületi Kiválósági Program, KMOP, TECH_08), a gyakorlati megvalósításba pedig egyre több hallgatót bevonni. A kutatás, az oktatás és az innováció egysége jelenti a siker zálogát, amit az évek során több mint száz publikáció, 100-nál is több tudományos diákköri munka és szakdolgozat, laborkurzusok sora fémjelez.

FEJLESZTÉSI TÁVLATOK, KOMPLEX SZOLGÁLTATÁSOK

Az évek során tucatnyi kutatási megbízás érkezett az Ericssontól, a tevékenység súlypontját ma már az oktatók, céges szakemberek, hallgatók közös munkáján alapuló kutató-fejlesztő laborok jelentik. Újabban az OTP Bank számára oktatási szolgáltatást is végez az IK-team. Az évek során fejlesztett eszköz pedig a piacon mára egyedülállónak számít a kínált szolgáltatások komplexitását tekintve.

Az „Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások” című projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi kiválósági program (TKP2020-NKA-06, Nemzeti Kihívások Alprogram) finanszírozásában valósult meg.



Tóth Melinda



Bozó István

TECHNOLÓGIAI HÁTTÉR:
SZOFTVERVEZÉRELT HÁLÓZATOK

A szoftvervezérelt (SDN) hálózatok a megbízható, biztonságos és gyors adatkapcsolat létrehozásának új paradigmáját képviselik napjainkban. Ezen új megoldás a hálózati funkciók szétbontására kínál lehetőséget. Segítségével elkülöníthetővé vált a vezérlési és az adatsíkok: a vezérlés (útvonalválasztás, az az alrendszer, mely eldönti, hova irányítjuk az adatforgalmat) központosításra kerül programozható interfészekon keresztül, míg az adattovábbítás funkcióját a kiválasztott célállomás felé a fizikai eszköz (pl. router, switch) végzi.

A fejlesztés előnyei:

- 1a) Ezzel a technológiával a hálózatok működése leegyszerűsíthető lett, a folyamatok végrehajtása sokkal hatékonyabbá, az eszközök konfigurálása sokkal gyorsabbá vált, hiszen a forgalom központilag felügyelhető, anélkül, hogy a hardver-eszközökhöz hozzá kellene férnünk.
- 1b) Az új módszer velejárója a nagyobb megbízhatóság, felügyelhetőség mellett, hogy jelentősen javulnak az erőforrás-gazdálkodási, költséghatékonysági mutatók.

Szolgáltatás minőségének biztosítása új generációs hálózatokban: túlterhelések kezelése, hatékony erőforrás-elosztás és jobb felhasználói élmény

ELTE Informatikai Kar

2) Az SDN-paradigma második lépcsőfokát jelentik azok a hálózati eszközök, ahol a csomagfeldolgozásért felelős adatsíkok is programozhatóak. Korábban új funkciók elhelyezése az adatsíkokban a csomagfeldolgozó mikrochip áttervezését igényelte. Programozható hálózati eszközök esetén ezt egy speciális programozási nyelvben, a P4-ben meg tudjuk tenni úgy, hogy a nagy – akár másodpercenként több terrabites – adatfeldolgozási sebességről sem kell lemondanunk. Az elmúlt években számos publikáció született akadémiai és ipari szereplők tollából, melyek rámutatnak, hogy a hálózati csomagok feldolgozásának programozhatóvá tételével radikálisan új módszerek és ötletek megvalósítása és alkalmazhatósága is lehetségessé vált.

HÁLÓZATI OPTIMALIZÁCIÓVAL
A MAGASABB MINŐSÉGÉRT

Az ELTE Informatikai Kar kutatócsoportja az Ericsson kutatási részlegével együttműködve egy új hálózati szolgáltatásminőséget garantáló keretrendszert (*Per Packet Value*) fejlesztett ki, melyben az alkalmazások 'sávszélesség' és 'késletetés' követelményei szétválaszthatók és a mai Internet hiányosságai kezelhetők. A módszer nem csak egyedi túlterhelések kezelésére alkalmas, hanem a hálózat szintjén segít *fair* módon elosztani a rendelkezésre álló sávszélességet a felhasználók és/vagy alkalmazások között. A módszer a *max–min fair* allokáció egyfajta általánosításának

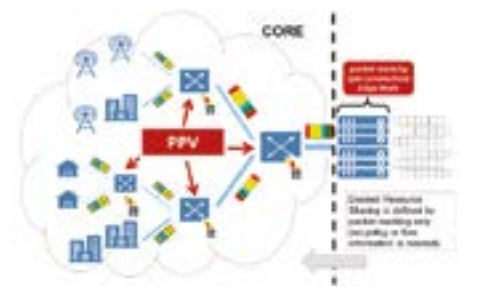
tekinthető, melynek tulajdonságait különböző adatfolyam-dinamikák mellett mind matematikai, mind szimulációs módszerekkel bizonyították. A módszert kiegészítették továbbá a *hierarchikus szolgáltatási minőség* megvalósításának képességével.

Az ELTE IK szoftveres megoldás
nóvuma:

A hagyományos megoldásokkal szemben, a módszer a teljes erőforrás-elosztási hierarchiát egy értékbe kódolja és az adatcsomagra illeszti. A hálózati eszközök ezen jelölés alapján döntést tudnak hozni, hogy túlterhelés esetén hogyan kezeljék az adott adatcsomagot. A megoldás több alváltozatát is kifejlesztették, melyek prototípusát korlátozott képességű programozható hálózati eszközökön implementálták is. A szolgáltatásminőséget garantáló módszer jó skálázódási képességgel rendelkezik. A kifejlesztett prototípussal akár 35 000 felhasználó forgalma és több 100 Gbps adatráta is könnyen kezelhető, a meglévő módszereknél kisebb számítási és tárhelykomplexitás mellett.



Laki Sándor
kutatásvezető



Gyakorlati alkalmazás:

Jelenleg a módszer gyakorlati felhasználási lehetőségein dolgoznak az ELTE IK szakemberei:

- 1) 5G/6G hálózatokban való fejlett szolgáltatásminőség biztosítása céljából, illetve
- 2) új típusú adatközpont-hálózatokban (pl. Google Jupiter architektúra) intelligens túlterhelés és útvonalválasztás kezelésére, ahol *mikromásodperc nagyságrendű reakcióidő* szükséges.

SkinCare®: melanóma-detektálás mobiltelefonos applikáció segítségével

ELTE IK Mesterséges Intelligencia Tanszék

AZ ELTE SZEREPE AZ EIT DIGITAL EGYÜTTMŰKÖDÉSSEN

Az EIT Digital – innovációs és vállalkozás-
ösztönző oktatási tevékenysége révén –
az európai digitális átalakulás egyik vezető
szereplője. A szervezet forradalmian új
digitális innovációk piacra segítésével,
innovációs ötletek támogatásával járul
hozzá az európai gazdaság növekedé-
séhez és az életminőség javításához.
Az ELTE vezette budapesti csomópont
(CLC) 2012-ben konzorciumként alakult
azzal a céllal, hogy felgyorsítsa a magyar-
országi és a közép-kelet-európai inno-
vatív infokommunikációs ökoszisztéma
fejlesztését. 2017-ben Magyarország
az EIT Digital teljes jogú tagjává vált.
2012 óta az oktatás–kutatás–innováció
tudásháromszög jegyében, akadémiai–
ipari együttműködés keretében az ELTE
kezdeményezésével a magyar kutatók 15
innovációs projektet vittek sikerre nyugat-
európai üzleti partnerekkel és kutatóinté-
zetekkel együttműködve, amelyekből új
termékek és szolgáltatások jöttek létre.

SKINCARE PROJEKT

Ezek egyike a SkinCare projekt, melynek
keretében az ELTE IK Mesterséges Intelli-
gencia Tanszék munkatársai olyan mobil-
telefon-alapú alkalmazás fejlesztésében
vettek részt, amely képes melanoma
automatizált detektálására. Az alkalmá-
zás feladata, hogy a mobiltelefon kame-
rája segítségével felvételeket készítsen
kérdéses bőrelváltozásokról, és jelezze,
ha az esettel bőrgyógyászhoz érde-
mes fordulni. Az innovációban az ipari

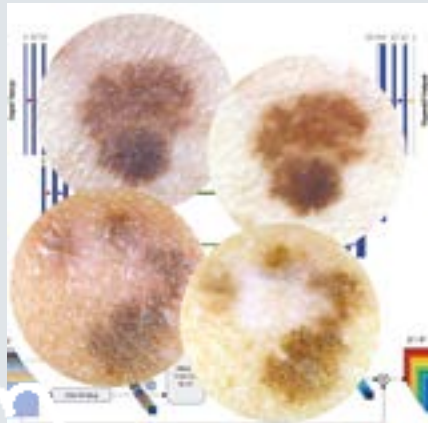
partner a franciaországi Degetel infor-
matikai vállalat volt, orvosi partner pedig
a Semmelweis Egyetem Bőr-, Nemikórtani
és Bőronkológiai Klinikája.

MIÉRT FONTOS A KORAI FELISMERÉS?

A melanoma a bőr pigmenttermelő sejt-
jeinek rosszindulatú burjánzása, amely
a legagresszívabb, áttéteket leggyak-
rabban okozó bőrráktípus. A beteg-
ség tipikusan a sejt DNS-ét károsító
UV-sugárzás következtében alakul ki.
Míg az időben elvégzett kezelés teljes
gyógyulást eredményez, a késői felisme-
rés közel 50%-os mortalitással jár – ami
kiemeli a korai diagnózis fontosságát.
A mobiltelefonos alkalmazás lehetősé-
get adhat egy előszűrésre, amely külö-
nösen a szakorvosi ellátástól távol eső
területeken járulhat hozzá a gyógyászat
hatékonyaságához.

HOGYAN MŰKÖDIK AZ APPLIKÁCIÓ

Az ELTE munkatársai olyan algoritmust
fejlesztettek, amely egy bőrelváltozásról
készült fényképfelvétel alapján meg-
becsüli, hogy az adott felvétel mekkora
bizonyossággal készült melanomáról.
A módszer a mesterséges intelligencia
„felügyelt tanítás” típusú alkalmazásai
közé tartozik, ahol egy bőrelváltozásokat,
valamint ezek igazolt diagnózisait tartal-
mazó adatbázis alapján az algoritmus
„megtanulja” felismerni a melanoma-
eseteket, hogy később egy, a tanítás so-
rán nem mutatott fényképről is sikeresen
tudjon dönteni. A felismerés pontossága
nemcsak az alkalmazott algoritmustól,



hanem a tanító-adatbázis minőségétől
és méretétől is erősen függ.

29 MÉLYHÁLÓ SEGÍTI A PONTOS FELISMERÉST

Az ELTE munkatársai által kidolgozott
módszer mély mesterséges neuronhálókon
alapul, amelyek általános képfelismerési
problémákban jelenleg a leghatékonyab-
bak. Az algoritmus egy 29 mélyhálóból
álló csoport, amelyben egyrészt általá-
nos célú, nagy teljesítményű képfelismerő
hálók vesznek részt; másrészt specializált
hálók, amelyek a bőrelváltozások olyan
jellegzetességeire érzékenyek, amelyeket
a bőrgyógyász szakemberek lényegesnek
tartanak a melanoma felismerésében. Ez
utóbbiak arra is lehetőséget adnak, hogy
az algoritmus ne csak fekete dobozként
egy végeredményt adjon, hanem a detek-
tált és azonosított ismertetőjegyek alapján
részleges indoklással tudjon szolgálni. A ki-
dolgozott algoritmus meghaladja (annak
eredményeire építve) a 2020-as nemzetközi
melanoma-felismerő verseny győztesének
teljesítményét, csekély többszámítási
kapacitás felhasználásával.

PARTNEREK: Degetel informatikai
vállalat (Franciao.), Semmelweis
Egyetem Bőr-, Nemikórtani és
Bőronkológiai Klinikája

MOBOT Gépi látáson alapuló automata raktárleltározó robotrendszer



PROBLÉMA LEÍRÁSA: MI, HOL, MENNYI?

A gyártók és a kereskedelmi vállala-
tok egyre fejlettebb technológiákat
alkalmaznak árukészletük követésére
és raktárrendszerük támogatására.
A raktárkészletek automatikus nyilván-
tartását követően egyre nagyobb igény
mutatkozik a leltározási tevékenység
robotizálására is. A leltározási probléma
különösen jelentős olyan raktárakban,
ahol az alapanyagok, illetve a félkész ter-
mékek nincsenek ellátva azonosítókkal,
és sem vonalkód, sem RFID-azonosítók
nem alkalmazhatók gazdaságosan.
Ilyenek például azok a raktárak, ahol
fém- vagy műanyagipari félkész termé-
keket, csöveket, szelvényeket, lemezeket
tárolnak több raktári helyen, félig rende-
zett vagy ömlesztett formában. Ezeken
a helyeken különösen nehéz megmon-
dani, hogy a raktári nyilvántartórendszer
által jelzett termékmennyiség ténylegesen
rendelkezésre áll-e a raktárban, illetve,
hogy melyik helyen pontosan hány darab
található.

CÉL: LETÁRAZÓ ROBOTRENDSZER GÉPI LÁTÁSSAL

Projektünk célja, hogy egy olyan mester-
séges intelligenciával támogatott, gépi
látáson alapuló, automata raktárleltározó
robotrendszert hozzunk létre, amely lehe-
tővé teszi az alapanyag- és félkésztermék-
raktárak teljesen robotizált leltározását,
amennyiben a tárolt árucikkekre a jó rálátás
és megközelítés biztosítható. Konzorcium-
vezető a Martin Metal Product Kft., egye-
temi partner az ELTE.

MEGOLDÁS

a) A fejlesztés részei, moduljai, működése:

A kialakítandó rendszer egy meglévő
robotplatformra épülő, a projektben ki-
fejlesztendő új leltározó robotegység-
ből, egy központi vezérlőegységből és
egy telefonos applikációból áll, amely az
egyszerű kezelhetőséget biztosítja. Az új
robotizált leltározórendszer működése
a következőképpen történik: A kezelő
vagy előre megadott időpontra ütemezi,
vagy alkalmanként indíthatja el a tele-
fonos applikáció segítségével a leltáro-
zást. A leltározó robotegység a központi
egységgel folyamatosan kommunikálva,
az előre beprogramozott útvonal szerint
teljesen automata módon bejárja a raktár-
teret. A robot az egyes raktári tároló-
helyeknél a polcrendszerre, látható pontra
felragasztott azonosító jelek segítségével
áll pozícióba, majd indítja a gépi látással
támogatott leltározási folyamatot. A leltá-
rozás a beprogramozott termék típusától
függően lehet cső, szelvény, lemez, bála
számlálása, vagy vonalkód felismerése
és leolvasása abban az esetben, ha
a termék már azonosítóval van ellátva.

b) A fejlesztés lépései, tesztelése, verifikálása:

A kutatók megvizsgálták a jelenleg el-
érhető ipari látórendszerek funkcióit,
modellezték a mesterséges intelligenciával
támogatott, tanítható gépi látás folyama-
tait, a felismerhető, skálázható méretű
termékgeometriákat, különös tekintettel
a leggyakoribb cső-, szelvény-, doboz-
és bálaalakzatok felismerhetőségére.

Kísérletsorozatot végeztek a beszerzés-
re kerülő gépi látórendszerekkel a félig
rendezett termékek darabszámának
felismerésére, mint például egy cső-
vagy szelvénylerakat végéről készült
felvételen a megjelenő körök, illetve L, T,
U zártszelvény-alakzatok megszámlálása.
Végül modellezésre kerülnek a kiválasztott
robotplatformra épülő robot optikai jelöl-
őkkel történő pozícióba állítási lehetőségei.

MIK VOLTAK A KIHÍVÁSOK?

Fejlesztési oldalról a fő feladatot a gépi
látást megvalósító szenzorok és vezérlő-
egység tervezése, a robot leltározási fel-
adatainak tervezése és a nyilvántartásra
szolgáló adatbázis kidolgozása, a tele-
fonos mobil alkalmazás funkcióinak
tervezése, a leltározó robotot irányító
központi rendszer adatbázisának és
funkcióinak tervezése jelenti.

A 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00115 számú
projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és
Innovációs Alapból biztosított támogatással,
a „Piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innová-
ciós projektek támogatása” (2020-1.1.2-PIACI
KFI) pályázati program finanszírozásában
valósult meg.

Háromdimenziós érzékelés járműre rögzített szenzorokkal

ELTE IK Geometriai Számítógépes Látás Csoport

Alighanem mindenki látott már sofőr nélkül közlekedő ön-
vezető járműveket tudományos-fantasztikus filmekben.
Szakértők még 15-20 éve is úgy gondolták, hogy az ilyen
közlekedési eszközök mára mindennaposak lesznek.
Bár az autógyártók egyre több vezetéstámogató rendszert
építenek be az új autókba, a teljesen önvezető közleke-
désre alkalmas autonóm járművek gyártása az erősen
növekvő igény ellenére sincs még belátható közelségben.

SZÁMÍTÓGÉPES GEOMETRIAI LÁTÁS CSOPORT AZ ELTE INFORMATIKAI KARÁN

Az ELTE Informatikai Karán évtizedek óta foglalkoznak számítógépes képfeldolgozással, néhány éve pedig ehhez kapcsolódóan önvezető technológiák fejlesztésével is. Az ezzel foglalkozó Geometriai Számítógépes Látás Csoport tagjai kutatók, doktoranduszok, hazai és külföldi alap- és mesterképzéses hallgatók, és egy tanszéki mérnök, aki a hardver összeállítása mellett a kezelőszoftver kialakításáért is felel, valamint összegyűjti a nyers adatokat és továbbítja azokat a kutatóknak.

SAJÁT ADATGYŰJTÉS SENZOROKKAL

A kutatások életre hívásakor az volt a cél, hogy az IK olyan önvezető autókból származó saját adatokkal rendelkezzen, amelyeket a kutatók és a hallgatók is felhasználhatnak. Kipróbálhatják a saját fejlesztésű szoftvereiket, és tesztelhetik, hogy az általuk kidolgozott megoldás működik-e egy adott forgalmi szituációban. Az adatgyűjtéshez egy régi autóra szereltek fel különféle modern szenzorokat: normál és nagylátószögű kamerákat – LiDAR-t, GPS-t – saját készítésű, 3D nyomtatott tartó segítségével.

SAKKTÁBLA HELYETT GÖMBVETÜLET: ÚJFAJTA SENZORKALIBRÁCIÓ

A kameraképek egy színes, nagyfelbontású kétdimenziós képet nyújtanak a környezetről, de nem adnak információt a környező tárgyak távolságáról, míg a LiDAR által szolgáltatott háromdimenziós pontfelhőből ez is kiolvasható. A kutatócsoport egyedi megközelítésből vizsgálja az önvezető járművek látását, innovatív módszereket használnak mind a képfeldolgozás, mind pedig a szenzorok kalibrációja során. A kameraképekből affin transzformációkkal nyernek ki hasznos adatokat, amelyek segítségével megállapítható például az úttest síkja, elég jó közelítéssel a jármű sebessége és mozgási pályája, kizárólag a képekből származó vizuális információ felhasználásával. A szenzorkalibrációhoz (ennek során igazítják egymáshoz a különböző szenzorok koordináta-rendszerét) általában sakktáblát használnak. Ennek hátránya, hogy bár a kameraképeken jól felismerhető a mintázata, a LiDAR pontfelhőben nehéz meghatározni, hogy pontosan hol van a sík széle. Ennek ellensúlyozására kezdtek el az ELTE utatói gömböt használni a kalibrációhoz. A gömb vetülete a kameraképeken egy speciális ellipszis, ami alapján meghatározható a gömb eredeti térbeli pozíciója, ha ismert a gömb sugara. A LiDAR pontfelhőn szintén nagyon jól elkülönülnek az egyéb, főként síkszerű objektumoktól a gömbök, és meghatározható az adott gömb középpontja.



ELTEKart

CÉLZOTT VÁLLALATI FEJLESZTÉSEK

A kutatócsoport szoros kapcsolatot ápol a Robert Bosch Kft-vel, amely ipari szereplőként hangsúlyos szerepet vállal az önvezető autók technológiájának fejlesztésében. Az ELTE a céggel közösen hirdet kooperatív doktori programokat, melyek során a hallgatók nemcsak a kutatások akadémiai vetületét ismerhetik meg, hanem betekintést nyernek a vállalati kutatóhelyek működésébe is. Jelenleg doktorandusz és MSc-hallgatók dolgoznak az elérhető kutatási témákon, melyek közül az egyiket a Bosch hozta. A legkiválóbb hallgatókat a cég ösztöndíjjal is támogatja. Az együttműködés gyümölcsözőségét mutatja, hogy immáron második alkalommal írt ki hallgatóknak szóló versenyfelhívást közösen az ELTE és a Bosch, melynek témája szintén a kutatásokhoz kapcsolódik. A céges támogatás mellett a kutatások finanszírozására pályázati forrásokat is felhasznált az egyetem (EFOP, Tématérületi Kiválósági Program).



ÚT A JÖVŐBE

A jövőbeli tervek között szerepel további szenzorok – pl.: inerciális mérőegység (IMU), ultrahangos távolságmérők, radar – felszerelése az autóra; valamint folyamatosan tesztelik és továbbfejlesztik az eddig létrehozott kép- és adatfeldolgozó algoritmusokat. Az eszközök a Robert Bosch Kft. adományának köszönhetően rendelkezésre állnak, beszerelésük a 2022/2023. tanév során folyamatosan történik, hallgatók részvételével.

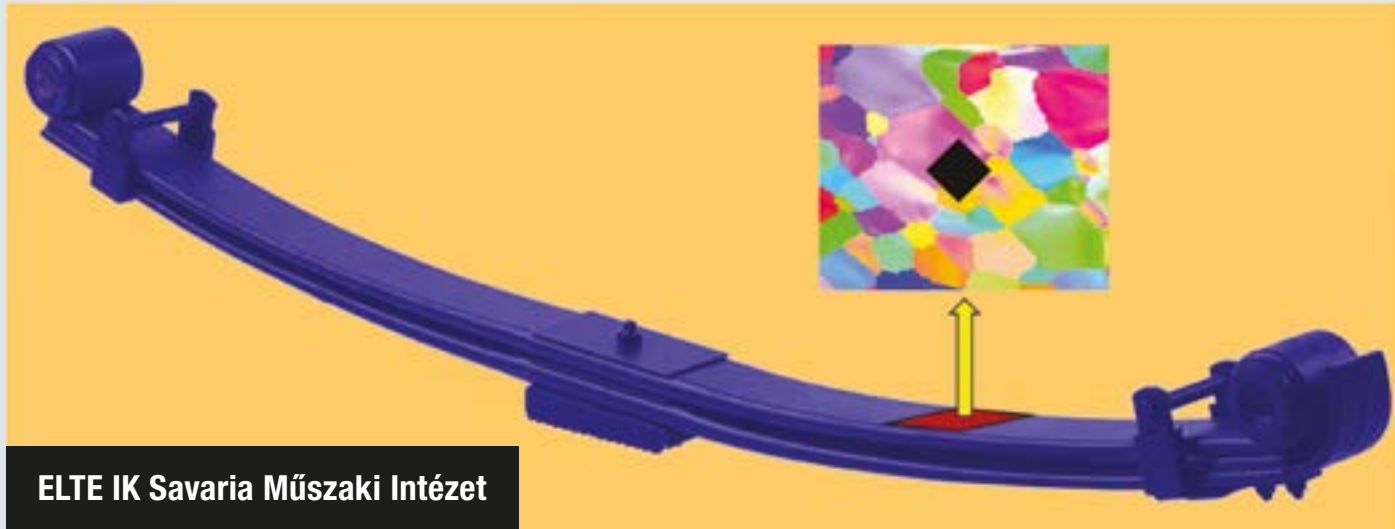
ÉRDEKESSÉG: E-GOKART (MIKROKONTROLLERREL)

A ténylegesen önvezető autók szoftvereinek fejlesztéséhez nemrégiben egy elektromos gokartot szerzett be az egyetem. A jármű az ELTEKart nevet kapta, a Kutatók Éjszakája keretében 2022 őszén már a nagyközönségnek is bemutatták. Jelenlegi állapotában távvezérléssel működtethető, de a távvezérlést könnyen ki lehet cserélni számítógépes irányításra. A legnagyobb kihívást jelentő, jelentős mérnöki tervezést igénylő része az átalakításnak a kormányzás távirányítása volt. Ennek megoldásaként az eredeti kormányt 3D nyomtatott fogaskerekre cserélték, melyet egy VW Passat elektromos ablaktörlőjének motorja mozgat. A motorvezérlés távirányítása lényegesen egyszerűbb feladat, hiszen az eredeti motor elektromos, ennek mikrokontrolleres vezérlése nem igényel hatalmas átalakítást.

Az ELTEKartot két kamerával és egy LiDAR eszközzel szerelték fel, ezekkel lehet adatokat gyűjteni. A csoport célja 2023 tavaszára egy olyan szoftveres keretrendszert készíteni, amellyel tetszőleges önvezető funkciók implementálhatók a járműre, és valós időben ki is próbálhatók.

Az „Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások” című projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématérületi kiválósági program (TKP2020-NKA-06, Nemzeti Kihívások Alprogram) finanszírozásában valósult meg.

Parabolarugó fejlesztése: mechanikai tulajdonságok és szövetszerkezeti aspektusok



ELTE IK Savaria Műszaki Intézet

SPECIÁLIS ANYAGTUDOMÁNYI MEGOLDÁS AZ AUTÓIPAR SZÁMÁRA

Az Informatikai Kar Savaria Műszaki Intézetében alkalmazott kutatás során elemzik és vizsgálják az újonnan fejlesztett anyagokat, melyeket ipari partnerük, a BPW-Hungaria Kft. használ paraboli-
kus laprugók fejlesztéséhez. Az új termék modern technológiát képvisel, ahol minden egyes kialakított lap speciális parabola alakú profilt képez. A paraboli-
kus laprugókat haszongépjárművek és nehézteherautók tengelyeinek fel-
függesztésére alkalmazzák, és a több-
lapos összetett szerkezet biztosítja az egyik leghatékonyabb műszaki megol-
dást. A laprugók fejlesztésének története több mint 100 éves múlttal rendelkezik, a legmodernebb tehergépjármű-
ipar pedig egy olyan műszaki megoldáson dolgozik, mely hatékony rugókarakteris-
ztikát biztosít, kisebb súly mellett. A két ellentétes peremfeltétel együttes teljesí-
tése jelenti az anyagtudományi kihívást

és a Savaria Műszaki Intézetben meg-
valósított kutatás kiindulópontját.

TÖBBSZINTŰ SZERKEZETI VIZSGÁLATOK AZ ELTE SEK MŰHELYEIBEN

A kutatócsoport az adott műszaki problémát három különböző szinten vizsgálja: makroszkopikus (centiméteres-
méteres tartomány), mikrométeres (szemmel nem látható, mikrométeres anyag-szövetszerkezeti tartomány) és nanométeres skálán (atomi szint). A projekt megvalósítása során vizsgálják az ipari anyagok viselkedését terhelés során, valamint elemzik a mikroszerkezeti változásokat különböző technikákkal. Például az optikai és pásztázó elektron-
mikroszkópia lehetővé teszi a kémiai összetételnek, szövet- és kristályszerkezeti változásoknak az elemzését. Más oldalon, a mikro- és makrokemény-
ség-mérések, valamint a szakító- és a Charpy-
vizsgálatok információt nyújtanak az anyagok mechanikai tulajdonságairól.

Az anyag mechanikai viselkedése, a belső szerkezeti változások, valamint a mikro-
méretű 3D (3 dimenziós) hibák fejlődése komplex képet biztosít az anyagi jellem-
zőkről, ami lehetővé teszi hatékony anyag fejlesztését anyag- és gyártástechnológiai szempontokból.

EREDMÉNY:

Az Informatikai Kar Savaria Műszaki Intézetének kutatói elemzéseik során rámutattak olyan karakterisztikus mikro-
szerkezeti jellemzőkre az egyes anyagok-
ban, melyek kritikusak a paraboli-
kus laprugók teljesítménye szempontjából.

Projekt résztvevők:

Prof. Dr. Sidor Jurij, DSc,
projektvezető;
Bátorfi János György, PhD hallgató



ÁJK



BGGYK



BTK



GTK



IK



PPK



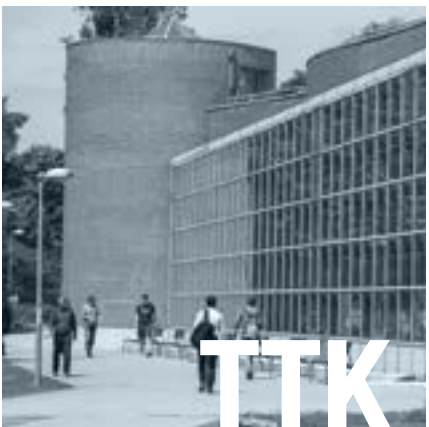
SEK



TáTK



TÓK



TTK



ELTE INNOVÁCIÓS KÖZPONT

Telefon: +36 1 411-6747
Cím: 1053 Budapest,
Kecskeméti utca 10-12.
e-mail: innovacio@innovacio.elte.hu
Honlap: <https://www.elte.hu/innovacio>

Igazgató:

Magyar Dániel

Telefon: +36 1 411-6500/2171
e-mail: magyar.daniel@innovacio.elte.hu

Kapcsolat:

Ornódi László MSc, innovációs menedzser
e-mail: ornodi.laszlo@innovacio.elte.hu



ELTE
EÖTVÖS LORÁND
TUDOMÁNYEGYETEM