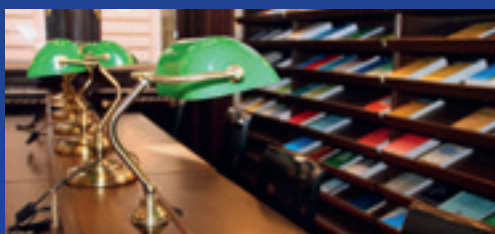
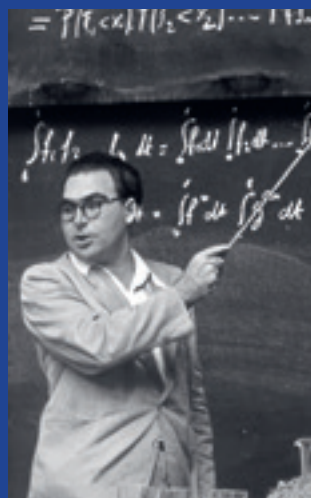


RÉNYI 75 1950-2025

RÉNYI ALFRÉD MATEMATIKAI KUTATÓINTÉZET



© HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet, 2025

A kötetet szerkesztette:

Oláh Andrea, Szomolányi Márta és Zombori Andrea

Korrektúra: Lőrinczi Ágnes

Tördelés: Sólyom Melinda

ISBN 978-615-6326-54-6

Megjelent A HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet
gondozásában, 2025-ben

Felelős kiadó: Stipsicz András, igazgató

Nyomdai kivitelezés: Prime Rate Kft., 2025

Felelős vezető: dr. Tomcsányi Péter

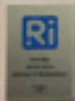
TARTALOM

Köszöntő	5
A Rényi Intézet a 21. században	9
A magyar matematika kiemelkedő alakjai kutatóink szemével	17
A Rényi Intézet: múlt, jelen és remélt jövő	45
Mivel foglalkozunk? – Tudományos osztályok	63
Pályázatok, díjak	91
A könyvtár története	97
Pillanatképek intézetünk mindennapjaiból	105

KÖSZÖNTŐ

Hagyományosan 25 évente ünnepeljük intézetünk megalakulását, 1950-es megszületését. Immár a harmadik kiadvány próbálja áttekinteni, emlékeztetessé tenni, mi is történt az elmúlt negyedszázadban. Ahogy az a matematikában lenni szokott, rengeteg dolog állandó (hiszen például a Pitagorasz-tétel érvényessége sem változott az elmúlt 2500 év során): a magyar matematika továbbra is fontos szereplője a nemzetközi tudományos életnek, különösen néhány (sokszor magyar-nak tulajdonított) témakörben, mint például a gráfelmélet és a kombinatorika. Nem változott az sem, hogy ezekben a sikerekben a Rényi Intézet (mint az ország legtöbb matematikust foglalkoztató intézménye) oroszlánrészt vállal. De nem változott az intézet kutatóinak elkötelezettsége és kíváncsisága sem, ami alapja az új elméleteknek, az új bizonyításoknak, felismeréseknek.

A tudomány azonban változott az elmúlt negyedszázadban. Olyan diszciplínák, módszerek, eszközök jöttek létre, amelyekről korábban csak álmodni lehetett, és ezek számos régi és új kutatási irányt emeltek be a fősodorba. A nagy hálózatok kutatása, vagy a mesterséges intelligencia matematikai alapjainak tanulmányozása mára minden matematikai kutatóintézet repertoárjának, így a Rényiének is elmaradhatatlan része. A Mesterséges Intelligencia osztály rövid idő alatt az intézet legnépesebb osztálya lett, míg a nagy hálózatokat és a gráfok limeszelméletét vizsgáló csoport (többoldalú nemzetközi kooperációban) az egyik zászlóshajóvá vált. Régi tervek is valóra váltak, hiszen most már megerősödve működik egy kutatócsoport algebrai geometriában is, és olyan népszerű témáknak is otthont tudunk adni, mint az optimális transzport vagy a kvantumszámítások elmélete.



13 15



Bizonyos értelemben változott az intézet struktúrája is: egyre nagyobb szerepet játszanak a külső, tipikusan pályázat útján elnyert források. Kiemelkednek ezek közül az Európai Kutatási Tanács (ERC) kutatási grantjei, amelyekből immár a tizenharmadik nyertes pályázat kezdi el működését a Rényi falai között. De nagyon jól szerepeltek fiatal kutatóink az MTA Lendület pályázatain, és az alkalmazott irányok megerősödését jelzi (és segíti továbbfejlődni) részvételünk két Nemzeti Laboratórium munkájában. Ezen pályázati források, valamint az Erdős Központ elindítása rengeteg fiataalt vonzott és vonz az intézetbe, átalakítva annak korfáját is.

Hogy mit tartogat a következő negyedszázad? Mit tudnak majd a Rényi100 szervezői felsorolni, ünnepelni? Nehéz erre jó választ adni, de abban biztosak vagyunk, hogy megmarad az az igény, hogy a dolgok mélyére lássunk, hogy megértsük a jelenségek, adatok, formulák mögött álló összefüggéseket, törvényszerűségeket. Magyarán, hogy jó, értékes és érdekes matematikát csináljunk.

Stipsicz András, igazgató

A RÉNYI INTÉZET A 21. SZÁZADBAN

2000-ben ünnepelte az intézet alapításának ötvenedik évfordulóját. Ebből az alkalomból készült egy kis füzet, amelyben összefoglaltuk az első fél évszázad legjelentősebb eseményeit, bemutattuk kiemelkedő kutatóinkat. Az azóta eltelt huszonöt év során újabb nagyszerű matematikai eredmények születtek, a kutatóintézet tovább haladt sikerekben gazdag pályáján, élve az időközben megnyílt új lehetőségekkel. Ebben az írásban röviden áttekintjük ennek a negyedszázadnak a legfontosabb történéseit.

Az intézet alapításától fogva kiemelkedő kutatókat foglalkoztatott, akik szakterületük magas nemzetközi mércéjének megfelelő színvonalon végezték a munkájukat. Azokban az időkben is, amikor utazási korlátozások nehezítették a külföldi kutatókkal való kapcsolattartást, az intézet igyekezett fenntartani nemzetközi kapcsolatrendszerét, a Bolyai János Matematikai Társulat keretében rendszeresen szervezett nemzetközi konferenciákat, amelyek jó alkalmat teremtettek a keleti és a nyugati kutatók találkozására, lehetőséget nyújtva a legfrissebb tudományos eredmények megismerésére, az aktuális kutatási irányzatokba való bekapcsolódásra. A 2000-es években aztán Magyarországnak az Európai Unióhoz való csatlakozásával, sőt valamivel már azelőtt is, szélesre tárultak a lehetőségek az európai kooperációkban és pályázatokon való részvételre. Az ezeken elért sikerek bizonyították, hogy a Rényi Intézetnek valóban ott a helye a világ jelentős matematikai kutatóközpontjainak sorában.

Az első kiemelkedő siker az EU-tól a *Centre of Excellence* cím és az ezzel járó támogatás elnyerése volt 2001-ben. Ezt követték a különböző európai együttműködések a *Transfer of Knowledge* projektek

(FIST, BudAlgGeo, DiscConvGeo, HUBI) keretében. Bár a koncepció arra irányult, hogy az újonnan csatlakozó tagállamok kutatói tanuljanak a régebbi tagországok kiválóságaitól, a Rényi Intézet esetében a tudástranszfer kétirányú volt. Azután 2007-ben óriási lehetőség nyílt meg az Európai Kutatási Tanács (European Research Council, rövidítve ERC) megalakulásával és nagy összegű kutatási pályázatainak meghirdetésével. Az azóta eltelt időszakban a Rényi Intézet kutatói sikeresen szerepeltek a kiélezett versenyben, eddig összesen 13 nyertes pályázat született az intézetben (1. táblázat). Az ERC anyagi támogatása öt-hat évre biztosítja egy-egy kutatócsoport működésének a feltételeit, és nem lebecsülendő a pályázatok elnyerésének presztízsértéke sem. Emellett jó néhány fiatal külföldi és hazatérő magyar kutató nyert az EU Marie Skłodowska-Curie ösztöndíjpályázatán, valamint több európai konzorciális pályázatban is eredményesen vett részt az intézet (például a Doctoral Network pályázatban mind résztvevőként, mind konzorcium-vezetőként szerepelnek kutatóink).

ELNYERT ERC PÁLYÁZATOK		
projekt	témavezető	kategória kezdete
2008	Pintz János	Advanced
2011	Bárány Imre	Advanced
2012	Stipsicz András	Advanced
2013	Szemerédi Endre	Advanced
2014	Szegedy Balázs	Consolidator
2015	Abért Miklós	Consolidator
2017	Pyber László	Advanced
2018	Pete Gábor	Consolidator
2019	Lovász László	Synergy
2020	Pach János	Advanced
2023	Tardos Gábor	Advanced
2024	Stipsicz András	Advanced
2025	Gilyén András	Starting

1. táblázat

Az ERC és más nagyobb volumenű pályázatok lehetőséget teremtenek fiatal kutatók, posztdoktorok alkalmazására az egyes kutatócsoportokban. Közöttük a legkiválóbb fiatal magyar matematikusok mellett számos külföldi is részt vesz a kutatási programok megvalósításában. Ennek köszönhetően – más vezető külföldi intézetekhez hasonlóan – egyre nemzetközibb a Rényi Intézet kutatóinak csapata. Az elmúlt években dolgozott itt angol, brazil, cseh, dán, egyesült államokbeli, etióp, indiai, ír, iráni, izlandi, kanadai, kínai, koreai, lengyel, német, olasz, orosz, portugál, román, spanyol, szlovák, szlovén, török, ukrán kutató is.

Az is nemzetközi elismerést jelentett, hogy – a posztszocialista országokból másodikként – a Rényi Intézetet 2006-ban fölvtették az európai matematikai kutatóintézetek szervezetébe (ERCOM), majd tagja lett a European Postdoctoral Institute-nak is. Sajnos ez utóbbi szervezet azóta megszűnt, de az ERCOM továbbra is sikeresen működik, mint az EMS (European Mathematical Society) egy szerve.

A nemzetközi kapcsolatrendszer kiszélesítésében magasabb szintre lépett az intézet az Erdős Központ létrehozásával 2021-ben. A Központ a Rényi Intézet egy részlege, és hasonlóan működik, mint más matematikai konferenciaközpontok, például a kaliforniai MSRI, az angliai Newton Intézet, a németországi Hausdorff Center vagy a svédországi Mittag-Leffler Intézet. Így ősszel és tavasszal is sor kerül tipikusan egy-egy tematikus szemeszterre. Egy szemeszternek általában két nyári iskola (kb. 40-80 PhD diák, illetve posztdoktor részvételével) és a hozzájuk kapcsolódó intenzív workshop (kb. 40 résztvevővel) jelenti a gerincét. Egy-egy szemeszter kapcsán vendégkutatók is érkeznek részben senior, részben posztdoktori állásra, akikkel így elmélyülten tudnak együtt dolgozni a hazai matematikusok. A kezdeményezés sikerét a tudományos programok résztvevőinek visszajelzésein túl jól mutatja, hogy az Erdős Központ három évre jelentős támogatást kapott az amerikai Simons Foundation-tól.



ELNYERT LENDÜLET PÁLYÁZATOK	
2009	Tardos Gábor
2010	Stipsicz András
2012	Abért Miklós
2013	Szegedy Balázs
2015	Rásonyi Miklós
2016	Virág Bálint
2017	Harcos Gergely
2020	Csikvári Péter
2021	Virostek Dániel
2023	Maga Péter
2024	Harcos Gergely
2024	Pach Péter Pál
2025	Gilyén András

2. táblázat

ELNYERT ÉLVONAL PÁLYÁZATOK	
KKP_17	Stipsicz András
KKP_20	Bárány Imre
KKP_20	Pach János
KKP_20	Szegedy Balázs
KKP_21	Abért Miklós
KKP_21	Csóka Endre
KKP_21	Gerencsér Balázs
KKP_22	Némethi András

3. táblázat

A hazai kiválósági pályázatokon is sok sikert könyvelhetett el a Rényi Intézet. Az MTA Lendület programjának már az induláskor, 2009-ben is az egyik nyertese egy Kanadából hazatérő kutatónk volt, azóta már összesen 13 Lendület támogatás érkezett az intézethez (2. táblázat). Az OTKA, majd az NKFIH is nagyszámú kutatási projektet támogatott az intézetben. Ezek közül kiemelkedik a Rényi Intézet által vezetett konzorcium „A mesterséges intelligencia matematikai alapjai” témájában (2018-2021). Ez volt az első olyan nagyszabású kutatási program, amely azzal a célkitűzéssel jött létre, hogy felzárkóztassa hazánkat a gépi tanulás témakörében. Az utóbbi években nyolc kutatónk nyert az NKFIH Élvonal pályázatán (3. táblázat).

A fent említett számos külső támogatásnak köszönhetően újabb és újabb kutatócsoportok alakulnak, az intézet dolgozóinak létszáma folyamatosan növekszik. Az intézet egész történetét végigkíséri a zsúfolt elhelyezés, a helyhiány. Rényi Alfréd már az 1950-es években panaszkodott az Akadémia vezetésének az elégtelen elhelyezés miatt. A Reáltanoda utcai palotában átalakításokkal növelték az irodai alap-

területet: a földszinti előtér és a második emeleti hall megosztásával hoztak létre új irodákat, nem törődve az épület építészeti értékeivel. Amikor aztán emeletráépítéssel (először 2001-ben az utcai fronton, majd 2016-ban az udvari szárnyon) sikerült új kutatói szobákat létesíteni, akkor lehetőség nyílt a korábbi durva beavatkozások nyomainak eltüntetésére. Ám a létszám bővítése újabb igényeket keltett, amit már csak újabb ingatlanoknak, a környező épületekben elhelyezkedő néhány lakásnak a megvásárlásával lehetett kielégíteni. A gondokat azonban bőven ellensúlyozza a patinás környezet, a jól megközelíthető belvárosi ház, a százszemélyes nagy előadóterem, ami a konferenciákra érkező külföldi kutatók előtt is vonzóvá teszi az intézetet – természetesen a tudományos presztízsén felül.

Alapvető feladat a minőségi kutatói utánpótlás biztosítása. Ennek érdekében az intézeti kutatók az egyetemi oktatásból is kiveszik a részüket. Elsősorban az ELTE és a BME matematikus oktatásában vállalnak szerepet különböző módokon. Emellett nagy jelentősége volt a CEU-val 2000-ben kötött megállapodásnak, aminek alapján létrejött a CEU-n a Matematika és Alkalmazásai Tanszék és annak doktorképzési, majd később mesterfokú programja, amelyek keretében az előadások zömét az intézet kutatói tartották és a hallgatók nagy többségének témavezetői is a Rényi Intézetből kerültek ki. A kitartó munka eredményeként a program már számottevő nemzetközi elismertségre tett szert, amikor a CEU magyarországi működésének ellehetetlenítése következ-



Ilyen volt – ilyen lett

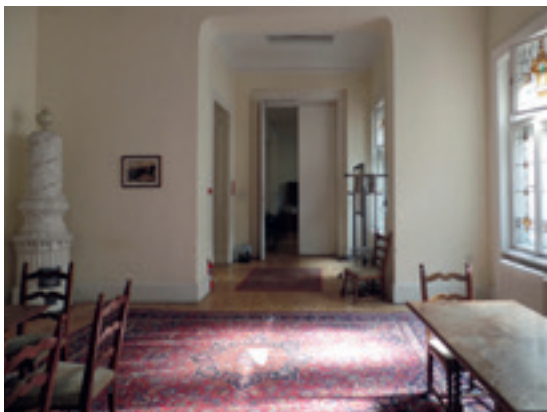
tében megszűnt a matematikai tanszék. A felsőoktatás területén fontos megemlíteni az intézeti kutatóknak az amerikai egyetemisták számára magyarországi részképzést nyújtó Budapest Semesters in Mathematics programban végzett oktatómunkáját is. Az egyetemekkel való kapcsolat kétoldalú: sok egyetemi oktató rendszeres résztvevője az intézeti szemináriumoknak, konferenciáknak, továbbá az intézet minden évben fogad néhány vendégkutatót hazai egyetemekről – mintegy „sabbatical év”-re, akik ezalatt teljes energiájukat a kutatásnak szentelhetik.

Az intézetben főleg elméleti matematikai alapkutatásokat végeznek, de mindig is hangsúlyt fektettek az alkalmazott irányokra. Ebben az időszakban a kriptográfiai, a bioinformatikai, a pénzügyi matematikai, majd a gépi tanulóval kapcsolatos kutatások voltak az előtérben.

NAGY NEMZETKÖZI KONFERENCIÁK	
2000	Celebration of the World Mathematical Year
2001	Finite and Infinite Combinatorics
2003	Von Neumann Centennial Conference
2008	Building Bridges, honoring the 60th birthday of László Lovász
2010	A Conference in honor of the 70th birthday of Endre Szemerédi
2011	EuroComb’11
2011	Paul Turán Memorial Conference
2013	Erdős Centennial
2014	Summit: 240 – Frankl, Füredi, Győri, Pach are 60
2015	Intuitive Geometry – László Fejes Tóth Centennial
2017	6th European Set Theory Conference
2018	Building Bridges II – László Lovász 70
2022	Rényi100 – Rényi Centennial
2023	CERME13 Research in Mathematics Education
2024	Summit: 280 – Frankl, Füredi, Győri, Pach are 70
2025	EuroComb’25

4. táblázat

Általában minden évben számos kisebb-nagyobb nemzetközi konferenciát, workshopot, nyári iskolát szervez az intézet a matematika különböző területeiről. A 4. táblázatban az elmúlt negyedszázad legnagyobb rendezvényeit foglaltuk össze. Ezek legtöbbször egy kiemelkedő kutató kerek születésnapjához igazodva vonzották hazánkba a témakörben dolgozó matematikusokat a világ minden tájáról.



A Rényi Intézet az itt alkotó matematikusok közössége, az intézet minden munkatársa nagy örömmel fogadja, amikor valamelyik kollégánk elismerésben részesül, legyen az egy jelentős pályázat elnyerése, egy kitüntetés vagy díj, díszdoktori cím vagy akadémiai tagság. Hogy csak a legkiemelkedőbbeket soroljuk fel: Büszkék vagyunk Szemerédi Endre (2012) és Lovász László (2021) Abel-díjára és a Szent István-renddel történt kitüntetésükre (2020, ill. 2021). Örültünk, amikor Fejes Tóth László (2002), T. Sós Vera (2015) és Szemerédi Endre (2022) megkapta az Akadémiai Aranyérmet, és legutóbb, amikor 2025-ben Stipsicz András munkásságát ismerték el a Bolyai János alkotói díjjal. Az 5. táblázatban a 2000 után az intézetben dolgozó kutatók MTA tagságát, illetve Széchenyi-díját (korábban Állami díj) tüntettük fel. Az Intézet maga is ad ki díjat: a Rényi-díj a legkiválóbb intézeti kutatók munkáját ismeri el 1972-es megalapítása óta, míg a 2023-ban alapított Fejes Tóth László-érem – az Intézet második igazgatójának emléket állítva – a geometria (tágan értelmezett) területén elért nemzetközi szinten is jelentős munka előtt tiszteleg. 2023-ban Lovász László, 2024-ben Szemerédi Endre, míg 2025-ben Maryna Viazovska nyerte el az érmet.

AKADÉMIKUSAINK, SZÉCHENYI-DÍJASAINK			
	levelező tag	rendes tag	Széchenyi- díj
Bárány Imre	2010	2016	2016
Csiszár Imre	1990	1995	2007
Fejes Tóth László(†2005)	1962	1970	1973*
Füredi Zoltán	2004	2010	2018
Hajnal András (†2016)	1976	1982	1970*
Juhász István	2007	2013	
Katona Gyula	1995	2001	2005
Lovász László	1979	1985	1985*, 2008N
Major Péter	2004	2013	
Némethi András	2019	2025	2017
Pach János	2022		
Pálffy Péter Pál	2004	2010	2020
Pintz János	2004	2010	2013
Pósa Lajos			2011
Pyber László	2013	2019	
Révész Pál (†2022)	1982	1987	1978*
Ruzsa Imre	1998	2004	
Simonovits Miklós	2001	2007	2014
T. Sós Vera (†2023)	1985	1990	1997
Stipsicz András	2016	2022	
Szegedy Balázs	2025		
Szemerédi Endre	1982	1987	2012
Tardos Gábor	2019	2025	
Tóth Bálint	2022		
Tusnády Gábor	1995	2001	2014

*1990 előtt Állami díj N = Széchenyi-nagydíj

A MAGYAR MATEMATIKA
KIEMELKEDŐ ALAKJAI
KUTATÓINK SZEMÉVEL



RÉNYI ALFRÉD

(1921–1970)

Intézetünk alapító igazgatója, a világháború utáni évtizedek egyik meghatározó matematikusa. Nagyszerű tudós, egyetemi oktató, tudományszervező és népszerűsítő.

A budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen Fejér Lipót tanítványa volt 1940–44 között, majd a második világháború után a szegedi egyetemen Riesz Frigyesnél doktorált 1945-ben. Kandidátusi fokozatát 1947-ben Moszkvában szerezte Yuri Linnik témavezetésével, egy világraszóló eredménnyel. Továbbfejlesztette a Linniktől származó nagyszítát, és ennek felhasználásával jutott közelebb a Goldbach-sejtés megoldásához. Igazolta, hogy minden elegendően nagy páros szám egy prímszám és egy olyan szám összege, amelynek legfeljebb K prímosztója van, ahol K egy konkrét, megadható szám.

1949-től a debreceni tudományegyetem professzora lett. 1950-ben ő hozta létre a Magyar Tudományos Akadémia gyorsan világhírűvé vált Alkalmazott Matematikai Intézetét, amelynek haláláig igazgatója volt. 1952-től az ELTE valószínűségszámítási tanszékét is vezette.

Fő kutatási területei a valószínűségszámítás és az információelmélet voltak. De az utólag legelismertebb munkái a kombinatorika felé mutatottak. Erdős Pállal közös cikkükben megalapították a véletlen gráfok tudományágát. A Google Tudós szerint Rényire 42 ezerszer hivatkoztak, ebből több mint 11 ezer hivatkozás szólt a véletlen gráfok alapvető cikkükre. Rényi volt az egyik megalapítója a Kombinatorikus Keresés témakörének is. Az általa elindított szeminárium e területen máig tevékeny.

Egyetemi előadásai is kiválóak voltak. Minden előadását ott kezdte, ahol az előzőt, azt a benyomást keltve, mintha saját érdekében elevenítené fel elejétől kezdve az anyagot. Mindig alaposan előkészítette, amit mondani akart, szükségét érezte megindokolni, hogy mit fogunk csinálni, és miért pont úgy, ahogy csináljuk. Szerette heurisztikusan, szemléletesen, részben pontatlanul végigmondani a bizonyításokat, mielőtt bármit is a táblára írt volna. Úgy beszélt, mintha hangosan gondolkozna, akkor, ott gondolná végig először a problémát (és csak annyit tudna, mint a hallgatóság). Azután végre felállt, és pillanatok alatt teleírta a táblát. Már nem kellett a lépéseket magyarázni, illetve nem tartotta fontosnak a magyarázatot. Viszonylag keveset mondott el egy alkalommal, és a befejezést sokszor ránk bízta. Az egész magyar valószínűségszámítási iskola az ő tudományos leszármazottja. (A Mathematical Genealogy szerint 191-en.)



Rényi Alfréd, Erdős Pál, Haim Hanani

De az ismeretterjesztésnek is óriása volt. A *Dialógusok a matematikáról* című művében ókori görög tudósok (középiskolás korában ógörög versenyt nyert!), majd Galilei és társai beszélgetnek a matematikáról és a matematika alkalmazásairól. A *Levelek a valószínűségről* című könyvében Pascal és Fermat leveleznek, közben felfedezik a valószínűségszámítást. Végül a *Napló*

az információelméletről egy matematikus diáknak az információelméleti előadáson született gondolatait írja le.

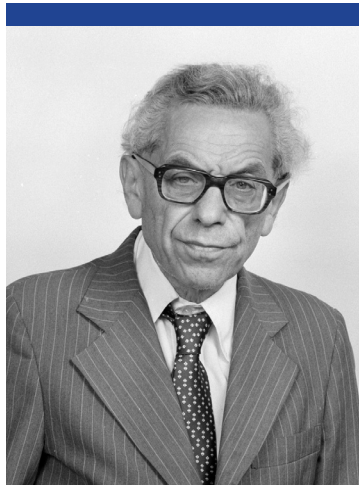
Mint igazgató is kiváló volt. Az akkor jóval kisebb intézet minden munkatársáról nagyjából tudta, hogy mivel foglalkozik. Akiről kiderült, hogy nem elég tehetséges, szerzett neki másik állást. Odavett néhány tehetséges embert, akiket a rendszer nem szeretett (pl. Szabó Árpádot). A szobája mindenki előtt nyitva állt. Kivéve, amikor a gazdasági vezetővel voltak éles vitái, aki mindig „akadékoskodott”, holmi előírásokra hivatkozva.

Nem láttam még egy olyan optimista embert mint ő (bár én is versenyző alkat vagyok). De az volt a tapasztalata, hogy neki minden sikerül. Egyben tévedett. Hogy a sok cigaretta nem árt meg neki. Nem érte meg a 49-ik születésnapját.



Rényi Alfréd és felesége, Kató

Katona Gyula



ERDŐS PÁL

(1913–1996)

Erdős Pál (1913, Budapest–1996, Varsó) a kombinatorika világszerte legsikeresebb kutatója volt. Két ICM meghívás (Amsterdam 1954, Zürich 1994), Wolf-díj (1984), számtalan egyéb elismerés, díszdoktori cím birtokosa. A valaha élt egyik legtermékenyebb és legjelentősebb matematikus volt, a Mathematical Reviews 512 társszerzővel 1447 publikációt sorol fel, és ezekre 28 950 hivatkozást.

Az 1989-ig elkészült művei megtalálhatóak a következő webcímen: https://users.renyi.hu/~p_erdos.

Erdős csodagyerekből óriássá nőtte ki magát. Érdeklődése hamar a számelmélet felé fordult. Kizárólag középiskolai anyagot használó, rövid bizonyítást adott Csebisev tételére, miszerint x és $2x$ között van prímszám. Az egyetemen Fejér Lipót tanítványaként a függvénytársak és a Fourier-analízis legújabb eredményeit tanulta.

König Dénes szemináriumán találkozott számos későbbi munkatársával, pl. Szekeres Györggyel. Ramseytől függetlenül, 1936-ban

felfedezték a Ramsey-tételt. Ennek hatására fejlődött ki az extrémális gráfelmélet is, a mai kombinatorika egyik fontos területe.

Erdős korát megelőzve rengeteget utazott, hozta-vitte a híreket, az új eredményeket. Ennek hasznát a mostani internet és e-mail uralta korunkban el sem tudjuk képzelni. Már fiatalon világosan látta, hogy el kell hagynia a hazáját. Ugyanakkor szoros kapcsolatot tartott fenn hazai kollégáival, elsősorban Turán Pállal. Rengeteg levelet írt, sok közös kutatásban vett részt. Kiváló előadó és munkatárs volt. Egyformán könnyen beszélt magyarul, németül és angolul. Magyar állampolgár maradt, magyar útlevéllel utazott, ami sok nehézséget okozott. Az akkori rendszer annyi kedvezményt engedett, hogy nem akadályozták az utazásait.

Idősebb korában, mikortól én ismertem (1976-tól), napi négy-öt órát aludt. Hajnali 4-től megírt hat-nyolc levelet (papíron), lektori véleményt, értékeléseket a világ különböző tájaira. Mikor Budapesten volt, az elsők között ért a Matematikai Intézetbe. Beült az igazgató szobájába és fogadta a látogatókat. Azonnal elkezdett matematikáról beszélgetni. Számtalan különböző témával tudott egyszerre foglalkozni. Hárman-négyen is körbeülték, többnyire fiatal kollégák, hol egyiküktől kérdezett valamit vagy elmondott egy bizonyítást, hol a többiektől. Bollobás Béla elmesélte, hogy Erdős üzent utána, és meghívta a Royal cukrászdába. A 14 éves Pósa Lajostól olyasmit kérdezett a Hamilton-körökről, amiből egy fontos cikk és módszer keletkezett. Ruzsa Imrének, aki akkor a Fazekas Gimnáziumba járt, nagyon fontos volt, hogy Erdős meghallgassa,

Erdős Pál és Bollobás Béla





*Erdős Pál, Hajnal András
és Hajnal Péter*

és Erdős valóban odafigyelt rá. Hajnal András leírta, hogyan találkozott aspiránsként Erdőssel Szegeden, aki megkérdezte, hogy nem mennének-e fel a Fogadalmi templom tornyába. Közben matematikáról beszélgettek. Mire visszaértek, addigra meg is volt az első közös cikkük anyaga.

Erdős egész életét a matematikai kutatások töltötték ki. Személyes leveleiben is gyakran hamar a matematikára tért. Szeretett pingpongozni, sokoldalúan művelt volt. Szeretett klasszikus verseket sajátos humorral átkölni. Gyakran gyermeki naivitással szemlélte a világot, de például a történelem

realista megítélője volt. Egy baráti beszélgetésben az a kérdés merült fel, hogy mennyivel másképp történt volna a muhi csata, ha 1241-ben is lett volna ágyú. Erdős szerint „ha már akkor lett volna ágyú, akkor valószínűleg a tatároknak valamivel jobb ágyúik lettek volna”.



Erdős munkássága hihetetlenül mély és szerteágazó. Legfontosabb eredménye a véletlen módszer elterjesztése. Rendkívüli problémaérzékenység jellemezte, és mindig nyitott volt az új eredményekre. Ontotta az érdekesnél érdekesebb megvizsgálandó témákat. Feltett egy apró kérdést, ha az megoldható volt, akkor rögtön feltett egy következő kérdést, majd újabb és újabb kérdéseket, és hihetetlen magasságokig ért el. Természetesen nem egy mechanikus kérdéssorozatra, hanem lényeglátó megértésre volt szüksége, így módszerét lehetetlen megfelelő intuíció nélkül lemásolni.

Erdősnek annyi problémája, annyi ötlete és meglátása volt, amit idő híján nem tudott kidolgozni, ezért egy külön műfajt hozott létre, az Erdős-féle problémacikket. Játékból sok probléma megoldásáért jelképes pénzjutalmat ajánlott fel. Problémái egy részét halála után Amerikában könyvbe gyűjtötték, ami azóta is kollégák tucatjainak segíti a kutatását.

*Füredi Zoltán összefoglalója
(a Füredi-Simonovits Magyar Tudomány-beli cikk alapján)*



HAJNAL ANDRÁS

(1931–2016)

Nem kezdek másként ezt az írást Hajnal Andrásról, mint annak közlésével, hogy több mint öt évtizeden keresztül igen szoros munkatársi és mély baráti kapcsolatban voltam vele. Ezért, ha elfogultsággal vádolnak, nem tudok vitatkozni vele. Igen érdekes annak története, miért is kezdett el matematikát tanulni, hiszen gimnazistaként nem tartozott a kedvenc tárgyai közé, nem is érettségizett belőle kitűnőre. Thomas Mann *Doktor Faustus* című művének hatására döntött úgy, hogy a matematika szakra is jelentkezik, az irodalom és pszichológia szakok mellett. A kivételes szellemi képességekkel megáldott Adrian Leverkühn szerint csak három tudomány méltó arra, hogy komolyan tanulmányozzák: a teológia, a zene és a matematika. A teológia akkoriban nem volt „aktuális”, és az sem vitte ebbe az irányba, hogy a zsidóüldözést nem sokkal korábban, a legérzékenyebb kamaszkorban élte át. A zenéhez botfüle volt, bár édesanyja zongoratanárnő volt. Sokszor mesélte, hogy kapott olyan intőt, mely szerint „az énekórát éneklésével zavarta”. Így hát – kizárásos alapon – maradt a matematika.

Hamar kiderült, hogy különleges tehetsége van a matematikához. Másodéves korában már oktatott, 1953-ban pedig megnyerte az egyetemisták Schweitzer-versenyét, melyet a világ legnehezebb matematikaversenyeként tartanak számon. Végzés után Kalmár László aspiránsa lett Szegeden, s itt írta meg kandidátusi értekezését, melyben Gödel nevezetes konstruálható modelljét fejlesztette tovább.

1956 tavaszán Szegeden ismerkedett meg Erdős Pállal, aki a háború után akkor látogatott először Magyarországra. Ez a találkozás döntően befolyásolta életét és pályafutását. Erdős persze kérdezte tőle, mivel foglalkozik, s hallván hogy axiomatikus halmazelmélettel, ami Erdőstől messze állt, megkérdezte azt is: „És érdekli az igazi matematika is?” Ekkor kezdődött több évtizedes együttműködésük, ami a kombinatorikus halmazelmélet megújításához vezetett, de számos véges kombinatorikai problémára is kiterjedt. Legjelentősebb ezek közül a végtelen partíció-kalkulus, melyet Richard Radóval hármasban alkottak meg, s amit az *Actában*, egy több mint 100 oldalas cikkben közöltek. Ezután Máté Attilával kiegészülve publikálták azt a monográfiát, ami a témakörnek máig alapműve.

1960-ban igazolta Ruziewicz 25 éves sejtését a halmazleképezésekről, amin Erdős és Fodor is aktívan dolgozott, de csak részeredményeket értek el. Ez volt Hajnal nagydoktori értekezésének, melyet 1963-ban védett meg, egyik fő eredménye.

Említenem kell a halmazelméleti topológia terén elért, velem közös munkáit, melyeknek jelentőségét az is mutatja, hogy az 1974-es van couveri IMU kongresszuson e témában meghívott előadó volt.

A számosságok hatványozásáról szóló, Galvinnal közös tétele, ami az *Annals of Mathematics*-ban jelent

Hajnal András és felesége, Emmi



meg 1975-ben, inspirálta Saharon Shelahot a nevezetes PCF-elmélet megalkotásában.

Rendkívül fontos volt oktatói munkája is, az ELTE-n hosszú évtizedeken át nevelte diákjait a halmazelmélet és a matematikai logika ismeretére és szeretetére. De a Fazekas Gimnázium első, legendás matematika tagozatos osztályának is ő tanított gráfelméletet.

Intenzív kutató és oktató munkája mellett is mindig tenni akart a közösségért, ezért vállalta – bár az adminisztráció nem volt az erőssége – az MTA Matematikai Kutatóintézet igazgatói tisztségét, amit tíz éven át, 1983-tól 1992-ig töltött be. A Bolyai János Matematikai Társulatnak 1980 és 1990 között főtitkára, azután hat évig elnöke volt.

1993-ban, miután igazgatói megbízatása megszűnt, nyugdíjba ment, de nem vonult nyugalomba. Először egy évig kanadai „törzshegyén”, Calgaryban volt vendégprofesszor, majd a New Jersey-i Rutgers Egyetem DIMACS-intézetének lett az igazgatója. Ezt a tisztséget ugyan csak másfél évig látta el, de azután 2004-es, végleges hazatéréséig a Rutgers Egyetem professzoraként tevékenykedett. 2004-ben itt is nyugdíjba ment, mint a Rutgers emeritus professzora. Ezt az USA-ban töltött időszakot súlyosan beárnyékolta, hogy először felesége, Emmi, majd annak gyógyulása után nem sokkal ő maga is rákbetegségen ment keresztül. Szerencsére mindkettőjüket sikerült kigyógyítani ebből.

Hazatérése után ismét részt vett a – most már Rényi Alfréd nevet viselő – intézet, s ezen belül a Halmazelmélet és Topológia Osztály munkájában. Nem sokkal halála előtt, 2015-ben még az a megtiszteltetés érte, hogy az Európai Halmazelméleti Társaság tiszteletbeli elnökévé választotta. 2016 májusában pedig még nagy örömet szerezhetünk neki azzal, hogy ünnepi ülésszakkal köszöntöttük a Rényi Intézetben 85. születésnapja alkalmából.

Juhász István



FEJES TÓTH LÁSZLÓ

(1915–2005)

A magyar matematika számos ragyogó nagyságot adott a világnak. De kevés volt közöttük az olyan – Fejes Tóth Lászlóhoz hasonló – nagy formátumú, iskolateremtő tudós, aki tanítványok tucatjaiban keltette fel az érdeklődést kutatási témája iránt, és indította el őket a matematikusi pályán.

Fejér Lipótnál doktorált a Pázmány Péter Tudományegyetemen. Kétévi katonáskodás után, 1941-ben a Kolozsvári Egyetemre került. A később munkaszolgálatban meghalt Lázár Dezsőtől ott hallott először azokról a pakolási és fedési problémákról, melyek egész pályáját meghatározták. Ugyan a problémakör egyes vonatkozásait Minkowski és Hilbert is érintette, fél évszázadon keresztül főképp kristallográfusok és fizikusok foglalkoztak vele. Érdeklődésük abból a meggyőződésből fakadt, hogy egy nagy nyomás alá helyezett homogén anyag atomjai vagy molekulái automatikusan a legsűrűbb kristályszerkezetbe rendeződnek. De mi a helyzet, ha a legsűrűbb elrendezés nem szabályos? Ez a kérdés akkoriban a kutatók zömében fel sem merült.

Fejes Tóth László megsejtette, hogy mély matematikai problémáról van szó, amely szorosan összefügg a klasszikus analízis, az approximáció-elmélet és az algebra fontos területeivel. A nem rácsszerű szerkezetek és kvázikristályok vizsgálata mára önálló tudományággá vált. Ebben a folyamatban Fejes Tóth László személyes szerepe megkérdőjelezhetetlen. Még a háború befejezése előtt tucatnyi alapvető dolgozatot szentelt ilyen típusú kérdéseknek. Később a budapesti Árpád Gimnázium, majd 1949-től a Veszprémi Vegyipari Egyetem tanáraként szinte egymaga kidolgozta a „geometriai elrendezések” elméletét „a síkon, a gömbfelszínen és a térben”. Német nyelvű monográfiája, amely 1953-ban hasonló címen jelent meg Berlinben, a Springer kiadó legrangosabb matematikai könyvsorozatában, a témakör máig meghatározó klasszikusa, bibliája. Nem sokkal később C. Ambrose Rogers, neves angol matematikus így fogalmazott: „Eddig az elhelyezések és fedések elmélete túlságosan fejletlen volt ahhoz, hogy egy teljes könyvet szentelhessünk neki. Fejes Tóth munkájának publikálása után viszont úgy tűnhet, hogy ebben a témakörben további könyvre nincs szükség.” A könyv bővített, angol nyelvű változata Fejes Tóth Gábor és Włodzimierz Kuperberg gondozásában az eredeti kiadás után pontosan hetven évvel jelent meg.

Az 1953-ban publikált mű, melyet oroszra és japánra is lefordítottak, egy csapásra világhírnevet szerzett Fejes Tóth Lászlónak. A világhírnév pedig meghozta a hazai elismerést, a Kossuth-díjat és 1962-ben az akadémiai tagságot. Fejes Tóth rendkívül szerény, puritán, velejéig tisztességes ember volt, aki szinte naiv módon hitt a „tisztá ész” erejében, és kereste az igazságot. Biztos, hogy ezek a tulajdonságok különösen értékesek a tudományos kutatásban. Sosem hajlott meg semmilyen hatalom vagy tekintélyelv előtt. Csak hosszas rábeszélés után vállalta, hogy 1970-től 1983-ig ő vezesse az Akadémia Matematikai Kutató Intézetét. Személye garancia volt arra, hogy az akkoriban erősen megosztott matematikai közélet viharai ne törjenek be az intézet falai közé, a munka zavartalanul folyjék. Ottlik szavaival: ő „szavatolt a Lady biztonságáért”.

Pach János



TURÁN PÁL

(1910–1976)

Turán Pál a 20. századi magyar matematika egyik legkiemelkedőbb, világszerte ismert alakja volt. Nemzetközi elismertségét jól jelzi, hogy a Nemzetközi Matematikai Unió 1970-ben megrendezett kongresszusán a Fields-érmét odaítélő bizottság tagja volt.

1910-ben született Budapesten. Már középiskolás korában kitűnt matematikai tehetsége a Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok sikeres feladatmegoldójaként. Az egyetemi évei alatt diáktársaival, köztük legközelebbi barátjával és szerzőtársával, a nála három évvel fiatalabb Erdős Pállal együtt gondolkoztak matematikai problémákon, többek közt a mindkettőjük érdeklődési körébe tartozó számelméletben. Ezen a területen született 1934-ben első komoly nemzetközi sikere is, amikor egyszerű bizonyítást adott a számelmélet és analízis két világhíres kutatója, Hardy és Ramanujan egy tételére, amely szerint aszimptotikusan majdnem minden n számnak $(1+o(1))\log\log n$ prímfaktora van. Az általa talált új bizonyítás a Csebisev-tétel gondolatmenetére épült, bár ő maga ezt a tételt nem ismerte. A bizonyítás jó példája

volt az általa átformált mondásnak, mely szerint „járatlan utat jártért el ne hagyj”, és egyúttal a valószínűségszámítási számelmélet kiindulópontjának bizonyult.

Korai nemzetközi sikere ellenére származása miatt ekkor már egyetemi állást nem kaphatott. Később a háború alatt munkaszolgálatra is behívták. Bár a munkatábor körülményei természetesen matematikai pályáját is igen hátrányosan érintették, mégis ezen körülmények közt alkotta meg két gráfelméleti tételét, amelyek az extrémális gráfelmélet ma már igen sokat idézett alapjait képezték.

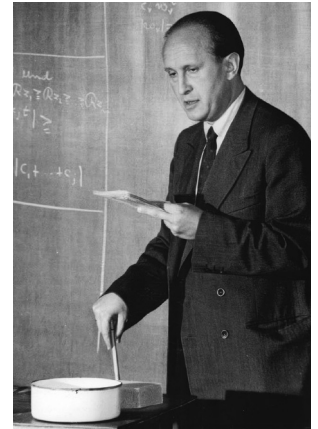
Egyetemi oktatói munkáját így csak a háború után kezdhette el, de nagy lelkesedéssel és némileg sajátos módszerrel végezte. Így például gyakran belevágott egy bizonyításba, majd megmutatta, hogy a logikus kezdés ellenére a módszer nem vezet eredményre, és egy másik kiindulóponttól kezdte újra és fejezte be. Egyetemi munkája mellett a Rényi Intézet Komplex Függvénytan osztályát és az ahhoz kapcsolódó szemináriumot is vezette. Itt gyakran fordultak elő számelméleti témájú előadások is. Halála után több évvel az osztály Számelméleti Osztály néven folytatta munkáját. Bár legfontosabb tevékenysége mindig is a matematika volt, a sportot is kedvelte. Ötvenedik születésnapját a Duna átúszásával ünnepelte. Ennek külön érdekessége, hogy Turán Pál januárban született.



Grätzer György, Erdős Pál, Turán Pál,
Rényi Alfréd

Legnagyobb matematikai eredményének az általa kidolgozott hatványösszeg módszert tartotta, amit gyakran Turán-módszernek is hívnak (A MathSciNet is ilyen néven tart fenn egy külön oldalt és külön számot a témának). Az alaptételek azt írják le kvantitatív formában, hogy n komplex szám egymást követő legalább n konzekutív hatványának összege nem lehet mind kicsi. (Az n -ik

egységgyökök példája mutatja, hogy ez nem igaz $n-1$ hatványra.) Bár a módszer a matematika „Szent Gráljaként” elhíresült Riemann sejtésének megoldásához nem vezetett el, az ilyen típusú tételek igen nagy szerepet játszottak és játszanak az analitikus számelmélet és az analízis több területén (többek közt a Riemann-sejtés megközelítéseként szolgáló sűrűségi tételek esetén, melyek felső becslést adnak a sejtést esetlegesen megszegő zeta-gyökök számára bizonyos tartományokban). A módszer legfontosabb eredményeit az 1952-ben magyarul és németül, majd 1954-ben kínaiul megjelent könyve foglalta össze. Haláláig dolgozott a könyv kibővített angol kiadásán, de 1976-ban, sajnálatosan korán bekövetkezett halála miatt a könyv befejezése tanítványaira, Halász Gáborra és e sorok írójára maradt. Legfiatalabb fia mesélte, hogy halála előtt még úgy búcsúzott, hogy „csak azt sajnálja, hogy tele poggyással kell elmennie”.



Turán Pál

Pintz János



T. SÓS VERA

(1930–2023)

Sós Vera kitűnő matematikus, előadó, oktató és barát volt, sokunkra gyakorolt nagyon nagy hatást. Szerencsés generáció a miénk, hiszen olyan matematikusoktól tanultunk, mint Erdős Pál, Turán Pál, Rényi Alfréd és még számos további nemzetközi hírnévű matematikus. Matematikussá válásában döntő szerepe volt gimnáziumi tanárának, Gal-lai Tibornak, aki egy idő után – lévén különösen szerény ember – úgy érezte, hogy Sós Vera túl jó ahhoz, hogy tőle tanuljon matematikát. El-vitte hát Rényi Alfrédhoz, majd mikor Rényi a Szovjetunióba ment, hogy megírja a disszertációját, Sós Vera Péter Rózsától tanult tovább.

1961-ig a matematikus hallgatók matematika-fizika tanárkép-zésen kezdték meg tanulmányaikat, és csak később döntöttek – a leg-jobbak – a matematikus vagy fizikus szak mellett. 1961-től azonban megnyílt a lehetősége annak, hogy sokkal több matematika kerüljön

(fotó: T. Sós Vera otthonában; Hargittai István felvétele)

a tanrendbe. Az új tanterv kialakításában nagy szerepe volt Sós Verának és Rényi Alfrédnek, így kezdtek kombinatorikát, gráfelméletet és diszkrét matematikát oktatni. 1962-63-ban például nekem Sós Vera heti 9 órát tartott, matematikai analízist és kombinatorikát. Volt bátorsága nehezebb, modernebb témákat is feldolgozni, bevonni az oktatási anyagba, olyanokat, amelyek döntő hatással voltak matematikai szemléletünkre. Azzal is kitűnt az akkori oktatók közül, hogy komoly kutatói háttére is volt, elsősorban számelméleti és diszkrét matematikai témákban.

Sós Vera matematikai szemléletére nagyon jellemző volt a távoli területek közötti kapcsolatok keresése, a fontos és meglepő kérdések felvetése, új kutatási irányok beindítása. Ilyen volt például a Ramsey-Turán vagy az Anti-Ramsey elmélet megalapozása, és fontos szerepe volt a gráflimesz elmélet kialakításában is. Két kiemelkedő kutatási területe az egyenletes eloszlás elmélete és a diszkrét matematika volt. Mindig nagyon érdekelte azonban a véletlen és a determinisztikus jelenségek kapcsolata és összehasonlítása is.

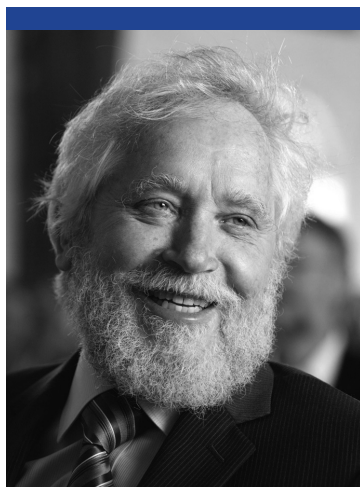
Nagyon nehéz Sós Vera munkáját röviden összefoglalni; álljon itt Lovász László méltatása, melyet Vera 90. születésnapjára írt:

„Nagy örömmel köszöntöm Sós Verát, oly sokunk kollégáját és tudományos anyját, a magyar kombinatorikai iskola nagyasszonyát 90. születésnapja alkalmából. Nehéz feladat ez, hiszen annyi minden jut az ember eszébe: fontos és szép matematikai eredményei, élvezetes egyetemi és konferencia-előadásai, új témák bevezetése az oktatásba, személyes odafigyelése kollégáira és tanítványaira, díjai és elismerései, valamint a közéletben végzett tevékenysége, amelyet itthon és nemzetközileg is a tudomány szolgálatában végzett.”

Hosszú évekig Sós Vera és Hajnal András felügyelte a diákköröket, nagyon sok munkát fektetve a tehetséges diákok mentorálásába. Vera nagyon odafigyelt a környezetére, tanítványai és kollégái rengeteg segítséget, biztatást kaptak tőle. De a nemzetközi tudományos élet szervezésében is kiemelkedő szerepet játszott. Számos élvonalbeli szakmai lapnak volt szerkesztője, és nemzetközi matematikai programok

szervezésében is komoly részt vállalt. Döntő szerepet játszott abban, hogy Magyarországon a Bolyai János Matematikai Társulat nemzetközileg igen elismert konferenciákat szervezzen. Az utóbbiak azért is nagyon fontosak voltak, mert a szocialista országok kutatói itt találkozhattak kiemelkedő nyugati matematikusokkal. Emellett segítettek abban is, hogy a magyar matematikusok eljuthassanak nemzetközi konferenciákra.

Simonovits Miklós



SZEMERÉDI ENDRE

(1940–)

2012. március 21-én, szerdán délelőtt 10 órakor jelentették be Oslóban, hogy az az évi Abel-díjat a világhírű magyar matematikus, Szemerédi Endre kapja. Ez a legrangosabb nemzetközi matematikai díj, ami a Nobel-díj megfelelője a matematikában. Szemerédi tagja a Magyar Tudományos Akadémiának és az Amerikai Tudományos Akadémiának is. Iskolateremtő munkásságának, kimagasló eredményeinek elismeréseképpen további kitüntetésekert kapott, például a Rolf Schock-díjat, a Leroy P. Steele-díjat, és a magyar Szent István-rendet. Nem véletlenül.

Szemerédi kivételes képességű matematikus, aki sok, évtizedeken át nyitott problémát oldott meg, és akinek az eredményei a matematikai kutatások számos új irányát indították el. Legfontosabb tételei közül néhánynak a jelentőségét és centrális szerepét csak sokkal később ismerte föl a tudományos közvélemény. Szemerédi fő kutatási területe a kombinatorika, ami a magyar matematika egyik erőssége is egyben. Eredményeinek kiemelkedő hatása van a matematika más

ágaira is, például a számelméletre, a számítástudományra, az analízisre és az ergodelméletre is.

Szemerédi nagyon fiatalon megoldotta Erdős és Turán egy a harmincas évekből származó és centrális fontosságú problémáját, amin sok kiváló matematikus éveken át sikertelenül dolgozott. A tétel azt mondja ki, hogy a természetes számok bármely pozitív sűrűségű részsorozata tartalmaz akármilyen hosszú számtani sorozatot. Ez a kombinatorikus számelmélet egyik alapvető eredménye, amely a matematikai kutatások számos új irányát indította el, és fontos következményei vannak ergodelméletben és másutt is. Az egész témakör jelenleg is nagyon aktív, újabb és újabb eredmények születnek Szemerédi híres tétele nyomán.

Szemerédi bizonyításának egyik centrális eleme (ami egyébként nincs is így kimondva a cikkében) az úgynevezett „regularitási lemma”. Ez a lemma azt állítja, hogy egy elég egyszerű kombinatorikai struktúrában mindig van egy nagy rész, ami olyan, mintha véletlen volna. Ez teljesen meglepő és váratlan jelenség, mert a struktúra egyáltalán nem véletlen, épp ellenkezőleg, teljesen determinisztikus. Ebből az következik, hogy a véletlen mindenütt és elkerülhetetlenül jelen van. Szemerédi zsenialitása kellett ahhoz, hogy a matematikusok közössége ezt a rendkívüli felfedezést felismerhesse, magáévá tegye és hasz-

nálni tudja. A regularitási lemma azóta megjelent a matematika számos területén, kiterjesztették más, bonyolultabb struktúrákra is. A most nagyon divatos hálózatalméletben ugyancsak alapvető fontosságú.

Néhány további kiemelkedő eredménye címszavakban: a gráfok egyenletes színezése, a Heilbronn-probléma megoldása, a Szemerédi–Trotter-tétel a pontok és egyenesek illeszkedéséről, az ismételt véletlen módszer kifejleszt-



Hajnal Andrással

tése és alkalmazásai, az összeg-szorzat problémakör elindítása. Ezek mind a kombinatorika és az aditív számelmélet kulcsfontosságú eredményei. A párhuzamos sorbarendezési algoritmus kevés lépésben (Ajtával és Komlóssal közös eredmény) pedig azt mutatja, hogy Szemerédi a számítástudományban is jelentőset alkotott.

Szemerédi gondolkodásmódja szokatlan és szabálytalan, mintha elméje másként lenne bedrótozva, mint a többi matematikusé. Képes fölismerni a rejtett struktúrát, elő tudja hívni vagy meg tudja teremteni a rendet szinte a semmiből. Társszerzői gyakran megjegyzik, hogy Szemerédi másként látja a matematikát, mint a többiek, hogy jó előre megérzi, min múlnak a dolgok. Ez a megérzés, illetve a kitartás, hogy ez a megérzés működni fog, sokszor bizonyult döntőnek az új felfedezésekben.

Szemerédi 1965 óta az MTA Matematikai Kutató Intézetében dolgozott, amit mára már Rényi Intézetnek hívnak. Moszkvában volt aspiráns három évig, a világhíres Gelfand tanítványaként, de lényegében tőle függetlenül dolgozott az Erdős és Turán problémán. Szemerédi 1988 és 2011 között a New Jersey-i Rutgers Egyetem Számítástudomány tanszékén volt professzor. Innen sokat segített magyar diákoknak, rengeteg sikeres magyar és nem magyar PhD-s tanítványa volt.

Az Abel-díj óriási elismerés volt személyesen Szemerédi Endrének, de egyúttal az egész magyar matematikának, a magyar kombinatorikai iskolának, és a Rényi Intézetnek is. Szemerédi rendkívüli tudós, kiemelkedő képességű matematikus, az egyik legjobb, akit Magyarország valaha adott a világnak.



*Szemerédi Endre
– Abel-díj (2012)*

Bárány Imre



LOVÁSZ LÁSZLÓ

(1948–)

Lovász László transzformatív hatású matematikus. Egyes eredményei egész matematikai területeket képesek előrelendíteni, vagy akár létrehozni. Itt csak néhány ilyen transzformatív eredményét soroljuk fel, de a felsorolás könnyen folytatható lenne.

Topologikus kombinatorika

Martin Kneser vizsgálta egy n elemű alaphalmaz k elemű részhalmazainak diszjunktság-gráfját, a róla elnevezett $KG(n, k)$ Kneser gráfot (itt $n \geq 2k$ pozitív egészek). Kneser megadta $KG(n, k)$ egy jó színezését $n - 2k + 2$ színnel, és megfogalmazta azt a sejtést, hogy ez optimális, ennél kevesebb színnel nincs jó színezés. Ezt bizonyította Lovász 1978-ban. Magánál az eredménynél fontosabb, hogy a bizonyításhoz topológiai módszert használt, ami egymagában beindított egy új kutatási irányt. Mára a topológiai módszerek alkalmazásának a kombinatorikában könyvtárnyi irodalma van, és ezek igen változatos és mély eredményekre vezettek.

C₅ Shannon kapacitása

Claude Shannon csatornák nulla-hibás kommunikációs képességének leírására definiálta a gráfok róla elnevezett *kapacitását*. Ez matematikailag a gráf hatványainak a függetlenségi számának nagyságrendjével van megadva, és meghatározása már kis gráfok esetén is notóriusan nehéz. Az első nem triviális eset az öt hosszú kör, aminek Shannon kapacitását Lovász határozta meg pontosan 1979-ben. (Megjegyezzük, hogy például a hét hosszú kör Shannon kapacitása máig nincs pontosan meghatározva.) Itt sem maga az eredmény fontos, hanem a módszer. Szűkebb értelemben a Lovász-féle θ függvény az, ami hatékonyan számolható értéket ad a gráf komplementérének klikk-száma és kromatikus száma között (és ami felülről becsüli a Shannon kapacitást). Ez a függvény azóta számos és igen kiterjedt alkalmazásra lett. De talán még fontosabb, hogy ez volt az azóta nagy karriert befutott szemi-definit optimalizálás első megjelenése.

Lovász lokális lemma

A *véletlen módszer* kidolgozása nagy részben Erdős Pál nevéhez kötődik. Sok olyan kombinatorikai struktúra létezésének egyszerű bizonyítására lehet használni, aminek direkt megkonstruálása sokkal nehezebb, vagy nem is ismerünk rá módszert. Sokáig csak olyan esetekben volt használható, amikor egy ügyesen választott eloszlásból vett véletlen struktúra nagy eséllyel megfelelt a követelményeknek. Ezt változtatta meg egy 1975-ös Erdős-Lovász cikk, amiben olyan struktúrák (ebben az esetben hipergráf-színezések) létét látták be, amik nagyon ritkák. Egy véletlen színezés csak exponenciálisan kis eséllyel megfelelő, de a bevezetett új módszer (Lovász lokális lemmája) ilyen esetekre is használható. Ennek a lemmának azóta ezer változa-



Lovász László – Abel-díj (2021)

tát, általánosítását dolgozták ki, sikerült megtalálni használhatóságának pontos határait, és a létezését bizonyító eredeti megfogalmazást sok esetben hatékony, a megfelelő struktúrát megtaláló algoritmussá alakítani. Mindez a véletlen módszer alkalmazhatóságának messze-mennyire kiterjesztését eredményezte.

LLL rács-redukció

Rácsok (az Euklideszi tér diszkrét additív részcsoportjai) nagyon sok kombinatorikai és algoritmikus problémában játszanak centrális szerepet. Megadásukhoz bázist (minimális méretű generátorrendszert) használunk. Arjen Lenstra, Hendrik Lenstra és Lovász László dolgozott ki 1982-ben egy algoritmust rácsokban egy rövid vektor megtalálására, vagy általánosabban, egy „kellemetlen” bázissal adott rácshoz egy „jobb” bázis megtalálására. A szerzők kezdőbetűi után *LLL rács-redukciónak* nevezett algoritmus a rácsokat sokkal kezelhetőbbé és hasznosabbá tette. A sok jelentős alkalmazása közül is kiemelkedik a polinomok faktorizációja.



Első sor: Joel Spencer, T. Sós Vera, Petruska György, Vesztergombi Kati, Lovász László, Ron Graham, Székely J. János, Hátsó sor: Miklós Dezső, Tom Trotter, Babai László

Gráflimesz

A nagyon nagy diszkrét struktúrák gyakran jól közelíthetőek (és jobban megérthetőek) folytonos, analitikus struktúrák segítségével. Ennek egy fontos példája a gráfok limesze. Ez a limesz-elmélet, amit először a sűrű gráfokra dolgozott ki Lovász László számos munkatársával, jelentősen hozzájárult a nagy gráfok és a hálózatok viselkedésének jobb megértéséhez. Az ilyen limesz-elméletek fontos kapcsot jelentenek a diszkrét és analitikus matematika között, és sok más diszkrét (de nagy vagy növekvő) struktúra esetében is nagyon sikeresnek bizonyultak, mint például korlátos fokú gráfoknál, permutációknál vagy matroidoknál.

Lovász László kimagasló matematikai eredményei miatt szinte az összes matematikai díjat megnyerte, többek között a Pólya-díjat (1979), a Fulkerson-díjat (kétszer, 1982, 2012), a Brouwer Medalt (1993), a Wolf-díjat (1999), a Knuth-díjat (1999), a Gödel-díjat (2001), a John von Neumann Theory Díjat (2006), a Széchenyi Nagydíjat (2008), a Kioto-díjat (2010) és az Abel-díjat (2021). Lovász szakmai elismertségét mutatja az is, hogy 2007-től 2010-ig a Nemzetközi Matematikai Unió elnöke volt, hogy számos tudományos akadémia tagja, és hogy a Magyar Tudományos Akadémia 2014-ben és 2017-ben elnökének választotta.

Tardos Gábor

A RÉNYI INTÉZET: MÚLT, JELEN ÉS REMÉLT JÖVŐ

Stipsicz András

A Rényi Intézet (aktuális hivatalos nevén HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet) Budapest történelmi belvárosában, a Reáltanoda utcában található, egy, a 19. század második felében épült gyönyörű palotában. Az intézet fő küldetése a matematikai kutatás legmagasabb szintű művelése. Az itt folyó tudományos munka által a Rényi Intézet központi és meghatározó szerepet tölt be a magyar matematikában. Az épület azonban természetesen csak keretét adja az itteni kutatásoknak, a főszereplők azok a matematikusok, akik eredményeikkel, tételeikkel, gondolataikkal ezt a keretet megtöltik. Mielőtt az intézet múltjára rátérünk, elevenítsünk fel egy-egy epizódot, eredményt az elmúlt évtizedekből!



A 20. század matematikájának egyik meghatározó alakja Erdős Pál, vagy ahogy környezete hívta, Pali bácsi. Különleges életvitele számtalan történet és legenda forrása volt és marad. Az intézet máig büszke arra, hogy ha utazásai közben Magyarországon tartózkodott, akkor a Rényi Intézetben (akkor még Matematikai Kutatóban) volt a székhelye. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy az igazgató arra az időre egy másik irodába költözött, Erdős pedig az igazgatói irodában fogadta számos szerzőtársát rövidebb-hosszabb közös munkára (amikor „az agya nyitva állt” a közös gondolkodásra). Erdős arról is nevezetes volt, hogy az általa fontosnak, érdekesnek





(vagy csak nehéznek) ítélt problémák megoldására pénzdíjat tűzött ki, inkább súlyt adva a problémának, mintsem a megoldásba fektetett energiát honorálva. (Meg is jegyezte néha, hogy a megoldásokra fordított idő messze nem volt arányban a pénzdíjjal, és szigorúan véve evvel megsértett a minimális órabérre vonatkozó minden szabályt.) Szemerédi Endre is az intézet munkatársaként látta be nevezetes tételét a számtani sorozatokról (amelynek nyomán aztán évtizedekkel később, 2012-ben Abel-díjat kapott). A tétel, amelynek megoldására Erdős egyébként 1000 dollárt tűzött ki, azt állítja, hogy ha a pozitív egész számok közül elég sokat kiválasztunk (ez azt jelenti, hogy van egy olyan s pozitív szám, hogy minden elég nagy N számra az N -nél kisebb számoknak legalább $s\%$ -át kiválasztottuk), akkor a kiválasztott számok között van akármilyen hosszúságú számtani sorozat. (Emlékeztetőül, egy k hosszúságú számtani sorozat olyan $a_1, a_2, \dots, a_k$ számok k elemet tartalmazó gyűjteménye, hogy az egymás után következő tagok különbsége mindig ugyanannyi.) Kéttagú számtani sorozatot könnyű találni, mert bármely két szám ilyet alkot, de háromtagút már nem egyszerű: a fenti Szemerédi-tételt a $k = 3$ esetre Klaus Roth látta be, és ennek az eredményének része volt abban, hogy 1958-ban megkapta a Fields-érmét. Szemerédi először a $k = 4$, majd az összes többi k esetét oldotta meg egy kivételesen összetett, nehezen átlátható, zseniális gondolatmenettel. Ennek leírásában komoly segítséget kapott Hajnal Andrásától, az intézet későbbi igazgatójától. A legenda szerint, amikor Erdős egy levélben rákérdezett az épp készülöben lévő bizonyítás helyességére, Hajnal (az 1000 dolláros jutalomra reflektálva) azt válaszolta: „Még nem vagyok teljesen biztos abban, hogy a megoldás helyes, de 700 dollárért már megvenném.”

A fenti kis kitérő után térjünk vissza az intézet történetéhez! Matematikai kutatóintézet Magyarországon először a Minisztertanács 155/1950. (VI. 3.) MT számú törvényerejű rendelete alapján 1950. augusztus

1-jével alakult meg, elnevezésében is mutatva az akadémiánkhoz való szoros kapcsolódását: Magyar Tudományos Akadémia Alkalmazott Matematikai Intézete. Az intézet létrehozásáról a Tudományos Tanács valójában már egy évvel korábban, 1949. augusztus 1-jén döntött, a kezdeti lépésekben Egerváry Jenő vezette (és a Köznevelési Minisztérium keretében működött) az alkalmazott matematikai csoportra építve mind a szervezetet, mind annak feladatait. A világháború utáni újjáépítés természetes követelménye volt a matematika alkalmazott ágainak fejlesztése, az eredmények minél szélesebb társadalmi hasznosítása. Megalakulásakor az intézet vezetését az akkor 29 éves Rényi Alfréd vette át, akit Egerváry Jenő, mint az intézet Tudományos Tanácsának elnöke segített. Az alkalmazott jelleg dominanciáját jól mutatja a megalakuláskor létrejött öt tudományos osztály neve is: Mechanikai és Szilárdságtani Osztály, Valószínűség-számítási Osztály, Biztosítási és Gazdasági Matematikai Osztály, Vegyipari Osztály, és végül a Numerikus és Grafikus Módszerek Osztálya. (Két évvel később két csoport, az Elektrotechnikai és a Biometria Csoport csatlakozott ezekhez.) Az osztályokat az előbbi felsorolás sorrendjében Egerváry Jenő, Rényi Alfréd, Vincze István, Fenyő István és Hajós György vezették. Az intézet létszáma, köszönhetően Rényi aktivitásának és tudományos tekintélyének, öt év alatt 55 főre emelkedett. 1954 végére a korábban felsorolt osztályokhoz a Valós Függvénytan és a Differenciálegyenletek Osztály csatlakozott, ezzel az intézet fókuszát az elméletibb területek felé tolódott. Ezt teljesítette ki az MTA elnökének 14/1955. számú rendelkezése, amely nemcsak az intézetet szervezte át, de megváltoztatta a célját is (előtérbe helyezve a közvetlen alkalmazásoktól távolabb álló területek fejlesztését), sőt az intézet nevét is, amely ettől fogva az MTA Matematikai Kutató Intézete lett. Megalakulásakor az intézet a Műegyetem központi épületében kapott négy szobát, ahonnan először a Sztálin (ma Andrassy) út 31-be, majd a Zichy Jenő utca 4-be költözött, végül 1958-ban foglalta el mai helyét a Reáltanoda utcában. Eleinte más szervezetekkel társbérletben birtokolta az eredetileg Redl Béla báró által az 1870-es években építtetett palotát (osztozva például az

Ebtenyésztők Egyesületével, amelynek emlékét ma is őrzi az egyik szemináriumi szoba Kutyás elnevezése), amely korábban a Magyar Mérnök és Építész Egylet, illetve a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (MTESZ) székháza is volt.

Az 1960-as években a magyar és egyetemes matematika olyan óriásai dolgoztak az intézet falai között, mint a matematika utazó nagyköveként is ismert, már korábban említett Erdős Pál, a későbbi igazgató Fejes Tóth László vagy a következő matematikus nemzedék kinevelésében is kulcsszerepet játszó Turán Pál és felesége, T. Sós Vera. Természetesen Rényi Alfréd is itt dolgozott, aki döntő mértékben járult hozzá a valószínűségszámítás, a gráfelmélet és a számelmélet honi fejlődéséhez. De munkatársai között tudhatta az intézet (egy szegedi részleggel, az ottani egyetemmel összefonódva) Szőkefalvi-Nagy Bélát és Rédei Lászlót is. Rényi amúgy menedéket nyújtott számos, politikai okból támadott vagy üldözött tudósnak is, még a matematika berkein kívül is. Így került az intézetbe például Lakatos Imre (aki aztán az Egyesült Királyságban a tudományfilozófia világhírű tudósa lett) és Szabó Árpád klasszika-filológus, aki az intézetben vált az ókori görög matematika világszerte elismert kutatójává. De több évet töltött a Matematikai Kutatóban Vekardi László is, aki tudomány- és művelődéstörténészként angolra fordította Rényi valószínűségszámítási tankönyvét. Rényi Alfréd nemcsak kitűnő intézetvezető és szervező volt, maga is kiemelkedő matematikusként vált ismertté. 1921-ben született Budapesten, egyetemi tanulmányait a Pázmány Péter Tudományegyetemen végezte, Fejér Lipót tanítványaként. A világháború után a szegedi egyetemen, Riesz Frigyes témavezetésével doktorált, majd Leningrádban Jurij Vlagyimirovics Linnyik és Ivan Matvejevics Vinogradov irányításával írta meg kandidátusi disszertációját. Témája a kvázi Goldbach-sejtés megoldása volt. A Goldbach-sejtés (amely szerint minden páros szám két prímszám összegeként írható fel) máig a számelmélet egyik legnagyobb presztízsű nyitott problémája. 1949-ben választották az MTA levelező tagjává, 1956-ban pedig már rendes tag volt. A kutatóintézet

irányításával párhuzamosan számos további fontos szervezési feladatot vállalt magára, például 1952-től 1970-ben bekövetkezett korai haláláig az ELTE Valószínűségszámítási Tanszékét is vezette. Matematikai eredményeit felsorolni is hosszú lenne: a fent említett számelméleti munkája mellett maradandót alkotott a valószínűségszámítás, a statisztika és a gráfelmélet témakörében is. Sokat foglalkozott (és publikált) matematikával kapcsolatos filozófiai kérdésekről is, de írt egyetemi tankönyvet és népszerűsítő tudományos könyvet is. *Dialógusok a matematikáról*, *Levelek a valószínűségről* című kötetei számos világnyelvre lefordítva terjedtek el, és nyertek meg sokakat mind a matematikán belül, mind azon kívül ennek a dinamikusan fejlődő új ágának. Emlékét nemcsak az intézet neve, de 1972-től egy díj, a Rényi-díj is őrzi. Az 1960-as években az intézet a kombinatorika (és tágabban a diszkrét matematika) egyik legfontosabb központjává vált. Erdős véletlen módszere, az extrémális gráfok és extrémális halmazrendszerek elméletének megalapozása, és számos további, a diszkrét matematika manapság is sűrűn használt eredménye, módszere is az intézethez, illetve az itt dolgozó kutatókhoz köthető. Kiemelkedőek voltak a halmazelmélet és a matematikai logika terén folyó kutatások, hasonlóan Hajnal András (korábbi igazgató) kombinatorikus halmazelméleti munkáihoz. A diszkrét geometria, amelynek indulásánál egy további egykori igazgató, Fejes Tóth László is bábáskodott, a mai napig az intézet nemzetközi mércével mérve is kiugróan sikeres kutatási témája. Turán Pál munkássága nyomán a számelmélet klasszikus fejezetei is a legmagasabb szinten voltak képviselve. Szemerédi Endre számtani sorozatokra



vonatkozó nevezetes tétele (amelyről korábban már volt szó) is ebből a korszakból és ebből a szellemi műhelyből került ki a Szemerédi-féle regularitási lemmával együtt.

Az ELTE Természettudományi Karának (TTK) (és így a matematikus hallgatók és matematikát oktató egyetemi kollégák) közelsége természetes szimbiózis kialakulását segítette elő. A Múzeum körüti egyetemi épületből pár perces sétával lehetett a Kutatóba átugrani, számos szeminárium, speciális kollégium itt találta meg a helyét, és az intézet kutatóival való kapcsolattartás nagyon egyszerű volt. A TTK Lágymányosra költözése ezt a kapcsolatot valamennyire lazította, de mind az ELTE, mind a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Matematikai Intézetéhez továbbra is számos szállal kapcsolódik a Rényi. Az intézet most használatos neve (a Rényi) is ebből az időszakból származik: 1999-ben, Katona Gyula (egykori Rényi-tanítvány) igazgatósága alatt vette fel az intézet az első igazgatója nevét, és kapta az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet nevet.

A 2000-es évek, majd Magyarország csatlakozása az Európai Unióhoz komoly változást hozott az intézet életében: sokkal nagyobb hangsúllyal jelentek meg az európai kapcsolatok. Ennek első gyümölcse a Centre of Excellence cím elnyerése volt, amit aztán további hasonló pályázati sikerek követtek. Az intézet csatlakozott az ERCOM-hoz (European Research Centres on Mathematics), az Európai Matematikai Társulat (European Mathematical Society) egyik bizottságához, amely majd minden jelentős európai matematikai intézetet a soraiban tudhat. Az évenként esedékes ERCOM-találkozókra a Rényi mindig képviselteti magát, és számos tapasztalatot, ötletet tud átvenni európai társintézeteitől.

Az intézet fennállásának 75. évfordulójához közeledve az uniós pályázatok egyre komolyabb szerepet játszanak a kutatók életében. Az elnyert grantek nemcsak pénzügyi háttérrel és komoly lehetőségeket adnak, de a kiválasztási rendszer szigora és szakértelme miatt vissza is

igazolják egy-egy kutatási irány létjogosultságát, az európai matematikai térben betöltött fontos szerepét. A 11. ERC-támogatás elnyerését a kutatók egy humorosnak szánt fotóval ünnepelték meg: a 11-es szám a köztudatban egy focicsapat (mondjuk, a magyar válogatott) egyszerre pályán lévő játékosainak száma, ezért válogatott mezben felsorakozva készült egy közös kép. Ám azonnal látszik, hogy nem egy valódi focicsapatról van szó, hiszen nincs kapus, de hát nem is ez a lényeg...



A Rényi Intézet ERC pályázatot elnyert kutatói. Álló sor (balról jobbra): Abért Miklós, Szemerédi Endre, Pintz János, Bárány Imre, Lovász László, Pyber László, Pach János; első sor: Stipsicz András, Pete Gábor, Tardos Gábor, Szegedy Balázs (Fotó: Szilágyi Gergely – 2021)

A fotó elkészülése óta ERC pályázatot nyert: Stipsicz András (másodszor) és Gilyén András



ERC PÁLYÁZATOK				
név	év	pályázat típusa	pályázat címe	pályázat témája
Pintz János	2008	Advanced	Gaps between primes and almost primes. Patterns in primes and almost primes. Approximations to the twin prime and Goldbach conjectures	Számelméleti kérdések, prímszámok viselkedése, különös tekintettel az ikerprím-sejtésre és a Goldbach-sejtésre
Bárány Imre	2010	Advanced	Discrete and convex geometry: Challenges, methods, applications	Konvex alakzatok geometrikus és kombinatorikus tulajdonságainak vizsgálata
Stipsicz András	2011	Advanced	Low dimensional topology in Budapest	Alacsony dimenziós topológiai problémák (csomók, 3- és 4-sokaságok) vizsgálata
Szemerédi Endre	2012	Advanced	Regularity and irregularity in combinatorics and number theory	Gráfelméleti és számelméleti problémák vizsgálata regularitási szemszögből
Szegedy Balázs	2013	Consolidator	Limits of discrete structures	Gráfimeszek elméletének kidolgozása különböző gráftípusok esetén
Abért Miklós	2014	Consolidator	Asymptotic invariants of discrete groups, sparse graphs and locally symmetric spaces	Csoportelméleti módszerek és eredmények alkalmazása kombinatorikai és geometriai feladatokban

Pyber László	2016	Advanced	Growth in groups and graph isomorphism now	Csoportok struktúrájának vizsgálata, és azok diszkrét matematikai objektumokhoz való kapcsolata
Pete Gábor	2017	Consolidator	Noise-sensitivity everywhere	Zaj-érzékeny folyamatok és jelenségek tanulmányozása
Lovász László	2018	Synergy *	Dynamics and structure of networks	Nagy hálózatok struktúrájának és dinamikai jelenségek vizsgálata matematikai eszközökkel
Pach János	2019	Advanced	From Geometry to Combinatorics and Back: Escaping the Curse of Dimensionality	Diszkrét geometriai és kombinatorikus problémák tanulmányozása
Tardos Gábor	2021	Advanced	Effective Random Methods in Discrete Mathematics	Véletlen módszerek alkalmazása és algoritmizálása diszkrét matematikai feladatok megoldásában
Stipsicz András	2024	Advanced	Knots and Surfaces on four-manifolds	Csomók és felületek négydimenziós sokaságokban
Gilyén András	2025	Starting	Genuine Quantum Algorithms Inspired by Thermodynamics and Natural Phenomena	Termodinamika és természeti jelenségek által ihletett eredendően kvantumos algoritmusok

*társzervezők: Barabási Albert László, Jaroslav Nešetřil

Az elmúlt majd húsz évben az intézet kutatói számos rangos ösztöndíjat nyertek el, mind európai, mind országos szinten. Kiemelendő ezek közül a 13 ERC-támogatás (különböző szinteken), több Marie Skłodowska-Curie-ösztöndíj, és sok Lendület és Élvonal pályázat, utóbbiakat a Magyar Tudományos Akadémia, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) írta ki. Nem feledkezhetünk meg két Abel-díjas kutatónk, Szemerédi Endre (2012) és Lovász László (2021) kiemelkedő eredményeinek méltatásáról sem. Az Abel-díjat eredetileg a Nobel-díj matematikai megfelelőjeként kívánta létrehozni a norvég parlament, Niels Henrik Abel születésének 100. évfordulóján, 1902-ben. Az akkori politikai helyzet (Norvégia kiválása Svédországból) ezt abban az időben nem tette lehetővé, így a terv csak éppen száz évvel később, 2002-ben valósulhatott meg. Az elmúlt 23 évben elnyert két hazai Abel-díj (különösen, ha idevesszük Lax Péter budapesti születésű, de Amerikában élő matematikus 2005-ös Abel-díját is) a magyar matematika különleges erejét és nemzetközi sikerességét demonstrálja.



Szöulban 2014-ben, a Matematikusok Nemzetközi Kongresszusán Pach János és Pintz János meghívott előadók voltak. A képen: Lovász László, Vesztergombi Kati, Pach János, Pintz János, Katona Gyula

A matematikai közélet egyik legrangosabb fóruma a négyévente megrendezésre kerülő Nemzetközi Matematikai Kongresszus (International Congress of Mathematicians, ICM), amely 1897-ben indult útjára, és 1900-tól minden negyedik évben (a világháborús időket leszámítva) hívta össze a világ matematikusait valamely neves egyetem vagy kutatóintézet szervezésében. A kongresszuson számos meghatározó matematikai díjat osztottak és osztanak ki napjainkban is, amelyek közül fontosságában és elismertségében kiemelkedik a Fields-érem (amelyet legfeljebb négy, legfeljebb negyvenéves matema-

tikus kaphat meg). A tudományos program keretében 10–15 plenáris előadás és (a legutóbbi időkben) 17 szekcióban egyenként 8–10 meghívott előadó témaspecifikus előadása hangzik el. A kongresszusra való, előadás megtartására felkérő meghívás már önmagában kiemelkedő elismerést jelent a matematikai közéletben. A Rényi Intézet különösen büszke arra, hogy a statisztikák szerint az elmúlt 35 évben (meghívott vagy plenáris előadókkal) minden Nemzetközi Matematikai Kongresszuson képviseltette magát. 2018-ban egyenesen négy rényis matematikus tartott előadást Rio de Janeiróban az ICM 2018-on. Az intézet kutatói gyakori résztvevői továbbá az Európai Matematikai Kongresszusoknak (European Congress of Mathematics, ECM) is – a 2020-as ECM8-on (a pandémia miatt 2021-re halasztották) egy plenáris előadó képviselte a Rényit.



Ma a Rényi Intézet az elméleti matematika minden főbb területén foglalkoztat kutatókat, külön osztályt szentel az algebra, a geometria, az analízis, a valószínűségszámítás, a számelmélet, a topológia, a halmazelmélet és a diszkrét matematika számos ágának tanulmányozására. Az elmúlt években az intézet bővítette kutatási részlegét alkalmazottabb irányok, például a hálózattudomány, a pénzügyi matematika és a mesterséges intelligencia (MI) matematikai alapjai területén is. Az utóbbi tématerület különösen fontos a 21. század tudományos kihívásainak kezelésében. Az intézet kutatói nemcsak az MI mindennapokban való alkalmazhatóságát vizsgálják, de tanulmányozzák az MI-alapú módszerek matematikai kutatásokban való felhasználhatóságának lehetőségeit is. Az elméleti és az alkalmazott oldal kölcsönhatása már eddig is izgalmas eredményeket hozott, és az intézet arra törekszik, hogy továbbra is előmozdítsa az ötleteknek és módszereknek ezt az áramlását. Az intézet legutóbbi éveinek fontos történése volt a 2019-es átalakulás, amikor az MTA alá tartozó kutatóintézet egy újonnan alakult hálózattal, az Eötvös Loránd Kutatási Hálózattal lett.

2023-ban a hálózat neve Magyar Kutatási Hálózat, majd az angol név (Hungarian Research Network) rövidítéseként HUN-REN lett, így a matematikai kutató is új nevet kapott: HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet. A számos adminisztratív jellegű változás azonban sem az intézet fő célkitűzéseit (a legmagasabb szintű matematikai kutatások folytatása és az elért eredmények minél magasabb hatású publikálása), sem a kutatások sikerességét, sem mindennapi gyakorlatát nem befolyásolta lényegesen. Reméljük, hogy az intézet az elkövetkezendő években is, a kihívásokra válaszolva, a kor és a nemzetközi matematikai élet változásaira reagálva és megújulva, hasonlóan sikeresen tudja továbbvinni azokat a hagyományokat, amelyeket a nagy elődök a mostani kutatókra hagyományoztak.

Az intézet nagy múltra tekint vissza nemzetközi szintű konferenciák, workshopok, illetve nyári és téli iskolák szervezésében. 1996-ban az intézet alapvető szerepet játszott a 2. Európai Matematikai Kongresszus megszervezésében, 2013-ban Erdős Pál, 2021-ben pedig Rényi Alfréd születésének századik évfordulójáról emlékezett meg (az MTA segítségével) egy nagyszabású nemzetközi konferencia keretében. 2023-ban a matematika tanítását kutatók gyűltek össze Budapesten, hogy az intézet szervezésében (helyileg az ELTE kampuszán) vitassák meg legújabb eredményeiket, mintegy 1000 résztvevővel, európai szinten, a CERME 2023 konferencia (Conference of the European Society for Research in Mathematics Education) keretében. Mint számos más

európai matematikai intézet – például a Newton Intézet Cambridge-ben, a Mittag-Leffler Intézet Stockholmban, az Henri Poincaré Intézet Párizsban vagy a Schrödinger Intézet Bécsben –, a Rényi is ezekkel a rendezvényekkel tud bekapcsolódni a legmegfelelőbb módon az európai matematikai vérkeringésbe. Ezen tevékenységek sikere



vezetett az Erdős Központ 2022-es elindításához. A központ keretet ad az intézet kutatói (és valójában a tágabb magyar matematikai kutatóbázis) számára, hogy tematikusan szemesztereket szervezzenek olyan nemzetközileg elismert témákban, amelyek vagy már kiemelkedően sikeresek hazánkban, vagy megerősítést igényelnek nemzetközi szinten.



A remények szerint ezek a félévek lehetőséget adnak arra is, hogy a Budapesten tanuló matematikus hallgatók első kézből értesüljenek élvonalbeli kutatási eredményekről. A választott témák felölelik a matematika klasszikus fejezeteit (geometria, topológia, számelmélet, valószínűségszámítás), de nyitnak olyan újabb területek felé is, mint a hálózattudomány és a tervek szerint a mesterséges intelligencia. A speciális félévek mellett nyaranta az Erdős Központ úgynevezett fókuszált heteknek ad otthont: ezek során néhány (tipikusan 10–15) kutató találkozik egy hétre, és valamely téma részleteit, esetleg egy, a szakmai közéletet épp lázban tartó új eredményt tárgyalnak meg részletesen. Ezen találkozók nemegyszer indítanak útjára új kollaborációkat, és számos tudományos cikk első lépései fogalmazódtak meg ezeken az eseményeken. A központ nemzetközi elismertségét mutatja a 2025-ben elnyert, a Simons Foundation által megítélt támogatás, amely jelentős anyagi segítséget nyújt az elkövetkezendő évek speciális féléveinek szervezésében.

Az intézet számos további területen vesz részt a magyar matematikai közösség életében. Ösztöndíjak rendszerével segíti a fiatalok pályakezdését (illetve doktori disszertációjuk befejezését). Az egyetemen kutató kollégáknak pedig egy sabbatical rendszerű vendégkutatói lehetőséget ajánl. Az intézet kutatói végzik a magyarországi matematikai folyóiratokban lévő szerkesztői munkák jelentős részét. A *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica* (a Rényi Alfréd által alapított



matematikai folyóirat) és az *Acta Mathematica Hungarica* (a Magyar Tudományos Akadémia alapította folyóirat) jelentős részben a Rényi munkatársainak szerkesztésében jelenik meg. A Rényi Intézet a matematikai kutatási eredmények szélesebb körben való megismertetéséből is kiveszi a részét.

A Bolyai János Matematikai Társulattal közösen kiadott *Érintő* online folyóirat a matematikai eredményeknek a nagyközönség számára is érthető módon való bemutatását célozza. A célközönség az érdeklődő középiskolásoktól a kutatókig és más tudományágak művelőiig bővítve a spektrumot.

Az intézet szemináriumai természetesen az ország valamennyi matematikusát szívesen látják, néhány szeminárium egyenesen „országos”, fórumot biztosít egyes témák hazai képviselőinek a rendszeres tudományos eszmecserére. Az egyetemekkel ápoltt szoros kapcsolat szintén a kiemelt célok közé tartozik: intézeti kutatók kapcsolódnak be számos egyetemi tanszék munkájába, mind óraadóként, mind témavezetőként.

Az intézeti könyvtár számos feladatot lát el, például gondozza az online elérhető oldalak rendszerét, de természetesen elsőrendű fel-



adata a szakkönyvek és szakfolyóiratok kezelése, beszerzése és az olvasók kiszolgálása. Komoly energia és anyagi erő kerül bevetésre a célból, hogy a könyvtár (a lehetőségekhez mérten) erős szakkönyvtár maradjon, és tartalmazza a szinte követhetetlenül növekvő szakirodalom meghatározó műveit és a legfontosabb szakfolyóiratokat.

A Rényi Intézet tehát 2025-ben fennállásának 75. évfordulóját ünnepli. Bár számos névváltoztatáson ment át e háromnegyed évszázad alatt, a matematika minél magasabb szintű művelése, az eredmények széles körben való ismertetése mindig is az intézeti kutatóközösség legfőbb célja volt és marad. A múlt tiszteletet parancsoló öröksége a jelen lehetőségeivel ötvözve inspirálja az újabb és újabb matematikus nemzedékek képviselőit, remélhetőleg még sokáig.

*Forrás: © 2025 Akadémiai Kiadó,
Magyar Tudomány, 186/4 (2025)*

MIVEL FOGLALKOZUNK? TUDOMÁNYOS OSZTÁLYOK

KROÓ
ANDRÁS

SZABADOS
JÓZSEF

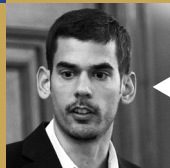


KISS
GERGELY

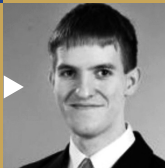
BALKA
RICHÁRD



KOLOSSVÁRY
ISTVÁN



MAGA
BALÁZS



ANALÍZIS OSZTÁLY

TITKOS
TAMÁS



MATOLCSI
MÁTÉ



VIROSZTEK
DÁNIEL



RÉVÉSZ
SZILÁRD



PITRIK
JÓZSEF



MOLNÁR
LAJOS
GÁBOR

BUNTH
GERGŐ

A Rényi Intézetben a kutatás osztályokba szerveződve folyik. Ezek az egységek, a matematika belső fejlődésének megfelelően e tudomány nagy területei köré szerveződtek, és az osztályok tagjai projektek kapcsán működnek együtt, nemritkán más osztályok munkatársait is bevonva. Az osztályok az intézet története során különböző időpontokban alakultak meg, és a tudomány fejlődése, valamint az intézet szerepének változása következtében némely osztály megszűnt, átalakult vagy esetleg szétvált több részre. Egyes osztályok története visszanyúlik a Rényi alapításához, míg másokat csak a közelmúltban követelt ki a matematika fejlődése-változása. Az osztályok szemináriumai nemcsak a közös munkákra, eredmények megbeszélésére nyújtanak keretet, de gyakran külföldi vendégek előadásai, más intézményekben dolgozó kutatók-társszerzők eredményei indítanak el új kutatási irányokat.

Az analízis csoportot (amiből aztán az **Analízis osztály** kinőtt) a funkcionálanalízis neves kutatója, Szőkefalvi-Nagy Béla alapította. Az osztály kiemelkedő erőssége az approximációelmélet és az ehhez tartozó területek kutatása volt, mely az intézet megalakulásától kezdve folyamatosan jelen volt. Napjainkban az Analízis osztály munkatársainak fő kutatási területei magukban foglalják az approximáció és interpoláció elméletet, a többváltozós polinomokra vonatkozó extrémális feladatokat, a geometriai módszerek alkalmazását komplex és többváltozós konstruktív függvénytanban, a potenciálméletet, a Fourier-analízis alkalmazásait geometriában, számelméletben, kombinatorikában és operátorelméletben. Ezekhez csatlakozott egy újabb terület: az optimális transzportok elmélete.

SOMLAI
GÁBOR



FRENKEL
PÉTER



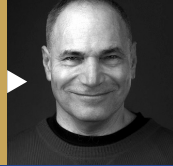
ABERT
MIKLÓS



DOMOKOS
MÁTYÁS



PYBER
LÁSZLÓ

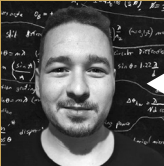


JAE LIN
KIM

TÓTH
LÁSZLÓ
MÁRTON



BORBÉNYI
MÁRTON



PÁLFY
PÉTER
PÁL



ALGEBRA OSZTÁLY

DANIELE
DONA



ELEK
GÁBOR



MÁRKI
LÁSZLÓ



MARÓTI
ATTILA



PHAM
NGOC
ANH

Az **Algebra osztályt** Rédei László világhírű algebrista alakította meg. Az osztály kutatási profilja kezdetben a csoport- és félcsoportelmélet, a modulusok elmélete, valamint a hálóelmélet volt. Ez a spektrum fokozatosan bővült univerzális algebrával, kategóriaelmélettel, lineáris algebrával és mátrixok elméletével, gyűrűelmélettel, reprezentációelmélettel, algebrai logikával, legújabban pedig algebrai geometriával. Az osztály tagjai jelentős részt vállalnak konferenciák, valamint az algebrai élet országos szintű szervezésében. A jelen kutatásokban domináns szerepet tölt be a csoportelmélet és a gyűrűelmélet, vizsgálatok folynak aszimptotikus csoportelméletben, és a konjugált osztályok számáról, a permutációcsoportok bázisának méretéről, és a klaszszikus csoportok reprezentációelméletének alkalmazásairól készülnek nemzetközileg is jelentős publikációk.



RUZSA
IMRE



TÓTH
DÁVID
ÁKOS



BALOG
ANTAL

ARITRA
GHOSH

ZÁBRÁDI
GERGELY



KÁROLYI
GYULA



ERDÉLYI
MÁRTON

PINTZ
JÁNOS



BÍRÓ
ANDRÁS



HARCOS
GERGELY



MAGA
PÉTER

SZÁMELMÉLET OSZTÁLY

FELBER
GILLES



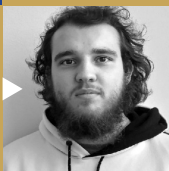
XIANG-
SHENG
WEI



TÓTH
ÁRPÁD

A számelmélet kezdetektől fogva az intézetben folyó kutatások egyik fő területe volt. Egy nemzetközileg is jelentős analitikus és additív számelméleti iskola alakult ki Turán Pál vezetésével, együttműködve az ELTE kutatóival. Fontos eredmények születtek a Riemann-hipotézissel, a multiplikatív függvényekkel, a sűrű sorozatokkal és a számelméletbeli valószínűségszámítási módszerekkel kapcsolatban. A **Számelmélet osztály** kutatási területeinek fókuszában az analitikus számelmélet és az additív kombinatorika fő kérdései állnak. Az analitikus számelméleten belül a klasszikus prímszámelméleti problémák, így a Goldbach-sejtés és az ikerprím-sejtés különböző közelítései, továbbá az automorf formák és az automorf L -függvények elmélete képezik a kutatás fő irányait. A vizsgált additív kombinatorikai problémák elsősorban összeg- és különbségalmazatok számosságával és struktúrájával kapcsolatosak, mind az egész számok körében, mind más algebrai struktúrákban.

SIMON
DÁNIEL
GÁBOR



DAMÁSDI
GÁBOR



NASZÓDI
MÁRTON



AMBRUS
GERGELY

ZENG
JI

TÓTH
GÉZA



GEOMETRIA OSZTÁLY

FRESCHI
ANDREA



IFJ.
BÖRÖCZKY
KÁROLY

PLOSCARU
IOAN-
LAURENTIU

YUE
ERFEI



FEJES
TÓTH
GÁBOR

PACH
JÁNOS



LÁNGI
ZSOLT

BOYADZHIYSKA
SIMONA
STANISLAVOVA

GEHÉR
PANNA



MAKAI
ENDRE

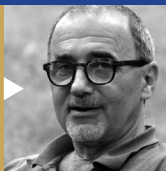
A diszkrét geometria Fejes Tóth László – az intézet korábbi igazgatója – munkássága révén vált önálló diszciplínává, amelyben a magyarországi kutatók alapvető szerepet játszottak és játszanak. Az intézet diszkrét geometriai csoportja, az ELTE kutatóival együttműködve, jelentős eredményeket ért el és a témakör legfontosabb konferenciáit szervezték. A **Geometria osztály** munkatársai elsősorban konvex és diszkrét geometriával foglalkoznak. A legfontosabb területek: konvex testek approximációja, rácsok tulajdonságai, pakolások, fedések, gráfok, hipergráfok véges ponthalmazokon, ezek felbontásai, színezései, gráfok lerajzolásai és más reprezentációi, gráfok metszési számai.



CSÁKI
ENDRE

ADAM
ARRAS

TÓTH
BÁLINT



RÁSONYI
MIKLÓS



GERENCSÉR
BALÁZS

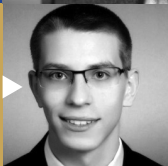
WANG
YUWEN

JACOB
RICHEY

BAKÁCS
TIBOR



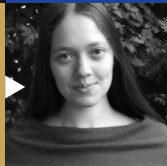
SZŐKE
MÁRTON



IVKOVIC
IVÁN



CSÓKÁNÉ
KÚSZ ÁGNES
TÍMEA



BERKES
ISTVÁN



CSISZÁR
IMRE

NAGY
LÓRÁNT

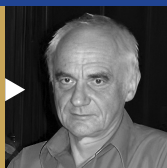
GILYÉN
ANDRÁS



MAJOR
PÉTER



TUSNÁDY
GÁBOR



VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁS ÉS STATISZTIKA OSZTÁLY

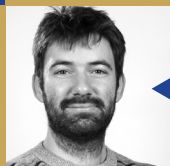
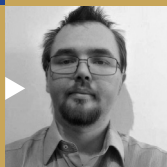
LOVAS
ATTILA



PETE
GÁBOR



SZEMERÉDI
LEVENTE



KORNYIK
MIKLÓS

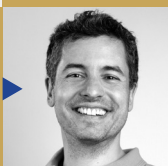


BARTHA
ZSOLT

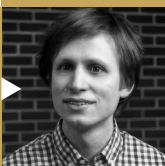


MIKLÓS
ISTVÁN

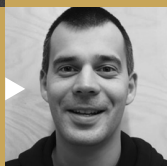
TÍMÁR
ÁDÁM



TÓBIÁS
ANDRÁS
JÓZSEF



RÁTH
BALÁZS



A valószínűségszámítás és a matematikai statisztika, mint Rényi Alfrédnek, az intézet megalapítójának a kutatási területe, az intézet profiljában mindig szerepelt, a hangsúly azonban többnyire az alkalmazásokon volt. Rényi élete utolsó éveiben maga kezdett el foglalkozni az információelmélettel, majd az információelméleti csoport Csiszár Imre vezetésével vált világhírűvé. Egyik legnagyobb eredményük a „többszörhasználatos információelmélet” kidolgozása volt. Az információelmélet alkalmazásában a statisztika (maximális entrópia), a valószínűségszámítás (mértékkoncentráció, nagy eltérések elmélete) és a kombinatorika (gráfentrópia és gráfkapacitás) területén irányt mutató az osztály munkássága. A **Valószínűségszámítás és statisztika osztály** munkatársainak napjainkban a fő kutatási területei a statisztikus fizika (perkolációelmélet, diffúzív viselkedés); véletlen gráfok; véletlenszerű használatos algoritmusok (Metropolis, konszenzus, különböző gépi tanulási sémák); pénzügyi matematika (optimális befektetések). Ezeken a témákon keresztül az osztály számos más területen talál lehetőséget arra, hogy a valószínűségszámítás eszköztárát más diszciplínákban is alkalmazni tudja, és további kérdésekben érjenek el fontos eredményeket a kutatóink.

PAULIN
ROLAND



CSÓKA
ENDRE

KARSAI
MÁRTON



MADARASI
PÉTER

DA SILVA
DORIGUELLO
JOAO
FERNANDO



KOMBINATORIKA ÉS ALKALMAZÁSAI OSZTÁLY

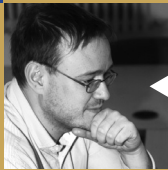
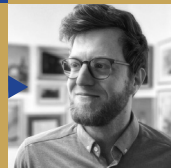
ERDŐS L.
PÉTER



HUBAI
ANDRÁS



BALOGH
GÁSPÁR
SÁMUEL



ZAVÁLNIJ
BOGDÁN

SZIKLAI
PÉTER



BÉRCZI
KRISTÓF

VETŐ
BÁLINT



PATKÓS
BALÁZS



SÁNDOR
CSABA



FEKETE
PANNA
TÍMEA

KIRÁLY
ZOLTÁN

GEHÉR
BOGLÁRKA

GARAMVÖLGYI
DÁNIEL



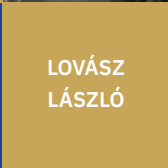
MIKLÓS
DEZSŐ



KELIGER
DÁNIEL



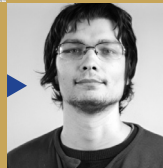
PONGRÁCZ
ANDRÁS



LOVÁSZ
LÁSZLÓ



MÉSZÁROS
ANDRÁS



SZŐNYI
TAMÁS
ISTVÁN

PIER-
FRANCESCO
DIONIGI



KOLOK
BALÁZS
CSEGŐ

PACH
PÉTER
PÁL

EL ALAMI
DAMIS
ISMAEL

Az intézet legsikeresebb, és hosszú időn át legnépesebb osztálya a Diszkrét Matematika osztály volt. Munkájuk a nagy hagyományokkal rendelkező kombinatorikai iskola eredményeire épült, Erdős Pál, Gallai Tibor, Rényi Alfréd, Turán Pál, T. Sós Vera és tanítványaik munkásságának eredményeképpen az intézet (az ELTE-vel szoros együttműködésben) az 1960-as években a kombinatorika egyik legfontosabb világközpontjává vált. Itt született meg a véletlen gráfok elmélete, a kombinatorika úgynevezett véletlen módszere, az extrémális gráfok és az extrémális halmazrendszerek elméletének alapvető eredményei, a nagyméretű gráfok szerkezetét leíró regularitási lemma. Alapvetően új eredményeket értek el a diszkrepancia-elméletben és a csoportelmélet kombinatorikus módszereinek kifejlesztésében, az entrópia és a gráfentrópia kombinatorikai alkalmazásaiban. Az elméleti számítástudomány kombinatorikus alkalmazásai közül fontos eredményeik vannak a kereséselméletben, a kombinatorikai algoritmusok bonyolultságának elméletében és az adatbázisok kombinatorikus elméletében. A közelmúltban a nagy létszámú osztály három fő téma köré koncentrálódó új osztályra vált szét: a Kombinatorika és alkalmazásai, a Gráfelmélet, illetve az Extremális kombinatorika osztályok a korábbi hagyományok továbbvitelével napjainkban is az intézet tudományos motorjai.

A **Kombinatorika és alkalmazásai osztály** főbb kutatási területei pedig a gráflimesz-elmélet, hálózatelmélet, algoritmusok véletlen gráfokban témák köré csoportosulnak.

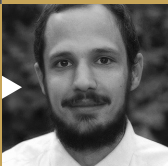


CSIRMAZ
LÁSZLÓ

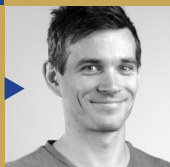
LIGETI
PÉTER



BÄRNKOPF
PÁL



HARANGI
VIKTOR



GYŐRI
ERVIN



TUZA
ZSOLT



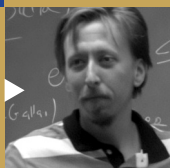
GUJGICZER
ANNA



LEHEL
JENŐ



CASEY
TOMPKINS



KESZEGH
BALÁZS



GRÁFELMÉLET OSZTÁLY



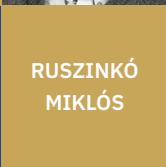
CSIKVÁRI
PÉTER



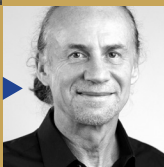
GYÁRFÁS
ANDRÁS



JUNG
ATTILA



RUSZINKÓ
MIKLÓS



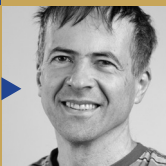
SIMONOVITS
MIKLÓS



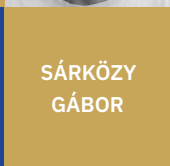
PÁLVÖLGYI
DÖMÖTÖR



TARDOS
GÁBOR



SÁRKÖZY
GÁBOR



TÓTH-
MÉRÉSZ
LILLA



A **Gráfelmélet osztály** tagjai a gráfok különböző tulajdonságainak vizsgálatával foglalkoznak. Egyrészt alapvető tulajdonságokkal, pl. színezések, extrémális kérdések, Ramsey-problémák. Másrészt topologikus kérdésekkel, pl. síkbeliség, illetve egyéb felületre való rajzolhatóság. Továbbá gráfszerű struktúrákkal, pl. irányított gráfok, hipergráfok, rendezett gráfok, véletlen gráfok, geometriai módon definiált gráfok.

FÜREDI
ZOLTÁN



KATONA
GYULA



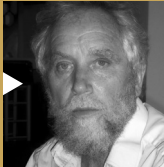
GERBNER
DÁNIEL



SALI
ATTILA



SZEMERÉDI
ENDRE



KUN
GÁBOR



EXTREMÁLIS KOMBINATORIKA OSZTÁLY

BÁRÁNY
IMRE



FRANKL
PÉTER



Az **Extremális kombinatorika osztály** fő kutatási profilja véges hipergráfok, részben rendezett halmazok, véges test feletti vektorterek és gráfok extremális problémái, azaz bizonyos feltételeknek eleget tevő struktúrák maximális, illetve minimális méretének meghatározása. Kiemelt témaköreik magukban foglalják a Turán típusú tételeket, a Sperner típusú problémákat és ezek általánosításait.



ERDÉLYI-
SZABÓ
MIKLÓS

SOUKUP
LAJOS



JUHÁSZ
ISTVÁN



SZÉKELY
GERGELY

CSERNÁK
TAMÁS

ELEKES
MÁRTON



HALMAZELMÉLET, LOGIKA ÉS TOPOLÓGIA OSZTÁLY



SÁGI
GÁBOR



ANDRÉKA
HAJNAL

MADARÁSZ
JUDIT



A halmazelmélet és a matematikai logika számos területén folyt az intézetben eredményes, magas szintű kutatás. Kiemelkedő ezek közül a kombinatorikus halmazelmélet, aminek egyik legfontosabb eredménye Hajnal András, az intézet korábbi igazgatója, Erdős Pál és Richard Rado egy monográfiája. Aktív halmazelméleti topológia és matematikai logika kutatások jelenleg is folynak az intézetben. Az utóbbi évtizedekben, különösen Laczkovich Miklós tanítványainak hatására, a **Halmazelmélet, logika és topológia osztály** kutatásai kiterjedtek a leíró halmazelméletre is; ezen belül kiemelten foglalkoznak az univerzálisan Baire-halmazok elméletével, amely a modern halmazelmélet egyik központi fogalma. A logika területén a matematikai logika korszerű eszközeit használják arra, hogy szilárd axiomatikus alapokat adjanak a speciális és az általános relativitáselméletnek, valamint mélyebb megértést nyerjenek ezek működéséről.

BÖRCS
ATTILA



CZIFRA
DOMONKOS



CSISZÁRIK
ADRIÁN

CSÓKA
GYŐZŐ



ZOMBORI
ZSOLT



MESTERSÉGES INTELLIGENCIA OSZTÁLY

SZEGEDY
BALÁZS



RUZSA
ZOLTÁN
JÁNOS

DIEGO
GONZALES
SANCHEZ



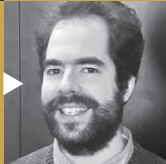
FORRAI
BOTOND



BACKHAUSZ
ÁGNES



MUNTAG
MÁRTON



ZSÁMBOKI
PÁL



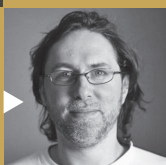
ÓDOR
GERGELY



TERJÉK
DÁVID



VARGA
DÁNIEL



LAKI
JUDIT



KÖRÖSI-
SZABÓ
PÉTER



KUNSZENTI
KOVÁCS
DÁVID



PODOSKI
KÁROLY
EMÁNUEL

KOVÁCS
GÁBOR



Az intézet nyitott az olyan alkalmazások vizsgálatára, amelyek alapvető matematikai kérdésekhez vezetnek. A matematikában és más tudományterületeken megjelenő új trendek felismerésével az intézet új, a mesterséges intelligencia matematikai megalapozásával kapcsolatos kutatási irányokat indított, főként a neurális hálózatok és a mélytanulás témájában. Az intézet **Mesterséges Intelligencia osztályán** egyaránt megtalálhatók elméleti matematikusok és a gépi tanulás gyakorlati szakemberei. A gyakorlati szakemberek naprakészek a mélytanulás rendkívül gyorsan változó világában, ugyanakkor képesek hozzájárulni az alapkutatáshoz is. Az osztály elméleti kutatói pedig nem riadnak vissza szimulációk futtatásától sem. Ez az egyensúly optimális környezetet teremt az elmélet és a gyakorlat közötti szabad ötletáramlásra, így támogatva az általános célt: áthidalni a szakadékot a matematikai elmélet és a mélytanulási gyakorlat között. Kiemelkedő eredményük a közelmúltból Erdős egy mintegy 50 éves problémájának megoldása a sík pontjainak színezéséről.

KOLTAI
LÁSZLÓ
ANDRÁS

STIPSICZ
ANDRÁS



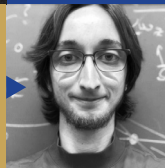
FÖLDVÁRI
VIKTÓRIA



BEKE
MÁRTON



ALEXANDER
HOF



CLAYTON
MCDONALD

NÉMETHI
ANDRÁS



KUBASCH
ALEXANDER
ARND

SZŐKE
RÓBERT

SZABÓ
ENDRE



SCHEFLER
GERGŐ

DE LA BODEGA
DOMINGO-
ALDAMA
JAVIER



NAGY
ANITA
ENIKŐ

JUHÁSZ
ANDRÁS

SARAH
JULIET
ZAMPA

NAGY
JÁNOS

ALGEBRAI GEOMETRIA ÉS DIFFERENCIÁL- TOPOLÓGIA OSZTÁLY

MARCO
MARENGON

SZABÓ
SZILÁRD



CSÉPAI
ANDRÁS

SIMONE
TAGLIANTE

MATSZANGOSZ
ÁKOS



Az **Algebrai Geometria és Differenciáltopológia osztály** a közelmúltban alakult, és két fő kutatási területre koncentrál. Az első a differenciálható sokaságok és azok invariánsainak tanulmányozása és osztályozása, főként az alacsony dimenziós esetekben. Így a csomóelmélet, a kontakt 3-sokaságok elmélete, Heegaard Floer elmélet, Khovanov-elmélet, Seiberg-Witten invariánsok elmélete, valamint az alacsony dimenziós műtéti eljárások és azok alkalmazásai vannak a kutatások homlokterében. A második kutatási terület a komplex algebrai/analitikus sokaságok elmélete, különös hangsúlyt fektetve a szingularitások lokális elméletére, beleértve azok analitikus és topológiai invariánsainak tanulmányozását. A hidat a két kutatási terület között a szingularitások csomói képezik, ami közös kutatási célokat teremt, ilyen például a topológiai és analitikus rácspont homológia, a szingularitások csomóinak topológiai invariánsai és azok hatásai az analitikus invariánssokra.

SZÜCS
GÁBOR



CSAPODI
CSABA
GERGELY



SZÁSZ
RÉKA



VARGA
ESZTER

SZAKMÓDSZERTAN OSZTÁLY

BÓRA
ESZTER
SZILVIA



SZEIBERT
JANKA

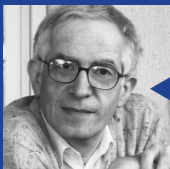


GOSZTONYI
KATALIN

JUHÁSZ
PÉTER



PÓSA
LAJOS



Az intézetben 2014 óta foglalkoznak matematikadidaktikai kutatásokkal, és végeznek oktatási kísérleteket. Ennek kereteit eleinte az MTA kutatócsoportjai, később pedig a **Szak módszertan osztály** adja. Kezdetben a kutatások középpontjában a Pósa-módszer volt, ennek alkalmazása a tehetséggondozásban, a közoktatásban, illetve ennek megismertetése az ország határain kívül. Az idő előrehaladtával általában a felfedezettő matematikaoktatás került a célkeresztbe, amelynek csak egyik lehetséges formája a Pósa-módszer, ami továbbra is fontos szerepet játszik az osztály munkájában. A felfedezettő oktatás lehetne egy választható lehetőség a középiskolai matematikaoktatásban, ehhez azonban a tanároknak kell többet megtudniuk erről a megközelítésről. Ennek megfelelően több kutatás is foglalkozik azzal, hogyan lehetne a tanárokat támogatni abban, hogy felfedezettő módszereket alkalmazzanak az iskolai oktatásban.

ERDŐS KÖZPONT



A 2021-ben alapított **Erdős Központ** a Rényi Intézet külön osztályaként működik. Fő célja, hogy tematikus szemeszterek keretében szervezzen nyári iskolákat és workshopokat, fogadjon vendégprofesszorokat és posztdoktorokat. Emellett július folyamán informális Focused Workshopokat szervez, melyek aktuális matematikai problémákra koncentrálnak. Az Erdős Központ a Reáltanoda utcában, a Rényi Intézettel szemközti épületben található. 2022 óta több tematikus szemeszter zajlott már le itt, többek között nagy hálózatok elmélete, analitikus számelmélet, alacsony dimenziós topológia, valószínűség-számítás, statisztikus fizika és komplex sokaságok elmélete témákban. A 2025-27-es időszakban az Erdős Központ tevékenységét a Simons Foundation-tól elnyert Targeted Grants for Institutes pályázat is támogatja.

PÁLYÁZATOK,
DÍJAK

Az elnyert pályázatok fontos részét képezik a Rényi Intézet mindennapjainak. Mint ahogy az általában lenni szokott a tudományban, nemcsak a megítélt és felhasznált összegek fontosak (bár mi tagadás, ezek az összegek meghatározzák azt, hogy milyen színvonalon tudunk dolgozni, kiket tudunk megnyerni arra, hogy az intézetben dolgozzanak). Nagyon fontos a pályázatok (és hasonlóan a díjak, meghatározó konferenciákra való meghívások) kapcsán kapott visszaigazolás, a bírálók véleménye, amely segít eligazodni abban, hogy mely kutatási irányokat tartja a szélesebb matematikai közösség fontosnak, érdekesnek, és melyeket kevésbé. A teljesség igénye nélkül alább összeszedtük, mely fontos díjak, pályázatok kerültek rényis kutatóhoz az elmúlt néhány évben.

A listát természetesen a matematika kiemelkedő díjával, az Abel-díjjal kezdjük, melyet 2012-ben Szemerédi Endre, 2021-ben pedig Lovász László kapott meg, mindketten a diszkrét matematikát átforgató eredményeikért, munkásságukért. Az elmúlt 25 évben 13 kutatónk kapott Széchenyi-díjat, és Fejes Tóth László korábbi igazgató, valamint T. Sós Vera pedig Akadémiai Aranyérmet. Nehéz lenne felsorolni a számos Akadémiai-díjast, Akadémiai Ifjúsági díjast.



Szemerédi Endre, Abel-díj átadása, 2012



Lovász László, Abel-díj átadása, 2021

A pályázati eredményekből kiemelkednek az Európai Unió ERC (European Research Council) pályázatának nyertesei: intézetünk kutatói 2025-ben a 13. ilyen pályázatot nyerték el. (A 11. nyertes után készítettük a kötetben is látható fotót, melyen a 11 témavezető a magyar fociválogatott mezében készül a következő megmérettetésre.) Ezek mellett 18 Marie Curie nyertes pályázat került a Rényibe, ezek között 2 Doctoral Network európai konzorciális pályázat is található, egyiknek a Rényi Intézet a koordinátora. A Simons Foundation támogatása pedig az Erdős Központ programjainak szélesítését teszi lehetővé. A hazánkban elnyerhető kutatási támogatások közül kiemelendő a két (befejezésükhöz közelítő) Nemzeti Labor, a mesterséges intelligencia matematikai alapjait kutató MILab és az egészségbiztonság témájára épülő ENLab. A számtalan elnyert OTKA és NKKP pályázat mellett az Élvonal pályázatok 8 elnyert grantje, a 3 Excellence, illetve a Magyar Tudományos Akadémia, elsősorban fiatalokat célzó Lendület programja keretében elnyert 13 pályázat (melyek közül 5 témavezető kapott később ERC grantet) érdemel kiemelést.

Nem tudjuk itt felsorolni mindazokat a szakmai fórumokat, konferenciákat, ahol rényis kutató meghívottként, esetlegesen kiemelt előadóként szerepelt. Két konferencia azonban kiemelést érdemel. Az 1992 óta négyévenként szervezett ECM (European Congress of Mathematics) programjában számos rényis kutató adott elő, akár szekció, akár plenáris előadóként. A hasonlóan négyévente szervezett ICM (International Congress of Mathematicians) a nemzetközi matematikai élet egyik kiemelkedő, talán a legkiemelkedőbb eseménye, például a Fields-érmek is itt kerülnek kiosztásra. A díjak mellett már egy meghívás a kongresszusra is komoly nemzetközi elismerést jelent. 1990 óta a kongresszuson mindig szerepelt rényis előadó, a 2018-as Rio de Janeiróban rendezett eseményen egyenesen 4 is. Csak remélni tudjuk, hogy ezek az eredmények a jövőben is tarthatók lesznek.

AZ INTÉZET SAJÁT DÍJAI ÉS A DÍJAZOTTAK

RÉNYI-DÍJ

A Rényi-díjat 1972-ben hozta létre az intézet akkori vezetősége Rényi Alfréd, intézetünk alapítója tiszteletére. A díj az intézeti kutatók utolsó ötéves, nemzetközileg is kiemelkedő matematikai teljesítményének elismerésére szolgál.

Elismert munkatársaink:

2025: Pete Gábor	2000: Pálfy Péter Pál	1985: Füredi Zoltán
2023: Matolcsi Máté	1999: Tardos Gábor	1985: Pintz János
2023: Révész Szilárd	1998: Kroó András	1977: Tusnády Gábor
2021: Elekes Márton	1997: Fejes Tóth Gábor	1976: Katona Gyula
2021: Gerbner Dániel	1996: Makai Andre	1974: Szabados József
2021: Patkós Balázs	1993: Pyber László	1973: Szemerédi Endre
2019: Szegedy Balázs	1993: Soukup Lajos	
2017: Abért Miklós	1992: Pach János	
2015: Biró András	1991: Balog Antal	
2015: ifj. Böröczky Károly	1991: Győri Ervin	
2013: Harcos Gergely	1990: Pham Ngoc Anh	
2013: Szabó Endre	1989: Berkes István	
2011: Tóth Géza	1989: Major Péter	
2007: Némethi András	1988: Bárány Imre	
2005: Stipsicz András	1987: Andréka Hajnal	
2002: Márki László	1987: Németi István	
2001: Domokos Mátyás	1986: Ruzsa Imre	



FEJES TÓTH LÁSZLÓ-ÉREM



A Rényi Intézet Fejes Tóth László-érmet alapított. Az intézet ezen kezdeményezése tisztelgés mind a világszínvonalú geometer, mind a Rényi Intézet második igazgatója előtt, aki 1970-től 1983-ig 13 éven át töltötte be ezt a feladatot. Az intézet az érmmel minden évben egy, a geometria (tágabban értelmezett) területén nemzetközi léptékben is jelentős matematikai munkásságot kíván elismerni.

A díjat elnyert kutatók:

2023: Lovász László

2024: Szemerédi Endre

2025 Maryna Viazovska



A KÖNYVTÁR TÖRTÉNETE

Az Alkalmazott Matematikai Intézet (továbbiakban: Intézet) megalakulásakor, 1950-ben még nem működött könyvtár az intézményben. A kutatók maguknak vásárolták meg a szükséges szakirodalmat, melyeket irodáikban vagy otthonaikban tároltak. Később azonban észszerű megoldásnak tűnt, hogy a duplumok vásárlása helyett az egyes osztályok egységesen gyűjtsék a kutatáshoz elengedhetetlen könyveket és folyóiratokat. Így osztályonként kis könyvtárak jöttek létre, amelynek anyaga pár könyvszekrényben elfért.

Az Intézet könyvtára fokozatosan alakult ki. Eleinte párhuzamosan működtek az osztálykönyvtárak és az Intézet könyvtára. Gondot okozott, hogy az osztálykönyvtárak egymás állományát nem látták, így az egységes kereshetőség sem volt megoldott, viszont 1960-tól már az osztálykönyvtárak is kölcsönöztek könyveket. A teljes összeolvadásra 1971-ig kellett várni, ekkor szűntek meg az osztálykönyvtárak, és kötetek bekerültek az Intézet könyvtárának állományába. Dokumentumokat keresni a cédulakatalógusban lehetett.

Az Intézet megalakulásakor már létezett leltárkönyv, amibe azonban nemcsak a beszerzett, nyomtatásban megjelent dokumentumokat, hanem az egyéb leltározandó eszközöket is felvezették. A tényleges könyvtári leltárkönyvek 1961 óta léteznek. A könyvtárba állományba vétel, csere és ajándék útján kerülnek be dokumentumok. A csere és ajándék könyveknek, illetve folyóiratoknak főleg az ötvenes-hatvanas években volt nagy jelentősége, amikor Nyugatról hivatalosan nem – vagy csak nagyon körülményesen – lehetett szakirodalmat vásárolni, így a kutatók személyes kapcsolataik révén próbálták megszerezni a szükséges szakmai anyagokat.

A folyóiratok beszerzésének egyik, évtizedek óta működő lehetősége a csere. Az állomány gyarapításának ezen módja még Rényi Alfréd kezdeményezésére alakult ki, melynek során az Intézet által szerkesz-

tett és kiadott folyóiratokért cserébe a világ minden tájáról kaptunk folyóiratokat. A cserekapcsolatok jelentőségét jól mutatja, hogy volt olyan év, amikor 171 intézménytől kaptunk folyóiratokat, és 183 darab *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica* folyóiratot küldtünk ki. Az ajándékok és cserekiadványok révén szépen gyarapodott a könyvtár állománya. Napjainkban a nyomtatott cserék száma csökkent, viszont sok partnerrel áttértünk az online cserére.

A negyedik módja az állomány gyarapodásának a hagyaték. Általában egy-egy kutató halála után a családtagok felajánlásával is kerülnek értékes művek a könyvtári állományba. Ritkán teljes hagyatékot is megőriztek, így történt Rényi Alfréd, intézetünk első igazgatójának sajnálatos korai halála után, amikor a teljes szakirodalmi hagyatékát az Intézet könyvtára kapta. Ezt a közel kétezer könyvet a mai napig „külön gyűjteményként” kezeljük, és a teljes hagyatékot egyben hagytuk. Az állományunk részét képezi, főleg hagyatékokból, számos 18. és 19. századi értékes antikvár matematikai mű is, köztük például Gauss, Euler, Riemann, Legendre, Eisenstein és Bolyai kötetek. Ezek a könyvek nem kölcsönözhetők és állományvédelmi szempontok miatt zárt helyen tartjuk őket. Az 1850 előtt megjelent muzeális dokumentumok meglétét az Országos Széchényi Könyvtár is nyilvántartja, de az Intézet tárolja őket.

Gyűjtjük továbbá a doktori és kandidátusi disszertációkat, ezek száma egyre növekszik.



Jelenleg a könyvtárban 32 ezer könyv és 35 ezer folyóirat található meg. A nyomtatott folyóiratcímek száma közel 580, a kurrens folyóirat előfizetések (vásárlások) és cserék száma 80 folyóiratcím, ezekből 13 folyóirat online formátumú.

A könyvtárban 1985 táján kezdték a számítógépes feldolgozást. Kezdetben az ISIS rendszert vezették be, majd ezt követte a Voyager. 1999 óta működik

a jelenleg is használt Corvina rendszer, ami egy, valamennyi könyvtári munkafolyamat kezelésére képes integrált könyvtári rendszer. A könyvtári állományunk feldolgozottsága a könyvek és folyóiratok tekintetében is 100%, ebben elsők voltunk a kutatóintézeti könyvtárak között. Könyvtárunk katalógusa a világ bármely pontjáról elérhető az Intézet könyvtári honlapjáról, a webOPAC szolgáltatáson keresztül.



Könyvtárunkban régóta működik a hazai és nemzetközi könyvtárközi kölcsönzés. A digitális technológiák térhódításával ez is egyszerűbbé vált a digitális másolatok küldésével. Ezt a szolgáltatásunkat itthon és külföldön is igénybe veszik, természetesen a mi kutatóink is gyakran élnek ezzel a lehetőséggel.

Nagyon jó szakmai kapcsolatot ápolunk a hazai matematikai szakkönyvtárakkal, kiemelten a Szegedi Tudományegyetem, a Debreceni Egyetem, az ELTE, a BME-OMIKK, a Bolyai Intézet könyvtárával, továbbá minden kutatóintézeti könyvtárral, az MTA Könyvtár és Információs Központtal, illetve természetesen az Országos Széchényi Könyvtárral is. Kölcsönösen segítjük egymás munkáját.

Az utóbbi másfél évtizedben számos újítást vezettünk be. Ezek közül a legfontosabb talán az, hogy önkiszolgáló kölcsönzésre is lehetőség van a könyvtárban elhelyezett pultnál. Mivel a kutatók az intézeti kártyával éjjel-nappal használhatják a könyvtárat, így amikor nincsenek könyvtáros kollégák az épületben, mindenki maga kölcsönözhet könyvet, ezt a Corvina integrált könyvtári rendszer rögzíti.

A 2013-14-es években a könyvtár teljes felújításon esett át. Megújult és új külsőt kapott a polcrendszer, a lépcsők, az irodák, az olvasóterem. Pár éve pedig tömörraktárt tudtunk kialakítani a pincében a régi polcrendszer helyett, ezáltal sokkal több dokumentumot sikerült itt el-



helyezni. Megoldódott a páramentesítés is, ami állományvédelmi szempontból nagyon fontos.

A könyveket a korábban használt raktári rend helyett a Library of Congress (LOC) szakjelzetek használatával szaktuk újra. Ebben a munkában mind kutatóink, mind a nagy könyvtári adatbázisok segítségünkre voltak. Ezt követően minden könyv a szakjelzetének megfelelő helyre került, ami a teljes állomány átmozgatásával járt.

Az Elektronikus Információszolgáltatás Nemzeti Program (EISZ konzorcium) keretében előfizetünk sok számunkra fontos adatbázisra. A kutatók körében a legnépszerűbbek a MathSciNet, az Elsevier-Scopus, Elsevier-AI, JSTOR, Web of Science, Cambridge University Press (CUP), Springer Nature. Az előfizetések mellett a konzorciumi megállapodás keretében az Elsevier, a Springer és a CUP kiadók folyóirataiban a kutatóink által publikált cikkek ingyenes open access (OA) megjelenésére jogosultak. Kutatóink nagy örömmel fogadták és ki is használják ezt a lehetőséget.

A szépen felújított olvasóterem kihelyezett kurrens folyóiratokkal várja nap mint nap a kutatókat, olvasókat.

A könyvtár elsősorban kutatástámogatási feladatokat lát el. Emellett számos jelentős intézeti projekt megvalósításában is részt vállalnak a könyvtár munkatársai. Ilyen feladat volt kiváló kutatóink életművének, cikkeinek összegyűjtése, és a csak nyomtatásban megjelent cikkek digitalizálása. Ily módon kerülhetett fel az intézeti honlapra Erdős Pál, Rényi Alfréd és T. Sós Vera életműve.

Az Intézet könyvtára az ország legnagyobb, korlátozottan nyilvános matematikai szakkönyvtára, ez nagyon fontos szempont az állománygyarapítás során. Látogatása nincs feltételekhez kötve, viszont – állományvédelmi megfontolásból – kölcsönözni csak intézeti kutatóknak lehet. Külsős olvasók kizárólag intézeti kutatók kezességvállalása mellett kölcsönözhetnek.

A könyvtár elsődleges feladata továbbra is az intézeti kutatók szakirodalmi igényeinek maximális kiszolgálása.

Hajas Ildikó, könyvtárvezető

PILLANATKÉPEK
INTÉZETÜNK
MINDENNAPJAIBÓL

A CÉLUNK AZ, HOGY A MATEMATIKA MINDEN NAGY TÉMATERÜLETÉN LEGYEN LEGALÁBB EGY NEMZETKÖZILEG KIEMELKEDŐ CSOPORTUNK

Stipsicz András a Rényi Intézet kutatóprofesszora és igazgatója, aki idén Bolyai János Alkotói Díjat kapott. Az amerikai évei után 2002-ben lett a Rényi Intézet tudományos főmunkatársa, 2006-tól pedig a professzora. 2019-től az intézet igazgatója. Ez az interjú arról szól, milyen tervekkel, célokkal vette át az igazgatói posztot, és mi mindent sikerült ezek közül már megvalósítani.

Nagy felelősség a Rényi igazgatójának lenni, mert ez egy komoly hagyományokkal rendelkező intézet. Óriási kihívásnak éreztem ezt a pozíciót, és természetesen sok tervem volt. Ezek közül az egyik például egy konferenciaközpont létrehozása, amit 2022-ben sikerült is realizálni, ez lett az Erdős Központ. Ne egy nagy épületre gondoljunk, ez inkább egy elméleti központ, ahol munkatársaim abban segítenek, hogy minden félévben valamilyen matematikai témát dolgozzunk fel, kutatókat hívunk meg az aktuálisan legforróbb területekről, beszélgessünk ezekről, próbáljunk haladni. Tehát a kutatásnak egészen a peremvidékére merészkedünk ki, és hadd dicsekedjek rögtön, az elmúlt három év alatt sikerült olyan státuszt kivívni, olyan brandet felépíteni, hogy az amerikai Simons Foundation megtámogatta az erőfeszítésünket. Most a központ költségvetésének kicsivel több mint a felét tudjuk ebből fedezni és továbbra is pályázunk. A pályázás eleve a matematikus életének velejárója...

SIM NS
FOUNDATION

A pályázatokról mindenképpen essen még szó, de a konferenciaközpont mellett volt másféle elképzelése is...

Igen, a másik álmom az volt, hogy a szakmódszertanban, a matematika tanításában előrelépjünk. Ez egy neuralgikus pont. Nemcsak Magyarországon, hanem a világban mindenütt nehéz matematikát tanítani, pedig az életünket át- meg átszövi ez a tudományág. Csak hát nem mindig látjuk ezt, és nem tudjuk, hogy az iskolában tanultak mennyire relevánsak a mindennapi életünkben, úgyhogy ezen próbálunk valamilyen ffordított módon áttörni. Igyekszünk a praktizáló tanárokat óravázlatokkal, ötletekkel, tippekkel segíteni, és ugyan nem gondolom, hogy ez forradalmi újításokat hoz, de szép lassan talán változást tud generálni. A harmadik tervem pedig már tisztán szakmai: úgy látom, hogy a differenciálegyenletek és parciális differenciálegyenletek elmélete Magyarországon „nincs jó kézben”. Vannak kutatók, de kevesen vannak és kevésbé szervezettek, pedig ez a matematika egyik legfontosabb és leginkább tanulmányozott ága, viszont az intézetünkben ez egyáltalán nincs reprezentálva. Persze nem könnyű meghonosítani egy tématerületet. Nyilván az nálunk nem megy, amit meg lehetne tenni egy nagyon gazdag intézetben, hogy meghívjuk a világ három leghíresebb differenciálegyenletes kutatóját és ők ideszerződnek. Mi szeretnénk alul-

ról építkezni, ami idő- és energiaigényes, de csináljuk. Kértünk segítséget, próbálunk közös programot kialakítani a lipcsei Max Planck Intézettel és a Yale Egyetem matematika tanszékével, ez elindíthat egy többirányú áramlást. Mi tudjuk biztosítani a diszkrét matematikai háttérrel, ami iránt ők érdeklődnek, és cserébe remélhetőleg kapunk segítséget, hogyan építsük föl a matematikának ezt a rendkívül aktív területét az



Stipsicz András

intézetben és az országban. Ez a terv annyira konkrét, hogy már a pályázatot is beadtuk.

Melyek a Rényi Intézet jelenlegi legfontosabb eredményei? A falak itt legendás matematikusokról mesélnek, nem beszélve a két Abel-díjas tudósról, Szemerédi Endréről és Lovász Lászlóról, akik nem külföldön élnek, hanem itt az intézet keretein belül dolgoznak. Mi az, amire most, 2025-ben a legbüszkébb intézetvezetőként?

Így van, ez nagyon fontos, Lovász László nemcsak kiváló tudós, hanem az ötleteivel kifejezetten serkentően hat a munkatársakra, a nagy ERC pályázatával sok fiatal kutatót gyűjt maga köré. De vannak más csoportok is, például nagy hangsúlyt fektetünk a számelmélet területén egy bizonyos témára, ott is van legalább öt kifejezetten magas szintet képviselő kutatónk, ők rengeteg külföldi matematikust vonzanak ide és a magyar diákokat is eléri. A valószínűségszámítás hagyományosan erős terület a magyar matematikában. Az algebrai geometria pedig hosszú ideig fehér folt volt, de ez is jelentős nemzetközi hagyományokkal rendelkező terület, és mint a neve mutatja, összekombinálja az algebrát, ahol főleg számolások, számítások vannak, és a geometriát, ami meg egy szemléletesebb része a matematikának. Ez nagyon divatos a világ matematikájában, nálunk azonban hosszú évtizedekig hiányzott. Aztán Némethi András hazatérével megalakult az intézet *Algebrai geometria csoportja*, ez most egy nagyon életerős, de még fiatal tölgyfa, mondjuk így, és remélhetőleg tovább erősödik. Emellett a differenciáلتopológia, az én szűkebb tématerületem is egészen jó állapotban van. Több nagy pályázatot nyertünk, és ezzel a csoportunkat nemzetközivé tudtuk tenni, a magyar fiatalokat is sikerült bevonni, úgyhogy nagy reményeink vannak ebben az irányban is. A célunk tehát az, hogy a matematika minden nagy tématerületén legyen legalább egy nemzetközileg kiemelkedő csoportunk. Egyetlen intézet azt nem tudja elérni, hogy a matematika összes témájában versenyképes legyen,

de hogy a geometria, az analízis, a topológia, az algebra, a valószínűségszámítás, a diszkrét matematika – és még sorolhatnám – területén mindenütt legyen egy-egy nemzetközileg meghatározó csoport, és így rajtuk keresztül elérhető legyen az egész közösség, ez szerintem reális tervnek tűnik. Úgy érzem, ezzel jó úton haladunk.

Van egy Mesterséges Intelligencia kutatócsoport a Rényiiben, az ő munkájuk folyamatosan fókuszban van, számos más projektjük mellett kiemelkedő az, amit az átfogó egészségügyi életútelemző adatplatformmal létrehoztak.

Így van, és mindig azt szoktam mondani, hogy a mesterséges intelligenciát lehet szeretni, utálni, lehet félni tőle, egy dolgot nem lehet csak, ignorálni. Egy matematikai intézetnek több szinten kell a mesterséges intelligenciával foglalkoznia. Az első szint, megérteni ennek a mechanizmusnak a matematikai alapjait, és azt gondolom, hogy erre Magyarországon a Rényi Intézet a legalkalmasabb, de világviszonylatban is nagyon jó helyen állunk. Ezen túl természetesen a nagyközönséget ennek az új módszernek az alkalmazása foglalkoztatja leginkább, és ezt kétfelé választhatjuk: van olyan alkalmazása az AI-nak, ami szigorúan



Némethi András az intézet Algebrai geometria csoportjának alapítója

véve a tudományban alkalmazható, tehát matematikai, fizikai, biológiai, kémiai területeken segíthet, és van olyan alkalmazás, amikor a nagyközönség számára is jól érzékelhető és érthető problémákat próbálunk megoldani. Ilyen például a betegélettutak elemzése, követése és az összegyűlt adatok feldolgozása úgy, hogy abból megfelelő jóslatokat lehessen készíteni. Ez az intézetnek valóban egy kiemelt területe. A terveim között még nem említettem, milyen lényegesnek tartom az alkalmazott matematika erősítését. Intézetünk 1950-ben eredetileg alkalmazott matematikai intézetként alakult meg, a háború után ez kézenfekvő volt, mert akkor kevesebb energia jutott absztrakt kutatásokra, az országot kellett újjáépíteni. Olyan kutatásokat végeztek, amelyeket nagyon hamar lehetett hasznosítani. Aztán a '70-es, '80-as években ez eltolódott az elmélet felé, és a napjainkban felmerülő új kérdések, mint például a nagy hálózatok kutatása vagy a mesterséges intelligencia, visszahozzák azt a lehetőséget, hogy bizonyos elméleti eredményeket minél hamarabb át tudjunk ültetni a gyakorlatba. A nagyközönségnek látnia kell, hogy ezeknek a matematikai kutatásoknak nemcsak elvont haszna van, hanem a mindennapi életünket is közvetlenül tudják befolyásolni.

Az előbb említette a pályázatokat és az intézmény fenntartását. Ön 2024-ben nyert egy ERC (European Research Council) pályázaton, a címe Csomók és felületek négydimenziós sokaságokban. Mire ad lehetőséget egy ilyen pályázat?



A pályázat révén egyrészt egy egész csoportnak adhatunk nagyon kényelmes anyagi háttérrel 5-6 évre. Ezek nyugat-európai szinten is versenyképes fizetések, a leginkább a projektbe illő kutatókat tudjuk így vendégül látni, egy hétre, egy hónapra, van, akit egy évre, és van olyan kolléga is, akit határozatlan időre vettünk fel, mert neki annyira megtetszett az itteni légkör, hogy itt szeretné ebben a témában folytatni a kutatásait. Másrészt vannak további hasznos kimenetei is egy ilyen nyer-

tes pályázatnak. Ha valaki pályázik és jó elbírálást kap, még ha esetleg nem is nyer, azért az nagyon jó visszacsatolás az intézet vezetése felé, hogy nem kizárólag nekünk tetszik az irány, amit a kutató képvisel, hanem egy aránylag elfogulatlan nemzetközi zsűri szerint is megállják a helyüket az eredményei. Abba a csoportba az intézet is szívesebben investál utána. A harmadik szint pedig, hogy az intézet kívülről jövő megítélésében nagy súllyal esnek latba ezek az elnyert pályázatok. Nagyon röviden el lehet mondani valakinek, hogy az intézet tudományosan hol tart, ha megemlítem, hogy mi az elmúlt 17 évben, amióta ez a kutatási tanács létezik, 13 ilyen pályázatot nyertünk el. Amikor a tizenegyediket megnyertük, akkor a magyar fociválogatott mezét legyártatva egy focicsapatnyi kutatót állítottunk össze egy fénykép erejéig – mert ugye a tizenegyes számról minden magyar embernek ugyanaz jut eszébe –, és mi azt akkor a Rényi ERC Aranycsapatának hívtuk. Nem összehasonlítva az igazi fociban valaha létezett aranycsapattal, de azért talán jó képet adott arról, hogy hol tart az intézet. Ez a mi büszkeségünk, elfogadva azt, hogy a matematika nagyon absztrakt tudomány, vagyis kevesebb alkalmazott eredményt tudunk azonnal felmutatni, szemben más intézetekkel. De nagyon örülünk, hogy egy hálózatban, most a HUNREN hálózatában, amelybe különböző karakterű intézetek tartoznak és mindenkinek más az erőssége, mi például pályázati eredményesség szempontjából tudunk jelentőset hozzátenni a közös erőfeszítésekhez.

Beszélne a saját kutatási területéről, mi az újdonság abban ma, amivel ön foglalkozik?

A térfogalom, vagy a terünk megértése visszanyúlik egészen a görög matematikáig, ahol Euklidész nemcsak az akkori geometriai tudást gyűjtötte össze *Elemek* című könyvében, hanem egy modellt adott arra, hogyan kell egy matematikai elméletnek kinéznie axiómák felsorolásával, majd definíciókkal és végül tételek bebizonyításával. Biztosan mindenki emlékszik még például a Pitagorasz-tételre, amit az iskolában tanultunk, és aminek segítségével az euklidészi térben a távolsá-

got ki lehet számolni. Ez a térfogalom nagyon hosszú ideig elég merev volt. Az euklidészi modell dominálta a matematikát mindaddig, amíg az 1800-es évek elején több matematikus is – köztük Bolyai János, aki a magyar matematika egyik legkiemelkedőbb alakja volt – arra a felismerésre jutott, hogy ez egy sokkal rugalmasabb és flexibilisebb fogalom, tehát többfajta térkonstrukciót lehet elképzelni. Ez aztán a 19. század végére ahhoz vezetett, hogy felvetődött különböző dimenziós tereknek a vizsgálata. Mielőtt ennek meglett volna bármilyen fizikai értelmezése vagy alkalmazása, már kialakult például a négydimenziós tereknek egy elmélete, ami aztán elég hamar talált fizikai alkalmazást, mert az Einstein nevéhez kötődő relativitáselmélet épp ilyen négydimenziós térnek, pontosabban a téridőnek a struktúráját vizsgálja inkább geometriai, mint topológiai szempontból. Itt a geometria azt jelenti, hogy lehet távolságokat, szögeket mérni, tehát ez egy egészen merev struktúra. A topológia ennél sokkal lazább, ott a kisebb változtatásokat mi elhanyagolhatónak tekintjük. Mindez elvezetett oda, hogy az emberek megpróbálták megérteni a mindenféle dimenziós tereket, gondolkodtak azon, egyáltalán milyenek lehetségesek, és ha esetleg fel tudnánk sorolni az összeset, akkor miként lehetne őket beazonosítani. Ha leegyszerűsítjük, akkor a mi feladatunk az, hogy egy „népszámlálást” végezzünk a valahány dimenziós terek között. Meglepő módon az derült ki, hogy az egy- és kétdimenziós terek elég egyszerűek, ezt nagyon hamar megértették, és a '60-as évekre az öt-, hat-, illetve magasabb dimenziós tereket is egész jól tudták kezelni. Magas dimenzióban rengeteg olyan technikát lehetett kifejleszteni, amivel ezek beazonosíthatóvá váltak. Azonban a három és a négy dimenzió, vagyis pont a három, amiben élünk, illetve a négy, ami a téridőnk dimenziója, valahogy kimaradtak. A három dimenziót aztán a kétezres évek elején egy orosz matematikus nagyjából megértette és lezárta. A négy dimenziót pedig valahogy úgy kell elképzelni, mint egy fázisátmenetet, valahol félúton az alacsony (legfeljebb három) és a magas (legalább öt) között, ettől nagyon egyedi...



Háromlevelű csomó



*Stipsicz András
Bolyai-díj 2025-ben*

A matematikában az a szokásos terminológia, hogy ha valamiről megbizonyosodtunk, valamit bebizonyítottunk, azt tételnek hívjuk, amiről meg csak tippünk van, de még nem tudjuk, hogy mi a bizonyítás, csak nagyon hiszünk abban a tippben, azt sejtésnek nevezzük. Nos, a négy dimenzióban még sejtés sincs. A tapasztalat az, hogy a háromdimenziós terek esetében nagyon fontos a hurkok megértése, ezeket algebrai struktúrába lehet rendezni. Azután vetődött fel az ötlet, hogy talán négy dimenzióban nem a hur-

kokat kéne nézni, hanem a felületeket... A háromdimenziós térben élő csomókat is vizsgáljuk, de ezeknek nem a háromdimenziós karakteristikáit nézzük, hanem inkább azt, hogy hogyan viselkednek a négydimenziós térben. Az én pályázatom erre lett felfűzve. Van még egy technikai apróság, amit beletettem a pályázatomba, az igazi újdonság, de ezt hosszú lenne elmagyarázni, úgyhogy elégedjünk meg annyival, hogy ezeket a felületeket próbáljuk megérteni.

Említette Bolyai nevét, az ön számára bizonyára nagyon fontos az, hogy megkapta a Bolyai János Alkotói Díjat, hiszen kapcsolatban van a kutatási területével...

A Bolyai-díj nagyon komoly (talán a legkomolyabb) elismerése a magyar tudományos életnek. Egy nagy magyar matematikusról elnevezett díj, tehát számomra van egy extra szintje. Ráadásul géométerként vagy topológusként rengetegszer tanulmányoztam már az egyetemtől kezdve Bolyai János munkásságát. Az ő ötlete a hiperbolikus geometria bevezetése volt, ez a háromdimenziós terek elméletében meghatározó, így a díjat kétségtelen, hogy nagyon közel érzem magamhoz. Amikor felhívtak avval, hogy idén én kapom ezt az elismerést, és megnéztem a korábbi díjazottak névsorát, az már egészen nyomasztó érzés volt, hogy ehhez felnőjön az ember. Nyilván meghatározó pillanat egy kutató életében, amikor ilyen elismerést kap, ez alkalom kicsit a visszatekintésre, illetve hatalmas motivációt is jelent.

VAN, AMI NEM VÁLTOZOTT: A BELSŐ ÖSSZETARTÁS ÉS A STABILITÁS

Pálffy Péter Pál kutatóprofesszor 2006 és 2018 között volt igazgató a Rényi Intézetben, amelynek kapuján még általános iskolásként lépett be először. Néhány évtől eltekintve folyamatosan ide kötötte a munkája, és rendkívül jól ismeri az épület történetét, azt a számos hatást, ami az intézményt érte, valamint a világhírű matematikusok életét, akiknek Magyarország és a világ tudományos életében meghatározó szerepük volt. Ez a beszélgetés a Rényi Intézet elmúlt 75 évéről szól, így arról is, ami itt soha nem változott.

Számos nagy eredmény született 75 év alatt a Rényiiben, sok kiváló, nemzetközileg nagyra értékelt kutató dolgozik és dolgozott nálunk. Azt gondolom, a legfőbb erénye az intézetnek ez a légkör, ami itt uralkodik már a kezdetektől, hogy egymást segítve dolgozunk és mindenkit hajt a matematika iránti szenvedély. Nem is kell itt különösebben konkrét célokat kitűzni, hanem mindenki a saját ismeretei, képességei alapján ki tudja választani azt a tudományos területet, azt a problémát, amin érdemes munkálkodnia, és ha jól állítottuk össze a csapatot, akkor egy nagyszerű eredmény születik majd, amire felfigyel a világ.

Összefoglalható az, mit köszönhet a tudományos élet a Rényi Intézetnek és egyáltalán hogyan jött létre ez a matematikai bázis?

1950-ben, az intézet megalapításával kezdődik ez a történet, és Rényi Alfrédde, aki 29 éves korában megkapta az igazgatói tisztséget. Ő már úgy érkezett ide, hogy igazán sikeres volt, a leningrádi tanulmányai során olyan eredményeket ért el, amelyek miatt azóta is rengetegen



Pál Pál

idézik. Az adatbázisokban – pedig nem olyan régen kezdték gyűjteni az idézettséget – több mint hétezer hivatkozást lehet találni Rényi munkáira. Tehát ilyen kiválósággal indult el az intézet, igaz, annak idején az alkalmazott matematika céljaira hozták létre, hiszen ebben a korszakban a kommunista szlogen szerint „a tudomány termelő erővé válik”. Ezek a torz nézetek azóta is időről időre felbukkannak, pedig az alapkutatás nagyon fontos, és ezt Rényi Alfréd már a kezdetektől tudta. De

mást nem tehetett, igyekezett alkalmazkodni az akkori viszonyokhoz. Az intézetben így létrejött a mechanikai és a vegyipari osztály is, pedig valljuk be, a magyar ipar akkori fejlettségi szintjén nem volt igazán szükség magas matematikai eszközökre a termelés fokozásához.

Abban az időben elképzelhetetlen volt, hogy kifejezetten elméleti matematikával foglalkozzanak?

Igen, akkor elvileg egyértelműen elképzelhetetlen volt, de természetesen Rényi hagyta a kutatókat, hogy elméleti matematikával is foglalkozzanak. 1955-ben már el is érte, hogy az intézet nevét megváltoztassák Matematikai Kutatóintézetre, ahol egységben van az elméleti alapkutatás és a gyakorlatorientált, alkalmazott matematikai kutatás, és azóta így is van. Különböző korszakokban más-más hangsúllyal, de mindkét ága jelen van a matematikának.

Akkoriban milyen színvonalú volt a matematika az országban?

Ha egészen a régi időkig visszanyúlunk, akkor Bolyai János nevét kell megemlíteni, aki egy elszigetelt kimagasló tehetség volt, az egész magyar tudománynak talán a legnagyobb alakja, de őt a saját korában nem

értették meg külföldön sem – nem is nagyon jutott el a híre külföldre –, Magyarországon pedig végképp nem. A 19. század vége felé kezdődött a kibontakozás, addigra már sokan voltak, akik más országokban tanultak, és kezdett meghonosodni a matematika itthon is. 1891-ben megalakult a Matematikai és Fizikai Társulat. 1893-ban Arany Dániel győri matematikatanár elindította a *Középiskolai Matematikai Lapokat*. 1894-ben rendezték az első matematikai tanulóversenyt az érettségizettek számára, ami ma Kürschák József nevét viseli. Mindennek hatására kitermelődtek azok a kiváló matematikusok, itt elsősorban Fejér Lipót és Riesz Frigyes említhető, akik aztán továbbadták a tudást, és a két világháború közötti időszakban egész sor kiváló matematikus tanult az egyetemeken. Kialakultak a matematikai iskolák, de akkoriban, a második világháború előtt még nem volt igény annyi magasan képzett matematikusra, amennyi kiváló elme volt. Csak a háború utáni újjáépítés során jelentek meg a tényleges matematikai állások.

Az már akkor körvonalazódott, hogy milyen matematikai területeken erősek a magyar matematikusok? Gyakran emlegetjük, hogy például a valószínűségszámítás és a kombinatorika is alapvető, szinte a magyarok vérében van...

Igen, az 1930-as évek generációja egyértelműen a kombinatorika felé fordult. Kőnig Dénesnek 1936-ban jelent meg a világon az első gráfelméleti monográfiája, tehát ez már akkor a magyar matematika fő erőssége lett, és azóta is az. Rényi Alfréd indította el a magyar valószínűségszámítási iskolát – bár már korábban is voltak valószínűségszámítással foglalkozó kutatások Magyarországon –, de lényegében ő hozta haza a Szovjetunióból ezt az irányzatot.



*A Reáltanoda utcai épület
az 1930-as években*



Érdekes például, hogy a *Valószínűség-számítás* című tankönyvét németből fordították magyarra. Németül jelent meg eredetileg, és aztán Vekkerdi László fordította angolra. Nagyon jól megírt könyv ez. Rényi egyébként kifejezetten sokoldalú matematikus volt, a valószínűség-számítást tartotta fő területének, de számos más matematikai ágban is kiváló eredményeket ért el. Nem beszélve arról, hogy ennek a tudománynak a népszerűsítésén mennyit dolgozott,

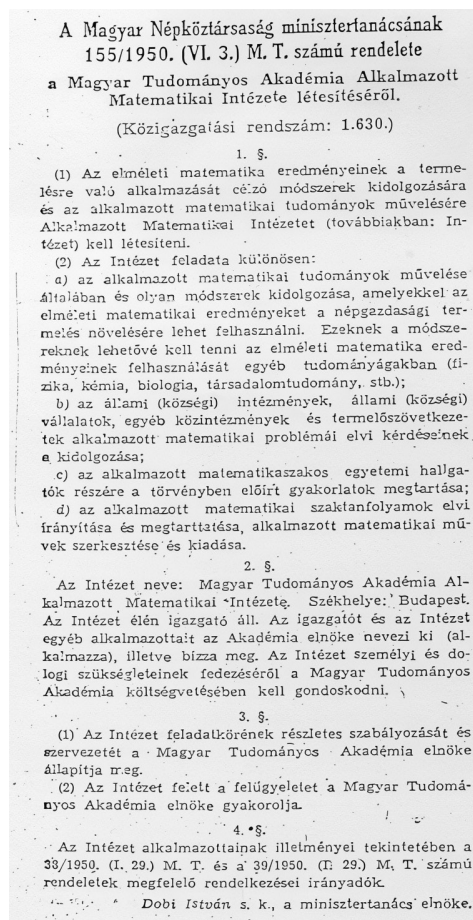
könyveket írt a matematika filozófiai kérdéseiről, tévéműsorokban szerepelt. De hát említettem az előbb Fejér és Riesz nevét is. Riesz Frigyes a modern funkcionálanalízis egyik megalapítója, abban is nagyon erős iskola van Magyarországon, főleg Szegeden.

Térjünk vissza az intézet történetéhez. Azt mondta, hogy az alapítás után öt évvel kezdett kiegyenlítődni az alkalmazott és az elméleti matematikával foglalkozók aránya...

Persze a későbbi időkben is volt például a matematika közgazdasági alkalmazásaira fókuszáló csoport, ha jól emlékszem, az '50-es évek vége felé alakult meg, vagy például amikor én az intézetbe kerültem 1978-ban, akkor az egyik évfolyamtársamat azért vették föl az intézetbe, hogy a Magyar Alumíniumipari Trösztnek dolgozzon, ugye ott bauxitbányászat, timföldgyártás, alumíniumkohók voltak, és az ezek közötti árumozgásokat, árazásokat és bonyolult közgazdasági modelleket kellett ki-dolgozni. Az alkalmazott matematikai ág tehát mindig is jelen volt az intézet életében, ma pedig a mesterséges intelligencia kutatása és a pénzügyi matematika területén folynak főleg az alkalmazásra vonatkozó kutatások.

Milyen további átalakulásokon, változásokon ment át az intézet a későbbiekben? Legalábbis a nevét és a fenntartóit illetően, hiszen arról már beszélt, hogy a légkör és szellemiség a kezdetektől változatlan.

Említettem, hogy az intézetet 1950-ben alapították meg minisztertanácsi rendelettel a Magyar Tudományos Akadémia Alkalmazott Matematikai Intézete néven. '55-ben az Akadémia elnöki döntésével megváltoztatták a nevét, és akkor a célokat is általánosabban fogalmazták meg, hogy az elméleti matematika is hangsúlyt kapjon, így lett a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Kutatóintézete. Rényi Alfréd 1970-ben, sajnos nagyon fiatalon, 49 éves korában meghalt. 1999-ben vette fel az intézet az ő nevét, mint alapító igazgatót, és egészen 2019-ig a Magyar Tudományos Akadémiához tartozott. Akkor lett az úgynevezett Eötvös Loránd Kutatási Hálózat tagja, amit aztán négy évvel később Magyar Kutatási Hálózatnak neveztek át, azután pedig HUN-REN-nek, úgyhogy most ez a neve: HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet. És igen, van, ami nem változott: a belső összetartás és a stabilitás. A 75 év alatt hét igazgató vezette az intézetet, ami azért mutatja az állandóságot. Miközben persze mindig is reagálunk a tudományos élet változásaira, az új kihívásokra, új problémákra, és új területek jelennek meg, de az összetartó erő megvan és igyekszik kivédeni a különböző ad hoc átalakítási, ideológiai, akármilyen külső behatásokat.



Minisztertanácsi rendelet az alapításról, 1950

Őn is volt a Rényi igazgatója, ezért merül fel a kérdés, hogy az intézet vezetői sem álltak elő esetleg a korábbi irányoktól teljesen eltérő ötletekkel? Különböző személyiségek voltak, lehettek volna másféle ambícióik...

A Rényi igazgatója nem valamiféle parancsnok, hanem mindig egy ember közülünk, aki elvállalja ezt a feladatot és nem akarja ráerőltetni a saját elképzelését a többiekre. Az összes vezető kutató tisztában van vele, mi az, ami az ő területén a tudományban fontos, és szívvel-lélekkel azon dolgozik. Én abszolút konzervatívan kezdtem, az igazgatói pályázatomban is azt írtam le, hogy az intézet jól működik, ne nyúljunk hozzá, ne bántuk, hanem haladjunk tovább ebbe az irányba. Nyilván voltak apróbb változtatási javaslataim, amiket esetleg meg is tudtam valósítani, de a fő irányt jónak tartottam, úgyhogy eszembe nem jutott, hogy itt valami gyökeres változásra lenne szükség.

Eddig nem esett még szó erről a lenyűgöző épületről, amiben most az intézet működik a Reáltanoda utcában. Az is meglehetősen kalandos út, hogy végül a matematikusok, a kutatók itt találtak otthonra...

A kezdet mindig nehéz. 1950-et tűztük ki az intézet alapításának, de voltak előzményei. Akkoriban létezett a Tudományos Tanács, amit az

akadémiával szemben hoztak létre, az is alapított valamiféle matematikai kutatócsoportot. Végül később mégis csak együtt alakították át az akadémiát, és ennek a folytatásaként jött létre tulajdonképpen az intézet, először a Műegyetem néhány helyiségében, aztán a Sztálin út 31-ben – ami most az Andrássy út nevet viseli ismét –, illetve a Zichy Jenő utca 4-ben. De például nekem egyszer az Akadémiai Levéltárban



Rényi Alfréd

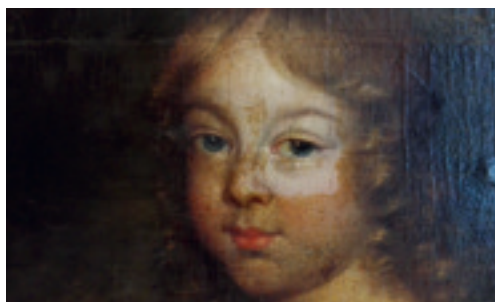
kezembe akadt Rényi Alfrédnek egy levele, amelyben az akadémia vezetésének panaszodik, hogy nagyon rossz a kutatók elhelyezése ebben a két nagyméretű lakásban...

Szűken voltak?

Az intézet mindig szűken volt, ez alapelv, hogy mindig kevés a hely, állandóan bővíteni kell, egyre többen leszünk. Végül 1958-ban kapták meg a matematikusok ennek a Reáltanoda utcai palotának egy részét, amit később már teljes egészében birtokolhattak, és az évek során a tetőtér beépítésével és a szomszéd házakban egy-egy lakás megvásárlásával tovább bővült az intézet.

De eredetileg ez a szép épület Redl Béla báró tulajdona volt, ő kezdte el építeni az 1860-as évek végén, majd leszármazott nélkül halt meg...

Igen, téli időben nem a Kelebia-Tompa melletti birtokán tartózkodott, hanem a fővárosban – ahogyan általában a nagybirtokosok akkoriban –, ezért is építtette ezt az egyemeletes épületet. Leszármazottai nem voltak. Az örököse ugyan tervezte, hogy átalakítja a házat, végül mégis inkább eladta. A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet vette meg a palotát 1906-ban, akkor Hauszmann Alajos volt az elnökük, ő nagy fantáziát látott benne, és a saját tervei szerint bővítette ki az épületet, például az előadótermet ő építtette hozzá. Ma is láthatók mérnöki szimbólumok ott a nagyterem falán. De az igazgatói iroda még Redl báró idejéből való, ott a kazettás mennyezetbe egy 17. századi festmény van beapplikálva, amit pár évvel ezelőtt restauráltak. Vastag nikotinréteget szedtek le róla, mert a korábbi igazgatók, Rényi és Hajnal



Az igazgatói szoba mennyezeti festmény részlete retusálás közben, a nikotinréteg eltávolításakor



*Hadikórház volt a Nagyteremben
az első világháború alatt*

András is nagyon erős dohányosok voltak. Most újra eredeti pompájában látható ez a kép. A második világháborút követően sokféle használója volt az épületnek, bár az első világháború idejéről is előkerült nemrég egy fénykép, ami azt mutatja, hogy a nagy előadótermet hadikórháznak rendezték be, és a fotón ápolók, betegek láthatók. 1945 után népi kollégium is működött az épületben, majd a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsé-

gének irodái voltak itt. A legenda szerint az Ebtenyésztők Egyesülete is fenntartott egy irodát az alagsorban, amit később előadóteremnek használtunk, amikor már teljesen a kutatóintézet vette birtokba a házat. Ezt, a korábbi funkciója emlékére, Kutvás teremnek neveztük el. Egyetemistaként én számos szemináriumra jártam oda, mert az ELTE matematikai tanszékei akkor még a Múzeum körúton voltak, úgyhogy öt perc alatt át lehetett jönni ide.

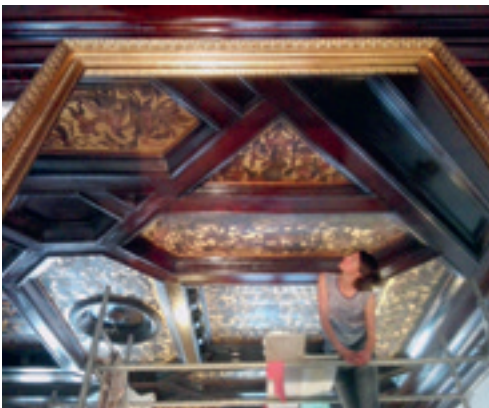
Mesélne arról, hogy miképpen került be az intézet a nemzetközi tudományos vérkeringésbe?

Az 50-es évek első felében természetesen nagyon nehéz volt a külföldi kapcsolattartás, de az intézet és Rényi Alfréd mindig is törekedett arra, hogy ez az összeköttetés megmaradjon, tehát a magyar matematika nemzetközi beágyazottsága állandóan fennállt. De a Bolyai János Matematikai Társulat is számos olyan konferenciát szervezett, ami híd volt Nyugat és Kelet között. A legnagyobb szerepet azért Erdős Pál vállalta ebben, hiszen ő 1954-től jöhetett haza Magyarországra azzal az ígérettel, hogy el is mehet innen, utazhatott a világ minden tájára, így hozta-vitte a híreket. Nem volt még internet, e-mail, úgyhogy rengeteg levelet írt. Minden nap felkelt hajnali 4 órakor, és írta a leveleket,

általa létezett ez a kapcsolati háló az egész világgal. Ő egyébként miután Pesten elvégezte az egyetemet, Manchesterben kapott – mai szóhasználattal élve – posztdoktori állást, de rendszeresen hazajárt Angliából az ünnepekre. Ám amikor Hitler elfoglalta Csehszlovákiát, akkor úgy döntött, túl forró a talaj a lába alatt, és nem utazott többé Magyarországra, csak tíz évvel később.

A legenda szerint, amikor megjelent az intézetben, elfoglalta az igazgató szobáját...

Igen, én is emlékszem, hogy amikor Erdős megérkezett, „kitúrta” az igazgatót az irodából, és ott dolgozott szimultán különböző témákon több fiatal munkatársával. De Erdős Pál mellett meg kell említeni Fejes Tóth Lászlót, aki a diszkrét geometria megteremtője, ennek a területnek az első nagy monográfiáját ő írta. Ezt ötven évvel a megjelenése után újra kiadták az azóta bekövetkezett változásokról szóló függelékkel, de az alapok nyilván ugyanazok, azokat Fejes Tóth László fektette le. Vagy például itt volt Hajnal András, akinek a halmazelméletben Erdős Pállal is rengeteg közös cikke született, ő miután a Rényi Intézet, illetve akkor még Matematikai Kutatóintézet igazgatását befejezte, kiment Amerikába és ott is vezetett egy kutatóintézetet.



Az igazgatói szoba mennyezeti festményének restaurálása, 2018

Önnek kivel volt személyes kapcsolata, melyikük munkájához kapcsolódott a kutatási területe?

A kutatási témám nem kapcsolódott Erdős Pálhoz, de egyszer jött és mondta, hogy „Az Amerikai Matematikai Társulat folyóiratában volt egy érdekes kérdés, ami érdekelhet téged”. „Igen, olvastam – válaszoltam. – Gondolkoztam rajta, de úgy látom, hogy erre nem lehet pontos választ adni”. Azt mondja erre Erdős, hogy „Hát ha pontos választ nem lehet adni, akkor próbáljunk meg *közelítő* választ adni.” Ez nekem eszembe se jutott, az ő ötlete volt, és ezt sikerült is egy közös cikkben kidolgoznunk, úgyhogy így 1-es az Erdős-számom.

A híres Erdős-számok...

Igen, igazából erre a cikkre vagyok különösen büszke, de már volt egy korábbi közös tanulmányom is Erdős Pállal. A Schweitzer-verseny (Schweitzer Miklós Matematikai Emlékverseny) az egyetemisták számára rendezett 10 napos matematika versenyünk, ahol 10-12 nehéz problémát kapnak a diákok és éjjel-nappal dolgoznak rajta. Itt egyszer kitűztem egy feladatot. Korábban nem tudtam megoldani, de plauzibilisnek hangzott az állítás, ezért megkérdeztem Erdőst, hogy ezt be tudná-e bizonyítani. Erdős bebizonyította, és akkor már ki lehetett tűzni ezt a feladatot a versenyen. Egyébként Szegedi Márió adta rá a legjobb megoldást, egyszerűbbet, mint amit Erdős talált, úgyhogy háromszerzős cikk lett belőle, az *American Mathematical Monthly*-ban jelent meg ez a kis eredményünk. Ez volt az első közös cikkem Erdőssel. Van egy amerikai honlap, ahol gyűjtik Erdős Pál társszerzőit és Erdős társszerzőinek társszerzőit. Ez mindenki számára nagyon fontos, láttam olyat, hogy egy angol nyelvész a honlapján feltüntette, neki 5 az Erdős-száma. Sőt, egyszer úgy konferáltam be a Rényi Intézet egyik karácsonyi műsorán Megyesi Zoltánt, a Magyar Állami Operaház tenoristáját, hogy neki 2 az Erdős-száma, mert ő matematikából PhD-t szerzett. De Gregor József operaénekesről is viccesen azt lehet mondani, hogy

4 az Erdős-száma, mert írt egy közös szakácskönyvet egy matematikussal, akinek 3 volt az Erdős-száma. Ezt az egész világon számon tartják, hogy ki írt közös cikket Erdősszel, és ki publikált olyannal, aki együtt jelentetett meg vele tanulmányt és így tovább...

Ha az ön szakmai útját nézzük, lényegében kis kihagyással az egyetem óta kötődik a Rényi Intézethez, és nemcsak igazgatója volt, hanem korábban másféle pozíciókat is vállalt. 1999-ig tudományos igazgató-helyettesi pozíciót töltött be, de akkor váltott. Miért ment el?

Én mindig is tanítottam és imádom ezt a tevékenységet. Az ELTE-n sokáig óraadó voltam, aztán másodállásom lett ott, és amikor 1999-ben nyugdíjba ment az algebra professzora, akkor áthívtak. Így hat évig teljes állásban az egyetemen voltam, tanítottam az algebrát, és aztán 2006-ban szóltak, hogy menjek vissza az intézetbe igazgatónak. Engem előtte már tényleg nagyon hamar beszippantott a tudományos irányítás. 1985-ben például volt egy akció az akadémián, hogy minden bizottságban legyen fiatal, ekkor kerültem be a matematikai bizottságba és úgy látszik, jól szerepeltem, mert '91-ben a bizottság titkárának választottak. Aztán később a bizottság elnöke lettem, végül a Matematikai Osztály elnöke, szóval ezek a feladatok így sorra megtaláltak.

A kutatási területe a csoportelmélet, amikor ezt választotta, akkor mennyire volt ismert itthon a matematikának ez az ága?

A csoportelmélet valahogy nagyon megtetszett nekem. Van egy érdekes előzménye, hogy két kolozsvári egyetemi oktató, Maurer Gyula és Virág Imre írt egy picike könyvecskét *A relációelmélet elemei* címmel, pár forintért vettem a Pedagógus Könyvesboltban gimnazista koromban. Lenyűgözött, hogy szabályokkal számolgatunk, de nem valódi számokkal, hanem valamilyen mesterséges dolgokkal, úgyhogy amikor az egyetemen láttam, hogy csoportelméleti speciálkollégiumot ír ki az egyik tanár, akkor jelentkeztem. Csak négyen-öten jártunk oda, de at-



Pálfi Péter Pál

tól kezdve ez volt a szívem csücske és ma is az. Azt szoktam mondani, hogy a csoportelmélet a szimmetriák absztrakt matematikai elmélete. A gyökeireit keresve Évariste Galois francia matematikus-hoz kell visszamennünk, voltak persze előzmények is, de az igazi áttörést ő érte el 1830 táján. Galois ezt az egyenletek megoldására használta, pontosabban annak eldöntésére, hogy egy egyenletet meg lehet-e oldani, vagy nem. Érdekes módon a geometriai szimmetriák, amelyek sokkal kézzelfoghatóbbak, csak jóval később, 1870 táján kezdtek fontos szerepet játszani. Aztán a 19. század utolsó éveiben alakult ki az úgynevezett reprezentációelmélet, a csoportok reprezentációelmélete a

matematikusoknak köszönhetően, de aztán eltelt 20-30 év, és kiderült, hogy ez a kvantummechanikában alapvető jelentőségű. Ennek kapcsán írta Wigner Jenő, hogy „a matematika megmagyarázhatatlan hasznosága a természettudományokban”, vagyis hogy a matematikusok ezt már kitalálták, azelőtt, hogy egyáltalán lett volna kvantummechanika. Wigner írt egy könyvet, aminek a magyar címe az, hogy *Csoportelméleti módszer a kvantummechanikában*. Ezért is válaszoljuk mindig, amikor felteszik a kérdést, hogy mire lehet használni, hogy „Ki tudja?” Az Akadémia honlapján megtalálható Eric Lander egyik előadásának a kivonatolt magyar fordítása, *A tudományos csodagyár* címmel. Lander eredeti végzettsége matematikus, ő volt az egyik vezetője az emberi genom projektnek, Obama elnök tudományos tanácsadójaként is ismert volt. Nagyon érdekes az az előadása, amelyben azt mondja, hogy semmi sem hoz akkora társadalmi-gazdasági hasznót, mint az alapkutatásba való befektetés. Ennek a megtérülésének a becsült rátája évi legalább 20 százalék. De nem tudjuk előre, hogy mi lesz hasznos. Vagyis a tudományt egészében kell támogatni, és akkor abból majd kialakul az a néhány eredmény, ami tényleg hasznót hoz, de az aztán nagyon nagy

hasznot. Példaként említi a Google-t ebben a 2015-ös beszédében, és azt mondja, hogy a Google cég akkori tőzsdei értéke százezerszerese annak a támogatásnak, amit ennek a kereső algoritmusnak a kidolgozói az amerikai Nemzeti Kutatási Alaptól kaptak támogatásként. Egyetlen kutatás százezerszeres haszonnal járt. Mások persze nem hoznak ennyit, de ezt a kérdést globálisan kell néznünk.

HA MAGA A KÉRDÉS ELÉG TERMÉSZETES, ELÉG ÉRDEKES ÉS ÉRTHETŐ, HOGY MIRE MEGY KI, AKKOR TELJESEN BIZTOS, HOGY A MEGOLDÁSA IS JÓ LESZ VALAMIRE

Hogyan kapcsolódik össze a matematika és az agykutatás? Milyen új irányt jelölhet ki a matematika és a hálózatkutatás együtt, és milyen eredményeket hozhat, ha különböző tudományágak és különböző matematikai területek képviselői együtt dolgoznak? 2019-ben indult el a Dynasnet program, amire az Európai Kutatási Tanács szinergia pályázatán közel 10 millió eurós támogatást nyert Lovász László Abel-díjas matematikus két másik tudóssal együtt. A program célja egyszerűen megfogalmazva a minket körülvevő nagy hálózatok matematikájának feltárása. A célokról, az eddigi eredményekről mesél Lovász László és Abért Miklós matematikus professzor, aki szintén a Dynasnet kutatója. Vajon hogyan és mikor merült fel ennek a sajátos együttműködésnek az ötlete, hogy Barabási Albert László hálózatkutató fizikussal és egy cseh matematikussal, Jaroslav Nešetřilrel együtt jelentkezzenek a pályázatra?

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Már korábban is láttam, hogy Magyarországnak van egy előnye, amit ki kellene használni, tudniillik a gráfok elmélete, amely szinte magyar tudománynak számít, hiszen az első monográfia Kőnig Dénestől jelent meg ebben a témában. A gráfelmélet pedig tulajdonképpen a hálózatok matematikai oldala. A hálózatelmélet kialakulásakor a fizikusok úgy gondolták, hogy ha van szilárdtestfizika, és van a folyadékoknak is fizikája, akkor a hálózatoknak is lehet, ezért próbáltak általános törvényszerűségeket megállapítani. Nem az én ötletem volt az ERC pályázat, hanem Miklós Dezső igazgatóhelyettesé, mi pedig nagyon jó javaslatnak tartottuk, hogy kapcsolódjunk a fizikusokhoz és

keressünk egy harmadik partnert. Így vontuk be a cseh Jarik Nešetřil, akit én diákkorom óta ismerem, dolgoztunk együtt, közös cikkeink is születtek, úgyhogy azt gondoltuk Barabási Albert Lászlóval, hogy hárman beadunk egy pályázatot.

ABÉRT MIKLÓS: Hozzá kell tenni, hogy volt ebben az időben egy érdekes kulturális jelenség. Mi matematikusok tudtunk a hálózattelméletről, a gráfelmélet pedig nyilván sokkal régebbi ennél, de nem nagyon beszélt egymással ez a két terület. Erre okuk is volt, mert a hálózattelmélettel foglalkozók gyakran mondtak bizonyos állításokat, amiket mi tételeknek értelmeztünk, vagy kérdéseket, amiket mi szigorú matematikai kérdéseknek értelmeztünk, és ha ők beszéltek egy matematikussal, az másnap beállított, hogy nem jó, amit mondasz, mert itt van egy ellenpélda. Márpedig a matematikában, ha egyetlen ellenpéldát is találsz egy állításra, akkor az az állítás hamis és kész. Mire a hálózatkutató azt mondta, hogy „Jaj, köszönöm, hogy itt kifőztél nekem egy mesterséges



Abért Miklós



ellenpéldát, de ez engem miért érdekeljen? Én a valódi hálózatokkal foglalkozom!” Mire a matematikus azt mondja, „Jó, akkor definiáld, mi az, hogy Real Life Network!”, ami persze nyilván egy definiálhatatlan fogalom, szóval mindig elcsúsztunk egymás mellett. Voltak közös cikkek, elég kevés egyébként, de nem alakult ki igazi érdemi együttműködés. Viszont ahogy megszületett a pályázat, rájöttünk, hogy ez egy olyan ellentmondás vagy ellentét, ami pozitívan is kiaknázható, pozitív kutatói energiát is ki tudnánk ebből hozni. És ez valamennyire tényleg sikerült.

A program 2019-ben indult el, és érdekes módon a Covid-járvány egyfajta lendületet adott a közös munkájuknak. Milyen szempontból hozott inspirációt a járványterjedés kutatása?

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Az első évében volt a projekt, amikor a Covid-járvány kitört, és ez nyilván motivációt jelentett számunkra, mert abszolút beleillett a témakörbe: az emberek között lévő kapcsolatok, ki kivel találkozik, ki kivel lakik együtt, ki kivel jár egy iskolába, és hogy ennek az óriási hálózatnak a tulajdonságai nagymértékben befolyásolják, miképpen fog terjedni maga a járvány. Úgyhogy elkezdtük ezt kutatni egy kisebb csoporttal, amiben benne voltak fizikusok, matematikusok, programozáshoz értő emberek. Az előbb elmondottakat részben szimuláltuk, részben modelleztük, sőt még bizonyos megfigyeléseink is voltak, és be is

bizonyítottuk, hogy amennyiben a megfelelő feltételek fennállnak, akkor az a jelenség fel kell hogy lépjen. Természetesen nem találkoztunk személyesen, csak Zoomon tarthattuk a kapcsolatot. Az én csoportom 5-6 emberből állt, kiváló fiatal szakemberekből, és nagyon-nagyon meg voltam elégedve. Jó adatokat is kaptunk, a csapat egyik tagja kifejezetten ezen dolgozott, lassan beletanult, mivel az adatgyűjtés egy külön



szakma, érteni kell hozzá, ahogyan a programozáshoz is természetesen. Remek együttműködés volt, és amikor a Covid-járvány elmúlt, akkor publikáltunk néhány dolgot ebből, azután másfelé indultunk el.

Lényegében akkor ezek voltak a Dynasnet program első eredményei.

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Igen, így van.

ABÉRT MIKLÓS: Egyébként azt hiszem, bele is írtuk a pályázatba a járványterjedés témáját, de csak példaként megemlítve, eredetileg nem kapott volna ekkora szerepet. De az is egy dinamika, és az határozottan benne van a pályázatban, hogy dinamikus hálózatok összetett viselkedésének elemzését végezzük.

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Más szempontból is jó példa volt a járványterjedés, hogy adott egy ilyen hatalmas hálózat, akár csak Magyarországon egy 10 millió elemből álló hálózat, vagy a világon egy 8 milliárd elemből álló hálózat. Hogy lehet ennek a tulajdonságait megállapítani? Persze tudjuk, hogy csináltak ilyeneket, véletlenszerűen kiválasztott emberek-től megkérdezték, hány másikkal találkozott, utazott-e az elmúlt héten más városba? Ha elég sok függetlenül kiválasztott helyen megnézik az ilyen jellegű információkat, akkor ebből az egész hálózat fontos tulajdonságaira lehet következtetni. Érdekes, hogy ennek az elméletét úgy 15 évvel korábban dolgoztuk ki, sokakkal együtt, például T. Sós Verával, Szegedy Balázssal, amerikai kollégákkal, és a feleségemmel, Vesztergombi Katival, tehát már volt mihez nyúlni, csak nyilván egészen más a kontextus. Viszont ez a példa azért azt jól mutatja, hogy lényegében statisztikát lehet csinálni, nemcsak számokkal, hanem hálózatokkal is, és tudunk véletlenszerűen kiválasztott mintából következtetni annak a tulajdonságaira.

ABÉRT MIKLÓS: Megjegyzem, 15 év a matematikában nagyon gyorsan eltelik. Ha ennyi időn belül van alkalmazása egy elméletnek, akkor

valami váratlan dolog történt. A másik fontos dolog pedig, hogy sokaknak kapóra jött a mi kutatásunk, de vigyázni kellett ezzel, amikor megkerestek minket, hogy esetleg konkrét döntésekben, járványügyi kérdésekben adjunk tanácsot. Mondtam, hogy ezt semmiképp nem vállaljuk, mert ahhoz másféle gondolkodású ember kell. Legalább tíz év szükséges ahhoz, hogy valaki alkalmazott matematikussá váljon és felismerje, hogy az elmélet nagyon más, mint az adat. Iszonyúan el lehet rontani dolgokat, jól emlékszünk a korai Szovjetunió tudományos borzalmaira, mindenki ismeri a sztorikat, amikor elméleti tudósok próbáltak alkalmazott tudományt csinálni, néha elképesztően nevetséges eredményekkel. Amíg egy teljesen elméleti tétel valós szituációban felhasználható lesz, addig annak át kell szűrődnie különböző hozzáértésű emberek tíz-húsz-harminc év alatt begyűjtött tapasztalatán, különben komoly baj lesz belőle.

Milyen különböző területek képviselői csatlakoztak még önökhöz? Vannak a csoportban mesterséges intelligenciával foglalkozó szakemberek is, hogyan dolgoznak együtt, mindenki hoz új szempontokat, új megközelítést a saját területéről?

LOVÁSZ LÁSZLÓ: A mesterséges intelligenciával foglalkozó kollégák a limeszelmélettel is foglalkoznak, és tulajdonképpen ebben a témában dolgozunk együtt. Az analízis például a matematikának a klasszikus, sokak számára egyetlen érdekes területe, és nagyon sokszor alkalmazott matematikán csak differenciálegyenleteket, tehát analízist értenek, de itt most jól összekapcsolódnak a területek. Én a magam részéről sokat tanultam azoktól, akik ilyen analízisben – hogy szakszót mondjak –, mértékelméletben vagy funkcionálanalízisben dolgoznak.

ABÉRT MIKLÓS: Abszolút tudnak új szempontokat hozni a különböző matematikai irányból érkezők, ez is volt az eredeti ötlet. Én ugyan értek valamennyire a gráfelmülethez, mert Magyarországon nem lehet úgy matematikusként felnőni, hogy ez ne kerüljön be az ember vérkeringé-

sébe, de amit én csinálok, az lényegében egy fordítás, a gráflimesz-elméletet használtam csoportelmélethez, ergodelmélethez, Riemann-sokaságokhoz. Eleve ebben gondolkodom, és ezek a fordítások igazán hatékonyak, és főleg akkor kell kifejezetten kreatívnak lenni, amikor elindul valami új, ha van például egy friss, erős eredmény az egyik területen, és meg kell keresni, hogy az mit jelent. Egy idő után kiszagolja az ember, hogy lennie kell ennek valami megfelelőjének a másik területen, és néha tényleg könnyű lefordítani. Viszont bebizonyítani sokkal nehezebb, pedig a bizonyítás nyitja ki az új megértést. Előfordul, hogy nem találjuk meg a megfelelő fordítást, hanem analógiák vannak, azokban is átfolyik a matematikai energia a két terület között. Érez az ember valamiféle átfedést, olyan ez, mint a zenei hallás, egyszerűen meghalljuk az analógiát a két különböző terület között, és annak ellenére, hogy nincs egy szótár, ami lefordítja az egyiket a másikra, mégis, ha történik valami itt, akkor az ott is megszólal. Illetve vagy megszólal, vagy nem, de nagyobb eséllyel megszólal, és ezek a legjobb fajta energiatranszferek a matematikában, mert váratlanok.

LOVÁSZ LÁSZLÓ: A legfrissebb kutatásunk erre kiváló példa. Technikai részletekbe most nem mennék bele, de elég az hozzá, hogy a '30-as években egy neves amerikai matematikus, Hassler Whitney kidolgozott egy elméletet, ami valahogy a lineáris algebrának, tehát a mátrixoknak egyfajta kombinatorikus elmélete volt. Aztán kiderült, hogy ez sokfelé használható, rendkívül divatos terület lett, sok mély tétellel, algoritmusokkal, amiket mindenfelé használtak, monográfiák születtek stb. Közben az '50-es években egy hasonlóan híres francia matematikus, Gustave Choquet kidolgozott egy elméletet, ami onnan indult, hogy az elektromos kapacitást hogyan lehet pontosan definiálni, ha nagyon bonyolult alakú tárgyak vesznek benne részt. Na, most Whitney kombinatorikus elméletében volt egy bizonyos egyenlőtlenség, úgy hívják, hogy szubmodularitás, és érdekes módon Gustave Choquet ugyanezt az egyenlőtlenséget használta, egy 160 oldalas dolgozatban kidolgozta ennek az elméletét. Ez még eddig rendben van, de ami döbbenetes az

egészben, hogy amikor a Covid-járvány alatt elkezdtünk néhányan ezen gondolkodni, addig senki nem vette észre, de akkor rájöttünk, hogy ez a két dolog ugyanaz. Amíg az egyik területen, ahol ugye az elektromos kapacitás analízissel, differenciálegyenletekkel leírható, addig a másik területen véges dolgok vannak, amiket egészen más módszerekkel közelít meg az ember. Teljes indukciót lehet csinálni a végesben, a végtelemben viszont nem lehet teljes indukciót csinálni, ott differenciálni lehet. Kiderült, hogy nagyon sok eredmény párhuzamos. Van, amelyik a folytonos elméletben is szerepelt és a diszkrétben is, a diszkrét elméletben valahogy általánosabb feltételek mellett, és aztán némi energiabefektetéssel kiderítettük, hogy lehet általánosítani a folytonost és fordítva. Tehát a két terület közötti ide-oda járás abszolút izgalmas eredményeket és gondolatokat hozott. Még nem fejeztük be, két-két és fél éve tart ez a kutatás, és szerintem még sok lehetőség van benne...

Nem csak a matematika szempontjából érdekes, hogy más területekről csatlakoznak-e a Dynasnet programhoz, hanem az is kérdés, hogy a hálózatkutatók mellett más tudományterületről is be tudnak-e kapcsolódni a munkába?

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Az igazi gyönyörű nagy kihívás az agykutatás. Ez szinte a Szent Grálja a tudományos világnak, hogy értsük meg az agy működését. Itt nyilvánvalóan a hálózatelméletnek is szerepet kell játszania, mert az idegsejtjeink egy hálózatot alkotnak, de valójában nagyon keveset tudunk erről a hálózatról. Éppen az év elején volt az Akadémia kétszáz éves évfordulója alkalmából egy konferencia, ahol két Nobel-díjas agykutató és egy úgynevezett Agy-díjas agykutató, Buzsáki György is tartott előadásokat. Azután Buzsáki még eltöltött két napot a Rényi-ben, itt is tartott még két előadást, és látszik, hogy hihetetlen gyors és izgalmas fejlődés van az agykutatás területén. Előbb-utóbb meg kell érteni ezt a hálózatot, csak hát ez egy rendkívül gazdag struktúra, ami vel valószínűleg még évtizedekig el fog bíbelődni a tudomány, és akkor is csak azt lehet mondani, hogy valamilyen szintig megértjük. Ez a te-

rület a legizgalmasabb az én szememben, amit úgy gondolom, nekünk matematikusoknak figyelemmel kell kísérni. Talán már most is lehet matematikai eszközöket segítségül hívni, de biztos vagyok benne, hogy minden évben egyre több áll majd rendelkezésre.

2027-ben jár le a program ideje. Van az ERC pályázatok esetében a támogatás odaítélésekor bármiféle elvárás, például hogy a pályázatban megfogalmazott célok teljesítve legyenek?

LOVÁSZ LÁSZLÓ: Eléggé elvárják a pályázat kiírói, hogy legyen egy végcél, ugyanakkor azért igazán jelentős tudományos kutatásban ezt nem szabad túlságosan komolyan venni. A legérdekesebbek ugyanis azok az eredmények, amiket nem lehetett előre látni. Említettem, milyen váratlanul jött ez a bizonyos szubmoduláris egyenlőtlenség, egyáltalán nem számítottunk rá, de hirtelen megláttuk. Hogy mekkorát lépünk előre, az végül is mindegy, mert nincs vége a világnak, amikor ez a pályázat lejár. Azt remélem, hogy a fiatalabbak folytatni fogják. Én már nem fogok nagyon sokáig matematikát csinálni, még egy ideig szeretnék, de majd mások továbbviszik, valószínűleg egészen más hozzáállással és más kérdésfeltevéssel élve. Én az „Erdős Pál iskolában” tanultam matematikát, annak volt egy stílusa, amit a világon nem mindenhol fogadtak el, nevezetesen, hogy bármilyen kérdést fel lehet tenni és meg lehet próbálni megoldani, aztán amikor azt megoldottuk, akkor feltesszük a következőt, és nem okvetlenül kell minden egyes kérdést megindokolni, hogy „ezzel most azért foglalkozunk, mert akkor jobban termel majd a nem tudom melyik gyár”, vagy akár a matematikán belül haladunk előbbre. Hanem azért kell megoldani, mert ez egy megoldatlan kérdés. Ha maga a kérdés elég természetes, elég érdekes és érthető, hogy mire megy ki, akkor teljesen biztos, hogy a megoldása is jó lesz valamire.

ABÉRT MIKLÓS: Ez bizalom kérdése. Van egy anekdota, amikor a híres amerikai elméleti matematikus elmegy egy kínai konferenciára, ahol egyszerre van elméleti és alkalmazott matek. A vacsoránál mellé ül

egy ember, ő pedig megkérdezi tőle: „Na és te mivel foglalkozol?” Azt mondja a másik, hogy „Én alkalmazott matematikus vagyok.” „Jó, de mi a feladatod?” Azt feleli az illető, hogy „A Banach-algebrák elméletét használom arra, hogy kiszámoljam, mennyi gabonát kell tárolni a gabonasilóban...” A Banach-algebra az egyik legabsztraktabb elemi matematikai fogalom. Az amerikai kimeredt szemekkel néz rá, mire a beszélgetőtársa ezt mondja: „Igen, ez nagyon nehéz melő”. De azért is mondom, hogy a kutatói lét bizalmi kérdés, mert emlékszem, egyszer egy magas szintű hivatalnokkal beszéltem az egyik vezetőnk, és az a hivatalnok felvetette, hogy be kellene vezetni a matematikusok rendszeres beszámoltatását, mondják el, mit kutattak az adott héten. A vezetőnk nézett rá, hogy „Te jó ég, ez micsoda?” Kiderült, hogy alapvetően jóindulatú hivatalnok volt, de nem tudta elképzelni, hogyan dolgoznak a matematikusok. Egy hivatalban, ha nem kérnek heti beszámolót arról, mit csináltak, akkor nyilván leállnak az emberek a munkával. Egyszerűen nem értette azt, hogy egy matematikus akkor se áll le, ha már éheznek, mert nem tudja abbahagyni a gondolkodást. A matematikusok azért dolgoznak, mert szeretik ezt csinálni, nem is tudnak leállni vele, ez huszonnégy órás munka.

Másrészről pedig az egész matematika tele van bizalommal. Amikor az ember algebrát használ – hogy a saját szakmámról beszéljek –, akkor olyan formulákat alkalmaz, amiken nem látja, hogy miért működnek, de működnek. Bíznom kell ebben akkor is, ha az adott pillanatban nem kontrollálom és nem értem tökéletesen. Ez minden kreatív szakmára érvényes, csak hát a világban bizalomhiány van, ezért ezt nehezen fogják fel. Eleve sokan azt sem fogadják el vagy nem is értik, hogyan lehet a matematikában bármilyen szépség. Én egyszer kigyűjtöttem, hogy a „szép” és az „elegáns” szavak rendkívül gyakran fordulnak elő a méltatásokban, amikor például a Fields-medált adják át – ez ugye a legnagyobb matematikai díj, amit csak 40 év alattiak kaphatnak. De tudjuk, azt is nehéz egzaktul megfogalmazni, hogy egy festmény miért szép. Úgyhogy a matematika ebből a szempontból a művészetekre hasonlít.

CÉLUNK, HOGY A BETEGRŐL RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ÓRIÁSI MENNYISÉGŰ ÉS MINŐSÉGŰ ADAT, INFORMÁCIÓ AZONNAL ÁTLÁTHATÓ ÉS ÉRTELMEZHETŐ LEGYEN AZ ORVOSOK SZÁMÁRA

Miként támogathatja a mesterséges intelligencia a hazai egészségügyi ellátórendszer hatékonyabb működését, illetve hogyan segíthet az orvosnak a betegségek korai felismerésében, a kezelés megtervezésében, egyáltalán abban, hogy a betegről rendelkezésre álló óriási mennyiségű és minőségű adat, információ átlátható legyen? Miklós Dezső, a Rényi Intézet igazgatóhelyettese és Csiszárík Adrián, a Rényi Mesterséges Intelligencia kutatócsoportjának tagja, az említett kutatás szakmai vezetője. Ebben a beszélgetésben képet kapunk a munkáról, amely során a kutatók átfogó egészségügyi életútelemező adatplatformot építenek. Elöljáróban pedig derüljön ki, milyen széles spektrumú az AI kutatócsoport tevékenysége.

MIKLÓS DEZSŐ: A Rényi Intézeté az országban a legszélesebb kutatási területű AI-csoport, mert nálunk vannak neurális hálózatok működésével kapcsolatos vizsgálatok az elméleti oldalon, nagy nemzetközi konferenciákon is sikereket érnek el a kutatóink, ugyanakkor vannak alkalmazásra vonatkozó kutatásaink is. Az alkalmazott területen is inkább elméleti típusú kérdésekkel foglalkozik Zombori Zsolt, azzal például, hogyan alkalmazhatjuk az AI-t





Miklós Dezső

matematikai bizonyításokra, illetve van egy másik csapat, Varga Dánieléké, ők konkrétan matematikai tételeket oldanak meg az AI segítségével. A kifejezetten alkalmazott kutatásra specializálódott csapat pedig olyan problémákkal foglalkozik, amelyekben a mesterséges intelligencia hasznos lehet. Ebben mi kevésbé a vállalati alkalmazásokra fókuszálunk, mint inkább a társadalom számára fontos és hatásos vizsgálatokra. Van olyan projektünk, ahol ener-

getikai kérdésekben, tervezésben, szervezésben segítünk mesterséges intelligenciával egy nagyvállalatot, de a többi projektünk társadalmi célokat szolgál. A Magyar Államkincstárnak a nyugdíjpapírok feldolgozásában segítünk, és dolgozunk levéltáraknak is. Például az Állambiztonsági Szolgálatok Történelmi Levéltárának – közismert nevén a 3/3-as levéltárnak –, illetve a Magyar Nemzeti Levéltárnak végezzük a levéltári adatok AI-jal segített feldolgozását. De mára már azt mondhatjuk, hogy a kutatások legszélesebb spektruma az egészségügyi adatokra vonatkozik.

CSISZÁRIK ADRIÁN: Ez egy olyan alapkutatási csoport, amely tíz évvel ezelőtt azzal a céllal jött létre, hogy megértsük a mesterséges intelligencia mögött lévő matematikai rendszerek működését. A miénk Magyarország első, dedikáltan ezzel a technológiával, a deep learninggel foglalkozó csoportja, és a mai napig ez a szellemi mag, ez van közép-pontban. De az idő múlásával az egész technológia nagyon gyakorlat-orientálttá vált, előbb voltak az alkalmazások, mint ahogy lényegében megértettük volna az elméletet. Egyre több megkeresés jött hozzánk is, a csoportunk pedig kereste az identitását, mert tényleg nem akarunk klasszikus vállalati igényeket kiszolgálni. Komoly társadalmi hatással rendelkező fejlesztéseken kezdtünk gondolkodni, és az egyik

legnagyobb projektünk egészségügyi témájú volt...

Hogyan vetődött fel, hogy erre egyáltalán szükség van? Látszott valamiféle igény, hogy az adatok elemzése változásokat hozhatna a hazai egészségügyben?



Csiszárík Adrián

MIKLÓS DEZSŐ: A Rényiben folyó kutatásokat szerencsére mindig pályázatokból tudjuk finanszírozni. Az első nagyjából 10 évvel ezelőtt volt, elméleti kutatásnak indult, de már az elején felkért minket az akkori illetékes minisztérium, hogy valami alkalmazás legyen benne, és valójában nem volt nehéz eljutni az egészségügyig. Ők is látták, mi is láttuk, hogy ezen a területen nagy előrelépést jelentene, ha komolyan alkalmaznák az AI-t. A pályázatot kiíró kormányzati szervek kvázi elvárásként tették bele, hogy foglalkozunk egészségügyi adatok feldolgozásával, és összekötöttek engem a Semmelweis Egyetem Egészségügyi Menedzserképző Központját (EMK) vezető Szócska Miklóssal, akiről ezekben a körökben köztudott volt, hogy ő ennek az alkalmazásnak a magyar apostola. Mindenki tudta róla, hogy nagyon szeretné ezeket a fejlesztéseket megcsinálni, megcsináltatni. Ettől kezdve a Rényiben folyó egészségügyi alkalmazási kutatások összefonódtak az egészségügyi menedzserképző központtal, és máig szoros együttműködés van közöttünk, hiszen Adriánék csak náluk férnek hozzá az adatokhoz, ott tudják feldolgozni őket. Tehát az sosem volt kérdés, hogy óriási haszna lehet ennek a kutatásnak, és szomorú, hogy máig nincs óriási haszna...

CSISZÁRIK ADRIÁN: Két napot vagyunk minden héten az EMK pincéjében, lényegében elfoglaljuk azt a helyiséget a Rényi csapatával. Én épp akkor kapcsolódtam be ezekbe a kutatásokba, amikor végre lehetősé-



A Mesterséges Intelligencia osztály kapcsolódási pontjai

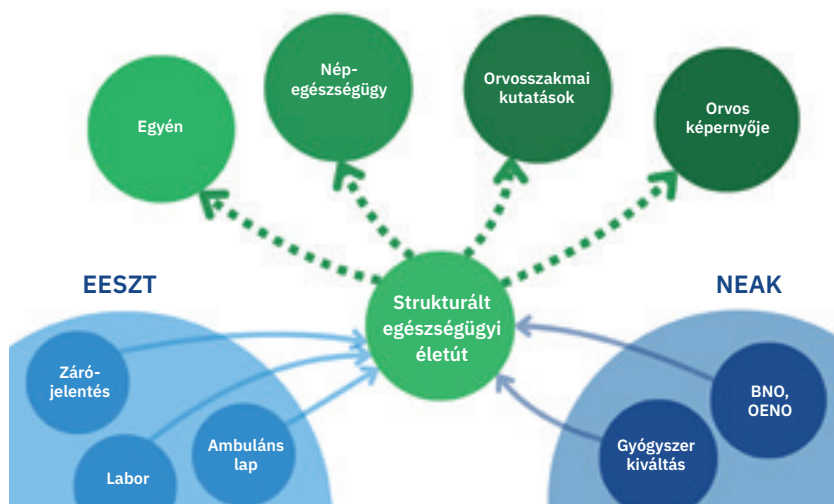
günk nyílt egy jó nagy skálájú adaton dolgozni: a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő tízéves időszakot felölelő és az egész populációra kiterjedő adathalmazán. Ezt elképesztően izgalmas lehetőségnek és feladatnak láttuk. Természetesen ezek anonimizált adatok, szinte az egész országot lefedik, és alapvetően a finanszírozással kapcsolatosak. Az orvos-beteg találkozó során, beutaló készítésekor, kórházi kezelésen, minden egyes egészségügyileg finanszírozott eseménynél keletkezik egy rekord arról, hogy mi történt, de sajnos hamar kiderült, hogy ezek a finanszírozási adatok természetüknél fogva jelentősen zajosak, nem feltétlenül pontosak, ezért vetettük fel, hogy próbáljunk meg minél több forrásból további adatokat csatolni a rendszerhez.

MIKLÓS DEZSŐ: Az adatok személyiségi jogi szempontból nagyon szenzitívek, vagyis nem kerülhetnek ki semmilyen módon abból a körből, ahol ezt vizsgáljuk. De ahogy Adrián mondta, úgynevezett depersonalizált, személytelenített adatokkal dolgoznak egy teljesen zárt kutatószobában, ahonnan semmi nem kerülhet ki. Közel egy évbe telt, amíg az adatok ott voltak már a számítógépeinken, mert rengeteg különböző

együttműködés szükséges hozzá és a megbízható emberek kiválasztása stb. De mi már egyszer megcsináltuk, szívesen továbbadjuk ezt a tudásunkat...

Ezekből az adatokból konkrétan milyen információk nyerhetők ki, és hogyan lehetne azokat az egészségügy megreformálására használni?

CSISZÁRIK ADRIÁN: Egyrészt viszonylag jól rekonstruálható belőlük az, mi történt az egyénnel az egészségügyi életútja során. Ez már eleve nagyon gazdag halmaz, és lehetőséget ad arra, hogy a terápiás hatékonyságot kezdjük vizsgálni az egész populációt tekintve, személyre szabott egészségügyi analíziseket és kockázatbecsléseket végezzünk, ajánlásokat adjunk arra, hogy mikor érdemes elmenni szűrésekre... Rendkívül sokrétű már maga ez az adathalmaz is, de azért ezekből még nagyon sok egészségügyi információ hiányzik. Ha megnézünk egy ambuláns lapot vagy egy zárójelentést, abban részletes információ van a betegéletútról, látható egy anamnézis, a státusz, a tünetek, a kezelések részletei.



Az egészségügyi életút projekt sematikus modellje

Tehát a betegdokumentációban rengeteg adat áll még rendelkezésre, ha ezeket is hozzacsatolhatnánk az általunk vizsgálható halmazhoz, abból sokkal több eredményt lehetne kinyerni.

MIKLÓS DEZSŐ: Sajnos nemcsak az adatok, hanem az adatokból kinyert eredmények is szenzitívek. Pedig az eredmények költséghatékonyan és gyorsan tudnának javítani a magyar egészségügy helyzetén. Egy nagyon érdekes példát hallottunk: Svédországban ugyanezt a statisztikát megcsinálták, megvizsgálták, hogy melyik kórház mennyire eredményes bizonyos betegségeket illetően, aztán az összes kórház megkapta ezt a kiutatást, de persze mind csak saját magát látta nevesítve benne. Maga az intézkedés azonnal fejlődést hozott, hiszen ha az intézmény látta, hogy utolsó a listában, akkor nyilván tudott tenni valamit a változás érdekében. Ennyire egyszerű, csak ki kellene küldeni azokat az e-maileket a kórházigazgatóknak az információkkal – amelyeket mi pillanatok alatt tudnánk generálni –, és rövid időn belül ugrásszerű fejlődés történhetne bizonyos egészségügyi területeken.

Mi a helyzet az egyes emberrel, a beteg és az orvos kapcsolatában hogyan tud az AI segíteni?

CSISZÁRIK ADRIÁN: Ez az egyik legfontosabb alkalmazási területünk, ez áll a kutatásunk középpontjában, hogy megpróbáljunk az egyénről egy minél pontosabb betegéletrajzot rekonstruálni. Eleinte népegészségügyi analízisben gondolkodtunk, globális kérdésekre akartunk választ adni. Elkezdtünk beszélgetni orvosokkal, intézményvezetőkkel, és rájöttünk, hogy amit mi létrehozunk, az már önmagában hasznos lehet az orvos számára, hiszen csak a képernyőjére kell tenni az egészet. Mit csinál ma az orvos? Megnyitja az EESZT-t és egyesével végiggattintgatja a PDF dokumentációkat. El lehet képzelni, hol van arra idő, hogy megnyisson ötven vagy száz dokumentumot és elolvassa őket, átlássa az egészet. Ezért az a fő célunk, hogy az objektum, amit mi létrehozunk, maga az egészségügyi életút, mint adat, ne csak kutatási

célokra legyen alkalmazva, hanem a megfelelő módon, a leginkább áttekinthető formában tegyük oda az orvos képernyőjére.

MIKLÓS DEZSŐ: De sajnos már az is tiltakozást válthat ki néhány személyiségi jogokat erősen védő polgárban, hogy az adott személy múltbeli betegélettűtjét összefoglaljuk és hozzáférhetővé tesszük. Fontos leszögezni, hogy az adatokhoz nem mi férünk hozzá, hanem a program és majd az orvos. A kezelőorvosnak megvan erre a felhatalmazása, de mégiscsak ott van egy szoftver is a folyamatban. Van még egy kifogás. Amikor a betegélettűtjüket összefoglaljuk, például kivetítjük a laboreredményeket egy diagramra, az ugye egy teljesen determinisztikus folyamat, de abban a pillanatban, hogy az AI elkezd a szöveget, az epikrizist, az anamnézist szövegesen feldolgozni és összegezni – ami nyilván nagyon hasznos lenne, hiszen az orvosnak erre biztosan nincs ideje –, itt következik megint a problémafelvetés az orvosok és az egészségügy részéről: Miért bízunk meg az AI-ban? Megbízhatunk-e az AI-ban? Én pedig mindig visszakérdezek, hogy kiben bízunk meg jobban, a háziorvosban vagy a mesterséges intelligenciában? Néhány évvel ezelőtt egy bőrgyógyászati szoftvert fejlesztő céggel tárgyaltunk. Ahhoz, hogy egy szoftvert ki tudjanak alakítani, előtte az orvosoknak meg kell mondaniuk a konkrét esetekről, hogy ők mit gondolnak róluk, az AI pedig, ha sok ilyet látott, megtanulja diagnosztizálni ezeket. A mérések szerint az AI az esetek 93 százalékában jól diagnosztizál. A legkiválóbb magyar professzor segítette a munkájukat, ő is 93 százalékot ért el az első órában. A második órában viszont a hatékonysága lecsökkent nyolcvanra. Az AI hatékonysága nem csökken le később sem...

CSISZÁRIK ADRIÁN: Igen, a tudományos irodalom tele van hasonló megállapításokkal, hogy az AI már legalább olyan szinten van a diagnosztikában, mint egy orvos. Azonban még felmerülhet a hallucináció kérdése is, például hogy milyen kockázatokkal kell számolni, amikor az AI összefoglalja a betegélettűtjüket? Szerintünk nem elegendő, hogy odaadjuk a dokumentációt egy ilyen rendszernek és megkérjük, hogy

– mint egy fekete doboz – készítsen összefoglalót, mert az tényleg megfoghatatlan, követhetetlen, visszamérhetetlen. Ezt koncepcionálisan másképpen kell csinálni. Mi vesszük a betegdokumentációt, ami lényegében orvosi nyelven, többnyire latin–magyar keverékkel megírt, gyakran helyesírási hibákkal, mindenféle kiegészítésekkel telezsúfolt szöveg, strukturáljuk és kinyerjük belőle az információegységeket. Ezáltal visszaellenőrizhetővé válik, mi az, amit megtalál az AI és mi az, amit nem, tehát validálni lehet a rendszert. Nagyon fontos, hogy átlátható, világos, érthető és szakmailag megalapozott legyen, miként történik annak az információnak az odahelyezése. Hasonlít ez a folyamat arra, mint amikor egy dokumentumban szövegkiemelővel kijelölünk részeket: tünetek, diagnózisok, beavatkozások. De ha azt mondom, hogy strukturáljuk az egészségügyi dokumentációt, az mégis több ennél, mert a dokumentumban lévő tudásegységeket nemcsak listázzuk, hanem kapcsolatokat is keresünk közöttük. Ahogyan a filmekben a nyomozók parafatáblára ragasztanak mindenféle információkat, mi is minden kinyert információt felszúrunk erre a táblára, és megkeressük az összefüggéseket közöttük. Így kapjuk meg a strukturált formáját ennek az egyébként orvosi szaknyelven írt dokumentációhalmaznak. És most képzeljük el, hogy nem csupán egy egyénre tudjuk ezt elkészíteni, hanem a teljes populációra.

MIKLÓS DEZSŐ: Az eddigiekből látható, hogy a Rényiben folyó egészségügyi adatfeldolgozás projekt tulajdonképpen két alprojektre bomlott. Folyik egy kutatás a globális adatokkal, amelyekben csak a betegéletút eseményei vannak benne, de nem tartalmazzák a finom vizsgálati eredményeket. És van a másik kutatásunk, amely során hozzáférünk, vagy bízunk benne, hogy hamarosan hozzáférünk a finomabb adatokhoz, például laborleletekhez, és ott már lehet kutatni az addigi egyéni betegéletutat, ugyanakkor valamifajta becslés is adható, hogy mi lehet a következő komoly egészségügyi esemény az életében, amire esetleg oda kellene figyelnie a kezelőorvosának. Amikor a globális adatokon

dolgozunk, azzal inkább az egészségügyi rendszernek tudunk fontos javaslatokat tenni, például az egyik ilyen most indított kutatási irány, hogy megpróbáljuk segíteni az egyébként nem túl jól működő magyarországi szűrési rendszert. Finomhangoljuk a szűrési protokollt: kit kell szűrni, kik azok a betegek, akikre jobban kellene fókuszálni, férfiak vagy nők, milyen korúak...? Pontosan látható ezekből az adatokból, hogy mennyire fontos a szűrés...

Adódik a kérdés, hogy optimális esetben, tegyük fel egy év múlva, hogyan nézne ki egy orvos számítógépe a kutatócsoport fejlesztéseinek felhasználásával?

CSISZÁRIK ADRIÁN: Beszélgetünk az orvosokkal, és elsősorban olyan felhasználói felületeket készítünk, amelyek nekik megfelelőek, a számukra legfontosabb és az adott kontextusban legrelevánsabb információkat tesszük eléjük. Magát a diagnosztikai munkát nem venné át ez a szoftverrendszer, egyszerűen csak megkönnyítenénk az orvos dolgát azáltal, hogy átláthatóbbá válnak a leglényegesebb faktorok. Első körben tehát nem egy olyan rendszert készítünk, ami diagnosztizál vagy javaslatokat tesz, attól még azért messze vagyunk, de hogy a rendelkezésre álló információt jól jelenítsük meg, ahhoz közel járunk. Ha ez megvan, akkor továbbléphetünk, és nemcsak a beteg múltja lesz fókuszban, hanem odatehetjük a matematikai alapon előállított információkat, hogy az adott betegnél mekkora a kockázat egyik vagy másik egészségromlásra. Meg tudjuk mutatni, hogy ha nem szedi be a megfelelő gyógyszert, akkor a populáció adatai alapján öt százalékkal megnövekedik a halálozás esélye, és ezt az adatot tulajdonképpen minden betegségre vonatkozóan meg tudjuk mutatni. Van itt még egy tényező: lehet, hogy tíz évvel ezelőtt a beteg egy anamnézisében felvették, hogy az édesapjának volt valamilyen örökletes betegsége, de az aztán más dokumentumban már sehol nem kerül elő. Az AI rendszer viszont felismeri ezt, és meg tudja mutatni, amikor a kockázatokat számolja, és elő-

fordulhat, hogy ennek óriási jelentősége lesz a beteg szempontjából. Mi hosszú távú projektként gondolunk erre, de sok dolgot már most alkalmazni lehetne, csak akarat kellene hozzá az egészségügyi vezetés részéről. Amikor elkezdtük, persze voltak elképzeléseink arról, hogy ez egy komplex probléma, de még annál is nehezebbnek bizonyul. Éppen ezért a csapatban nem csak AI-kutatók és matematikusok dolgoznak, hanem van egy teljes állású orvos nálunk, Laki Judit, aki folyamatosan segíti a munkánkat. Emellett együttműködünk olyan informatikusokkal is, akik már több évtizede ismerik a magyar egészségügy informatikai rendszerének mély bugyait, jól értenek ahhoz, milyen adatok és hogyan vannak eltárolva.

Bizonyára számít az is, hogy milyen költséget jelentene az állam számára ez a fejlesztés az egészségügy területén. Tudnak pontos számokat?

CSISZÁRIK ADRIÁN: Nem tudok elővenni a zsebemből egy költségtervet, ez összetett dolog, mert finanszírozni kell a kutatókat, az infrastruktúrát, amint valami elkészül, valószínűleg lesz egy termékfejlesztési rész is, amit érdemes így külön megfogalmazni, mert a kutatásban létrejött eredménytermék még nem lesz feltétlenül azonnal használatra kész. Számolni kell továbbá azzal, hogy az AI-rendszereknek is szükségük van infrastruktúrára, de a lényeg az, hogy mégsem egy gigaberuházásról van szó. Ahhoz viszonyítva pedig, hogy mennyi haszna lenne mindennek, a költségek tulajdonképpen elenyészőek. A kutatócsoportunk most néhány tízmillió forintos büdzsével üzemel, és ha azt vesszük, hogy az egész ország betegségútját elemzi, amiből sok egészségügyi kutatási eredmény is származik, akkor tényleg nagyon kevés pénzről beszélünk.

MIKLÓS DEZSŐ: Az a kérdés, mit tekintünk itt fejlesztésnek. Sokféle irányt felvázoltunk, de ha most csak arra koncentrálnak, hogy az EESZT-ben levő adatokat tegyük sokkal jobban hozzáférhetővé és

strukturáltabbá a beteg, a páciens, az orvos vagy az egészségügy számára, akkor ezzel kapcsolatban egymilliárd és ötmilliárd forint közötti költségbecslésekről hallottam. Nagyon soknak hangzik, de hát egy stadion megépítése negyvenmilliárd, a magyar egészségügy összköltsége meg sok-sok százmilliárd. Úgyhogy szerintem ez egy rendkívül gyorsan megtérülő összeg lenne, már abban az évben, amikor megcsináljuk, és sokkal többet lehetne spórolni rajta, mint amennyibe maga a fejlesztés kerülne.

AZ ELMÉLETI SZÁMÍTÓGÉP-TUDOMÁNNYAL FOGLALKOZÓ TUDÓSOK NAGYBAN ELŐREVITTÉK AZ ERDŐS PÁL ÁLTAL FELTETT KÉRDÉSEK KUTATÁSÁT

Nemzetközi szinten elismert kutatók, a Rényi Intézet professzorai Pach János és Tardos Gábor. Hosszan lehetne sorolni az eredményeiket, mindazt, amit a matematika tudománya nekik köszönhet. Számos közös pont van kettejük pályáján. Pach János a kombinatorikus geometria világszerte elismert vezető kutatója, és a New York Universityn, a robotika területén végzett úttörő munkájáról is ismert. Tardos Gábor nevéhez egyebek mellett a kriptográfia területén fűződik újítás, a Gödel-díjat pedig a legjelentősebb Európai Elméleti Számítástudományi Szervezettől kapta meg. Mindketten tartottak már előadást a négyévente megrendezésre kerülő Matematikusok Nemzetközi Kongresszusán, ahová nagyon komoly elismerést jelent már a meghívás is. Ebben a beszélgetésben sorra vesszük a kapcsolódási pontokat és a hatásokat, amelyek mindkettejük karrierjét alakították.



Pach János

PACH JÁNOS: Alapvetően kombinatorikával és kombinatorikus geometriával foglalkozom, ami nem túl meglepő. Magyarországon a kombinatorika rendkívül népszerű műfaj, jórészt Erdős Pál hatásának köszönhetően. Ráadásul a kombinatorika és a diszkrét geometria olyan, mint valami ragályos betegség. Abban a szerencsében volt részem, hogy viszonylag korán találkoztam Gáborral, aki egyike volt azoknak, akiket sikerült megfertőznöm ezzel a betegséggel. Gábor érdeklődése nagyon széles, elképesztően jó problémamegoldó. Valóban nagyon

sok párhuzamosság van a munkánkban, sok közös cikket is írtunk.

TARDOS GÁBOR: Én inkább kombinatorikával és ezenkívül Babai László hatására a bonyolultságelmélettel foglalkoztam. A geometria eszembe se jutott volna, nem is érdekelt, de János mondott olyan feladatokat, problémákat, amelyek kombinatorikaiak is voltak és azért geometriaiak is. Ezek keltették fel az érdeklődésemet, így lett ez a fő közös területünk.



Tardos Gábor

PACH JÁNOS: Hozzátenném, hogy nekem se jutott volna eszembe geometriával foglalkozni, de amikor 1977-ben a Matematikai Kutatóintézetbe kerültem – még nem Rényi Intézet volt a neve –, akkor Fejes Tóth László, világhírű geométer volt az igazgató. Azzal fogadott, hogy bár adminisztratív okok miatt az ő csoportjába kerültem, tudomásul veszi, hogy engem főleg a kombinatorika érdekel, és természetesen azzal foglalkozom, amivel akarok. Azért mondott néhány feladatot is. Ezek a feladatok pedig engem fertőztek meg, és messzemenően befolyásolták a pályámat.

Azt olvasni önökről, hogy számítógép-tudománnyal foglalkoznak, számítógéptudósok, ebből arra lehetne következtetni, hogy egy időben az alkalmazásra is koncentráltak. De mint megtudtam, mégsem erről van szó...

PACH JÁNOS: ...én kevéssé értek a számítógép-tudományhoz. Gábor-tól sok mindent tanultam, de ez természetesen még mindig a tudományág nulla százaléka. Viszont történt velem egy szerencsés dolog. Amikor 1986-ban New Yorkba kerültem, egy véletlen folytán egy olyan csoporthoz osztottak be, amelyik nagy grantet (pályázati pénzt) kapott az amerikai hadseregtől robotikai feladatok megoldására. Hál' isten-

nek az ott folytatott kutatásoknak semmilyen hadi alkalmazásuk nem volt, ellenben fény derült egy nagyon érdekes tényre. Nevezetesen arra, hogy egy csomó robotikai problémához olyan kombinatorikus és diszkrét geometriai feladatok megoldására van szükség, melyeket – a potenciális alkalmazásoktól teljesen függetlenül –, Erdős Pál már negyven évvel korábban felvetett. A feladatok nagy része nyitott volt. Az a tény, hogy ezeket alkalmazni lehet a robotikában, hatalmas lendületet adott az ilyen irányú kutatásoknak. Érdekes módon az elméleti számítógéptudománnyal foglalkozó tudósok nagyban előrevitték az Erdős által feltett kérdések kutatását. Ebbe nekem is sikerült belefolyynom, mert ehhez volt hátterem.

TARDOS GÁBOR: Én is szerencsés vagyok, mert nagyon ritkán befolyásolták külső körülmények azt, hogy mivel foglalkozom. Van egyféle matematikai ízlésem, vannak problémák, amiket esztétikai szempontból szépnek tartok, azokon szeretek dolgozni. Sok munkahelyem volt, és a legtöbb helyen ezt elfogadták, ha az ember eredményeket tudott elérni, akkor azt értékelték. Voltam matematika tanszéken és computer science tanszéken külföldön, Magyarországon pedig főleg a Rényi Intézetben dolgoztam. Illetve volt egy-két alkalom, amikor a kriptográfiával egy kicsit többet kellett foglalkoznom, mint szerettem volna, mert valamilyen pályázat miatt elvárták, de ez ritkán fordult elő. Amiről szó van, azt egyébként úgy hívják, hogy elméleti számítógéptudomány vagy bonyolultságelmélet, ennek egy része az algoritmusok kutatása, aminek persze lehet közvetlen gyakorlati alkalmazása, de nagyon mély elméleti alapjai vannak, és az új eredmények nem mindig alkalmazhatók közvetlenül.

Említette a kriptográfiát. 2009-től a Lendület Program keretében foglalkozott a digitális dokumentumok ujjenyomatkódjainak a tervezésével. Annak például gyakorlatban is volt haszna...

TARDOS GÁBOR: Az egész karrieremet nézve ez az eredményem a legközvetlenebbül használható. Elvileg. Van egy nagyon egyszerű probléma, hogy bizonyos jogvédett szoftverek vagy filmek kikerülhetnek az internetre, és akkor bárki hozzájuk férhet. Sokféleképpen lehet ez ellen harcolni. Az egyik mód az, hogy megszámozzák a legálisan létező példányokat ebből a szoftverből vagy filmből, és úgy csinálják, hogy mind-egyik példány így picit különböző legyen. Ha kikerül az internetre egy tiltott példány, akkor lehet tudni, ki tette ki, mert látszik rajta, valahogyan bele van kódolva, kinek a példánya, és akkor az illetőt felelősségre lehet vonni. Ezt használják például a hollywoodi filmek szűk körű terjesztése esetén, de van más felhasználása is. Ez így önmagában még nem igazán matematikai probléma, de ha az ember el akarja érni, hogy ezek a kódok nehezen legyenek eltüntethetők a dokumentumból – vagyis úgy kell elrejteni, hogy ne lehessen megtalálni és kitörölni –, akkor abban már érdekes matematikai problémák vetődnek föl. Egy ilyen alkalmazás volt, amiben nekem sikerült áttörést elérnem, és ennek amennyire tudom, van praktikus haszna is.

Mindkettejüknek épp van elnyert ERC pályázata, az Európai Tudományos Tanács komoly támogatását kapták meg. Hol tartanak most a projektjeik, és konkrétan milyen témájúak?

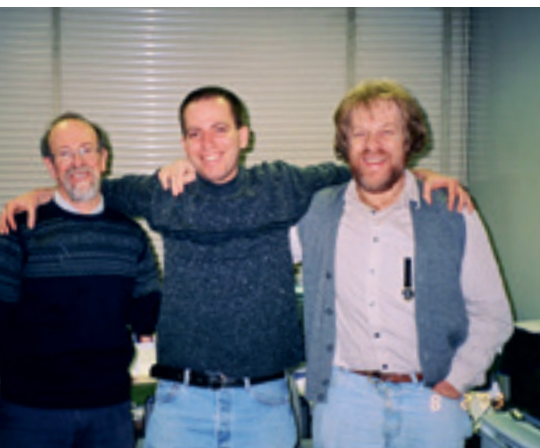
PACH JÁNOS: Tulajdonképpen ezt is a '30-as évekkel kell kezdeni. Jóval azelőtt, hogy megszületett volna az extrémális gráfelmélet és az extrémális halmazelmélet, két különleges képességű, budapesti egyetemi hallgató, Erdős Pál és Szekeres György egy olyan feladattal kezdett el foglalkozni, melyet tehetséges barátjuk és évfolyamtársuk, Klein Eszter vetett fel. Egyszerű geometriai problémáról volt szó. A kérdés az, hogy igaz-e, hogy ha elég sok pontot veszünk fel a síkon, akkor min-

dig lehet közöttük találni viszonylag sokat, hogy azok egy konvex sokszög csúcsait alkossák. A „konvex sokszög” azt jelenti, hogy minden szöge 180 foknál kisebb. Ezt az állítást Erdősnek és Szekeresnek sikerült bebizonyítania. A feladatot Erdős szerette „happy end problémának” hívni, ugyanis nem sokkal később Szekeres György és Klein Eszter összeházasodtak. Több mint kilencvenévesek voltak, amikor egy és ugyanazon a napon mindketten meghaltak. Ennek az egyszerű geometriai feladatnak a megoldásához Erdős és Szekeres újra fölfedezték a Ramsey-elméletet. Ez egy meglehetősen univerzális elmélet, amely a matematika több területén is felüti a fejét. A lényege nagyon egyszerűen összefoglalható: ha egy elég nagy struktúrát nézünk, akkor abban mindig található egy viszonylag nagy, homogén részstruktúra. Ez az absztrakció vezetett az extrémális kombinatorika felfedezéséhez, megalkotásához. A Ramsey-elmélet a pályázatom egyik alappillére. De van itt egy csavar! Az érdekes geometriai feladatokból sokszor fontos kombinatorikus problémákat absztrahálhatunk. Gyakran előfordul azonban – és ez történt a happy end probléma esetében is –, hogy az absztrakt kombinatorikus feladatok megoldása nem ad optimális választ az ere-

deti geometriai kérdésre. Meglehetősen paradox jelenségről van szó. Tulajdonképp ennek a paradoxonnak a boncolgatása pályázatom gerince.

Hol találkozhatunk ennek a területnek az eredményeivel? Egy ilyen elvont kérdéssel kapcsolatban mire gondolhat az, aki nem matematikus?

PACH JÁNOS: Sok helyen lehet velük találkozni. Például azoknál a robotikai feladatoknál is, amelyekbe New Yorkban belekeveredtem. Robotikai feladatnak hívjuk, de ez valójában csak egy nagy-



Pach János a New York Universityn, a Micha Sharirral és Rom Pinchasival közös cikkük befejezése után, 2023-ban

képű elnevezés. Arról van szó, hogy mondjuk lenézünk az asztalra, ahol mindenféle tárgyak hevernek. Ha idehelyeznék egy robotot, és azt szeretném elérni, hogy a tárgyak kikerülésével eljusson a túloldalra, és odavigye ezt a szelet papírt, akkor máris felmerül a kérdés, hogyan lehet olyan algoritmust írni, amely megtervezi a robot mozgását. Hasonló feladatokba ütközünk egy manapság „graph drawing”-nak, gráf-rajzolásnak nevezett tudományágban is. Ez a terület nagyjából az elmúlt harminc év szüleménye. A komputeres grafika hívta életre, az az igény, hogy gráfokat és más objektumokat lerajzoljunk, megjelenítsünk a képernyőn és ábrázoljuk a mozgásukat. Természetesen itt a fő megrendelők a számítógépes játékok és szimulátorok készítői. Ez a feladat is számos érdekes kombinatorikus, gráfelméleti és geometriai kérdést vet fel, melyek közül – mint korábban említettem – Erdős Pál sokat már ötven-hatvan évvel ezelőtt megkérdezett.

Mondanék még egy meglepő példát arra, hogy hol lehet használni a kombinatorikus geometriát. Van egy feladat, amelyet Erdős szeretett Turán „téglagyári problémájának” hívni. A dolog története a következő. Turán Pált 1940-ben behívták munkaszolgálatra. Viszonylagos szerencséjére csoportjának vezető tisztje nagyra értékelte a matematikát, és engedélyezett számára egy kis időt, hogy matematikával foglalkozzon. Egy téglagyárban dolgoztak, ahol több kemence is volt, a legyártott téglákat pedig néhány raktárban tárolták. Minden egyes kemencét külön sínpár kötött össze a raktárépületekkel. A munkaszolgálatosok dolga az volt, hogy telerakják a kocsikat téglával, és aztán tolják el a megfelelő raktárba. Turán visszaemlékezései szerint ez nem volt különösebben nehéz feladat. De ott, ahol a sínek kereszteződtek, a téglák gyakran kihullottak, a munkások nehezen tudták továbblökni a vagon, károm-



*Konferencia Hanoiban 2016-ban.
A képen: Tardos Gábor, Pach János
és Ben Lund*

kodtak. Turánnak eszébe jutott, hogy célszerű lenne a sínrendszert minél kevesebb kereszteződéssel megépíteni. Évek múltán világossá vált, hogy annak a meghatározása, hogy egy gráfot milyen kevés élkereszteződéssel lehet lerajzolni, izgalmas, mély és nehéz matematikai feladat. Számos eredmény született ezzel kapcsolatban. Ezek közül az egyik első komoly tétel *Ajtai, Chvátal, Newborn* és *Szemerédi* munkája. Később az is kiderült, hogy éppen ettől a paramétertől, az úgynevezett „kereszteződési számtól” függ, hogy egy adott elektromos hálózatot milyen kis mikrochipen lehet megvalósítani. A gráfok kereszteződési számának kutatása egy csapásra rendkívül felkapott és gyakorlati szempontból is fontos területté vált.

Mi a témája az ön pályázatának, Gábor, amelyre három évvel ezelőtt elnyerte az Európai Tudományos Tanács támogatását?

TARDOS GÁBOR: Ez a pályázat nem egy téma, hanem egy módszer köré volt szervezve. A története ennek az, hogy Lovász László nagy hatású eredményét, amit úgy hívnak, hogy *Lovász lokális lemmája*, nagyon sok területen lehetett alkalmazni, tulajdonképpen egy módszernek is tekinthető bizonyos kombinatorikus elrendezések létezésének a bebizonyítására. Ám Lovász nem adott hatékony eljárást ahhoz, hogyan tudunk egy ilyen elrendezést találni. Később aztán találtak bizonyos algoritmusokat, de áttörést ebben a témában a Robin Moserrel közös eredményem hozott, ami szinte minden esetben, amikor az eredeti lemma alkalmazható, ad egy algoritmust is, amely viszonylag gyorsan megtalálja ezt az elrendezést. Ennek nagy visszhangja lett, és bár nem tűnik elméleti matematikai eredménynek, ennek a módszernek az alkalmazásával olyan dolgok létezését is be lehetett látni, amelyek létezését az eredeti lemma nem bizonyította. Azt gondoltuk, hogy erre érdemes egy kutatási csoportot szervezni, amely azt vizsgálja, milyen más területeken lehet ezt alkalmazni, és így előreléphetnénk sok érdekes kombinatorikai problémában. A pályázat lehetőséget biztosított nekem arra, hogy egy csoportot alakítsak, amelyben sok okos ember-

rel tudunk együtt dolgozni. Minden közös eredménynek nagyon örülök, és ez tulajdonképpen független attól, hogy pont ezt a módszert alkalmazzuk vagy teljesen mást.

Hajnal Andrásról mindenképpen mesélniük kell, hiszen mindkettejük számára meghatározó személyiség volt.

TARDOS GÁBOR: Ő vett fel ebbe az intézetbe, az egyetem után néhány évvel kutatói állást kaptam, lényegében azóta is ebben a pozícióban dolgozom. Hozzáteszem, már előtte is sokat tanultam tőle, a kedvenc halmazelméleti egyetemi jegyzetemet ő írta. Viszonylag kevés probléma volt a közös érdeklődési területünkön, de azokról beszélgettem vele, szóval nagy hatással volt rám. Érdekes dolog, hogy amikor két évre a Rutgers Egyetemre mentem, ott egy DIMACS nevű kutatási központba kerültem, és akkor annak már ő volt az igazgatója. Sajnos már nincsen közöttünk, de az a matematikai probléma, amin mostanában a legszívesebben gondolkodom, épp Erdős és Hajnal egy szép, gráfok színezésével kapcsolatos sejtése. A megoldástól azonban még nagyon messze vagyok.

PACH JÁNOS: Hajnal András egyike azon matematikusoknak, akiket Erdős Pál fertőzött meg a véges kombinatorikával. Hajnal eredetileg főleg matematikai logikával és végtelen halmazelmélettel foglalkozott. Amikor 1954-ben, csaknem tíz évvel a háború vége után Erdős Magyarországra látogatott, leutazott Szegedre is, hogy meglátogassa régi barátját, Kalmár Lászlót. Hajnal akkoriban Kalmár aspiránsa volt. Erdős – rendkívül közvetlen ember lévén – első találkozásuk alkalmával Hajnalhoz fordult és megkérdezte: „Hát maga, fiatalember,



2004-ben az intézet igazgatói irodájában, a négy kutató összesen 200-dik születésnapjára rendezett konferencián.
A képen: Győri Ervin, Füredi Zoltán, Frankl Péter és Pach János



*Hajnal András és Juhász István mögött
Pach János*

mivel foglalkozik?” Hajnal elkezdte részletezni nagy számosságú, végtelen halmazokra vonatkozó kutatásait. Erdős ránézett és a legcsekélyebb rosszindulat nélkül megkérdezte: „És mondja, normális matematikával nem foglalkozik?” „Normális matematika” alatt olyan kérdéseket értett – ahogy Gábor is utalt rá –, amelyek véges gráfokra, véges vagy megszámlálható halmazrendszerekre, számsorozatokra, valós vagy komplex függvényekre vonatkoznak. Másnap már úgy beszélgettek egymással, mint két jóbarát.

Hajnal András valóban elkezdett foglalkozni „normális matematikával”. És időközben felkeltette Erdős érdeklődését a végtelen halmazelmélet iránt. Az elmúlt tíz évben sokat foglalkoztam egy Erdős-Hajnal sejtéssel és több ehhez kapcsolódó problémával. Egy Erdősszel és Hajnallal közösen írt, régi cikkem is ezzel a problémával kapcsolatos. Azóta persze rengeteget haladt előre a világ és benne a matematika. Hajnal örökölte Erdős lefegyverző közvetlenségét. Karizmatikus egyéniség volt. Bár több mint húsz évvel volt idősebb nálam, az első pillanattól kezdve úgy beszélgetett velem, hogy semmi jelét nem adta a köztünk levő korkülönbségnek, nem is beszélve a matematikai súlykülönbségről. Halálával nagyon jó barátot és tanárt veszítettem el. Hiánya ma is fájó.

Meséltek nagy elődökről, a Rényi legendás matematikusairól. Felmerül a felelősség kérdése, tovább lehet-e vinni ezt az örökséget?

PACH JÁNOS: Tovább lehet vinni, ha hagyják a Rényi Intézetet, hogy továbbvigye. Szerintem az intézet jelen pillanatban az aranykorát éli, annak dacára, hogy mindazok a híres professzorok, akiket említettünk, Erdős Pál, Fejes Tóth László, Hajnal András, Rényi Alfréd, Turán Pál már

rég nem élnek. Azért érzem úgy, hogy most van a Rényi Intézet aranykora, mert rengeteg új lehetőség nyílt az együttműködésre, új kutatási területek fejlődtek ki, olyanok is, amelyek korábban nem jelentek meg az intézet spektrumában. Ezért, ha a politika nem szól bele az életünkbe, akkor én tulajdonképpen nagyon optimista lennék.

EGY KIZÁRÓLAG TUDOMÁNYOS OLDALRÓL KÖZELÍTŐ KUTATÓ SZÁMÁRA MEGLEHETŐSEN ROSSZ ÉRZÉS, HOGY AZ AI TANÍTÁSÁNAK NINCS EGY JÓL MEGALAPOZOTT MATEMATIKAI ALAPJA

Varga Dániel programozó matematikus, a Rényi Intézet mesterséges intelligenciával foglalkozó kutatócsoportjának szakembere az AI jobb megértésén dolgozik. Ebben az interjúban nemcsak a kutatócsoport tevékenységét mutatja be, hanem azokat az egészen sajátos módszereket is, amelyeket ő alkalmaz.

Ha egy őrült agysebész kettévágna egy emberi agyat – élő ember agyát – két agyféltekére, és aztán ezt megtenné egy másik ember agyával is, utána pedig megpróbálná, mint valami Frankenstein, összevarrogatni az egyik ember bal agyféltekéjét a másiknak a jobb agyféltekéjével, akkor nagy bajban lenne, mert nem tudná, hogy melyik idegszál melyik másikkal van összekötve. A mesterséges intelligenciák belsejében működő neuronhálók viszont ebből a szempontból sokkal kellemesebben viselkednek, mert náluk ki tudjuk találni, hogyan kell összedrótozni két ilyen félbevágott agyat. Tudjuk, melyik idegszálat melyikkel kapcsoljuk össze úgy, hogy működjön, vagyis ezt a tébolyult műtétet mesterséges agyakkal megfelelő feltételek mellett végre lehet hajtani. A fő tanulság pedig az, hogy ezek a különböző agyak valamilyen értelemben *hasonló módon oldják meg a problémákat*. Ugyanis ha mindegyik külön megalakított és külön-külön betanított agy teljesen másképpen oldaná meg a kapott feladatokat, akkor ez az összedrótozás lehetetlen lenne.

Mi lenne akkor, ha különbözőképpen oldanák meg a feladatokat az AI-ok?

Tekintsünk erre úgy, mint egy alapkutatásra, ez pedig egy viszonylag egyszerű, bemelegítő szintű kérdés a modern AI-okról: hasonlóan vagy eltérően oldják meg a problémákat? A helyzet az, hogy a kicsit is összetettebb kérdésekre velük kapcsolatban már senki sem tudja a választ – fontos tény, hogy a készítőik sem igazán értik, miképpen működnek. A mérnökök és a nagy cégek egyre okosabb gépeket állítanak elő, hiszen verseny van, de arról kevés szó esik, mekkora kockázatot hordoz, hogy nem tudják, milyen elvek alapján működnek.

Ezekre a gépekre egyre nagyobb felelősséget bízunk, közvetve vagy közvetlenül egyre több hatalmat adunk a kezükbe, és ehhez képest egészen meghökkenítő mértékű a tudatlanságunk arról, mi zajlik a belsejükben. Ennek számos következménye van, például az Adversarial Examples témakör: olyan helyzetek, amikor a kérdésünk látszólag apró módosítása teljesen összezavarja őket. Ez pedig komoly kockázatokat rejt magában.



Varga Dániel

Ön a Rényi Intézet Mesterséges Intelligencia kutatócsoportjának tagja, de mivel mérnöki vénája van, másként tud közelíteni az AI megértéséhez, mint kutató kollégái. Mi a különbség?

Egy kizárólag tudományos oldalról közelítő kutató számára meglehetősen rossz érzés, hogy az AI tanításának nincs egy jól megalapozott matematikai alapja, nincs olyan modell, amely értelmes jóslatokat ad arról, mit tudunk megtanítani egy ilyen gépnek. Nekem talán praktikusabb a hozzáállásom. Én sokféle megértésnek örülnék, nem csak a formális matematikainak. Végeztem olyan kísérleteket – ha már az agyműtét metaforánál maradunk –, ami olyan, mint egy elektrosokk, azt

vizsgáltam, hogyan reagál a mesterséges agy, ha valahol belenyúlunk a számítási folyamatba, amit végez. Ilyesmire híres példa, hogy kutatók építettek egy AI-t, amelyben az egyik „agysejtet” megbolygatták, átalakították a kapcsolatait, és ezzel azt érték el, hogy az addig egyébként teljesen hagyományosan csevegő robot állandóan a Golden Gate Bridge témára tért vissza. Egyszerűen nem tudta befogni a száját a Golden Gate hídról, mert megtalálták azt a neuroncsoportot, amelyik ezért a témakörért volt felelős, és felerősítették az aktivitását.

Úgy hangzik, mintha az AI tényleg úgy működne, mint az emberi agy.

Nagyon sok szempontból úgy működik, mint az emberi agy, és ez borzalmasan bosszantó, mivel az emberi agy működését sem értjük igazán, annyira bonyolult. Tíz évvel ezelőtt azt gondoltuk, ha majd lesznek mesterséges agyak, biztosan sokkal kevésbé lesznek képesek intelligens, intuitív viselkedésre, de legalább értjük majd őket. Hát most szinte holtversenyben vannak velünk a képességeik szempontjából, de sajnos nem értjük őket. Annyi előnyünk van, hogy ezeket a kísérleteket emberen nem lehetne elvégezni, de nagyon jó eszközeink vannak, hogy egy gépbe belenyúljunk, megnézzük, mi történik, ha valamit változtatunk rajta.

Önnek mi a véleménye a Mesterséges Matematikus létrehozásáról? Vajon milyen következményei lesznek, ha egy gép mindent megtanulhat – rengeteg ismeretanyagot évszázadokra visszamenően –, amit egy matematikus tud? Az is érdekes kérdés, hogy például az intuíciónak milyen szerepe van egy matematikus munkájában, és lehetnek-e intuícói egy gépnek?

Ez tényleg kulcskérdés, amikor a modern mesterséges intelligenciáról beszélünk. Annak idején a számítógép jó volt logikai következtetésben, esetek végignézésében, és például a sakkban is elég messzire lehetett jutni azzal, hogy gondosan végigbogarászott rengeteg esetet,

sokkal többet, mint amire az ember képes lett volna. Akkoriban semmilyen intuícója nem volt ezeknek a rendszereknek. Aztán jöttek a mesterséges neuronhálók és velük a döbbenetes felismerés, hogy nem is olyan nehéz intuíciót adni a gépeknek, mint korábban gondoltuk. Egy sakkot vagy Go játékot játszó modern robotnak elképesztően jó „megérzései” lehetnek a beleépített neuronhálónak köszönhetően, igazán jól látnak a pályán.

Tud előre gondolkodni, ki tudja számítani, mit lép majd az ellenfél?

A sakkhöz kétféleképpen kell előre gondolkodni. Egyrészt végig kell futtatni, hogy ha én ezt lépem, arra ő azt lépi, akkor én ezt... Ez a logikai része. Ebben már a kilencvenes évek sakkprogramjai is ügyesek voltak, de nem tudták, hogy nem kell ész nélkül minden esetet végignézniük, csak az izgalmasakat. A modern neuronhálók viszont erre is képesek lettek, és ettől kezdve esélye sem volt a sakkozóknak és a Go játékosoknak a mesterséges intelligenciával szemben. Ebből a szempontból például a matematika művelése kicsit hasonló a társasjátékhoz. Hatalmas szükség van hozzá az intuícióra is, és a logikus, gondosan végigvitt következtetésre is. De azt kell mondanom, hogy a modern gépek külön-külön már tudják ezt a két dolgot, a nagy kutatólaboratóriumok pedig éppen azon dolgoznak, hogy összerakják ezt a kétfajta tudást. A matematika esetében ez persze azért sokkal nehezebb, mint a sakknál.

De akkor mi az, amiben nem lehet konkurens a Mesterséges Matematikus egy ember matematikusnak?

Egyelőre nincs erről szó, de a jövő szerintem azt hozza, hogy a robot matematikusok valóban erősebbek lesznek az ember matematikusoknál. Ez az én jóslatom, és elnézést kérek a kollégáimtól, akiknek az érzékenységet esetleg megsértem ezzel. Ugyanakkor azt is gondolom, az embereknek óriási szerepük lesz abban, hogy irányítsák a gépeket. Például annak kapcsán, melyek az igazán fontos és érdekes kérdések.



Szegedy Balázs

Olyan sok okunk lehet rá, hogy egy bizonyos matematikai problémára kíváncsiak legyünk!

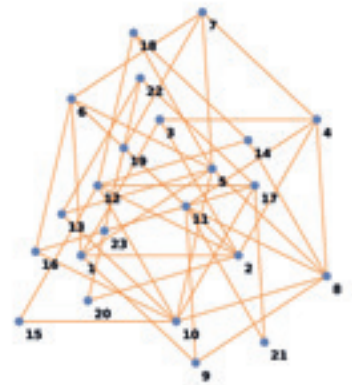
Ez kimeríthetetlen téma... Elárulja, hogy programozóként hogyan került a Rényi Intézet AI-csoportjába?

Ez a történet egy Szegedy Balázssal folytatott beszélgetéshez nyúlik vissza, aki a kutatócsoport vezetője. 2012-ben derült ki és elég nagy meglepetést okozott, hogy a modern neuronhálók mire képesek. Hozzám egy-két évvel később jutott el ennek a híre, a homlokomra csaptam, hogy itt valami fontos forradalmi változás lesz, és én biztosan nem akarok kimaradni belőle. Lényegében innen indult Balázssal a beszélgetés, azt mondta, kapok egy negyed- vagy ötödállást az intézetben, kerüljek közelebb az AI-hoz, játsszak ezzel, tanuljak bele. Programozó matematikusként a mesterséges intelligencia nem volt idegen terület számomra, csak hát én sokkal korábbi rendszereket építettem. Akkor, 2014-ben a neuronhálók területe teljesen új volt számomra...

Abban az időben még egy szoftvercégnél dolgozott, ugye?

Igen, akkor szoftvercégnél dolgoztam kutatóként, de látszott, hogy egyre inkább beszippant az, ami a Rényiben történik, pályázatokat nyertünk, elkezdett növekedni a csoport, úgyhogy az ötödállásból teljes elfoglaltság lett. Az AI kutatócsoportban vannak nagyon praktikus alkalmazott témákkal foglalkozó kollégáink, például ilyen a csecsemőszívhangok analízise, és az egészségügy területe. Vagy van egy könyvtáros robot, amelyikbe beszkeneljük a könyvtár dokumentumait, és kérdésekre tud válaszolni konkrét történelmi korokról, helyzetekről. Vagy például egy profitorientált, praktikus projekt az energetikai előrejelzések készítése a villamos energia fogyasztásáról. Én is voltam

ilyen projektekben, de most már elég sokan vagyunk a csoportban és az érdeklődésem is másfelé vitt, megengedhetem magamnak, hogy elméletibb kérdésekkel foglalkozzak. Az egyikről, az AI agysebészetről már beszéltünk. A másik pedig, hogy hagyományos régi vágású, körzős-vonalzós geometriai problémákat próbálok számítógép segítségével megoldani. Van egy probléma, ami Erdős Pál nevéhez kötődik, mi is sokat dolgoztunk rajta, és az eddigi legnagyobb sikerünk is ehhez kapcsolódik. Képzeljünk el egy végtelen fehér síkot. Azt kérdezte Erdős Pál, hogy a síknak hány százalékát tudjuk kifesteni mondjuk kékre, ha tilos két kék pontnak egység távolságra lennie. Ha túl sokat festünk, akkor egy idő után hibára futunk, mert lesz két kék pont, ami egység távolságra van egymástól. Pali bácsi azt sejtette, hogy a síknak az egynegyedét nem lehet így kifesteni. És mi ezt bebizonyítottuk. Egy viszonylag nagy csapatra, sok emberi leleményességre volt szükség ahhoz, hogy a kérdést átfogalmazzuk olyanná, ami számítógépes keresés segítségével aztán megválaszolható lett. Miután mi, papír-ceruzás matematikusok eljutottunk oda, hogy megfogalmazzuk a kérdést, egy szuperszámítógép egy hétig folyamatosan azon kerregett, hogy megadja a választ.



Alakzat, aminek segítségével bizonyítható Erdős sejtése az egységtávolság-kerülő halmazokról

Sikerült és született róla egy tanulmány! Gondolom, nem illik megkérdezni, hogy a gyakorlatban miképpen használható ez az eredmény...

Hogy Erdős Pál szellemes kis kérdésének mi a haszna, arra én önérzetesen, majdhogynem dacosan azt válaszolnám, hogy ennek nincsen semmilyen praktikus jelentősége. Ez egy meglehetősen logikus, érdekes kérdés a sík tulajdonságairól, és közvetve kapcsolatos a geometria mélyebb kérdéseivel. Ami



Forrás: Quanta Magazin 2023, illusztráció: Allison Li

viszont a probléma megoldása közben felhalmozott eszközkészletet illeti, ott már nem lennék ilyen dacos; nem állítanám, hogy sosem lesz gyakorlati haszna.

Előfordul az, hogy amikor előkerül egy probléma, akár egy ilyen Erdős-féle kérdés, akkor önöktől teljesen függetlenül, a világ túlsó felén éppen ugyanazon gondolkodnak más matematikusok?

Erre remek példát tudok mondani, mert amikor megtettük a bejelentésünket erről az eredményről, akkor nyilván eljutott a híre ahhoz a néhány tucat matematikushoz, akik az úgynevezett geometriai gráfelmélet kérdéseivel foglalkoznak. Sokan gratuláltak, és kiderült, volt, aki úgy érezte, hogy már nagyon közel járt a megoldáshoz. Bele is kérdezett a megoldásunk részleteibe, láthatóan kicsit reménykedve, hátha elrontottunk valamit. Egyébként Leo Mosernak hívták azt a matematikust, aki ezt a kérdéskört először elkezdte tanulmányozni. Erdős Pál csak a nyolcvanas években vetette papírra magát a kérdést, de onnan jó pár matematikus dolgozott rajta az évek alatt, büszkéek vagyunk rá, hogy 2023-ban végül mi oldottuk meg a kollégáimmal (Ambrus Gergely, Csizsárik Adrián, Matolcsi Máté, Zsámboki Pál).

A munka mellett, amit úgy tűnik, kifejezetten élvez, ad-e egyfajta érzelmi pluszt, hogy az ön nagyapja, Fejes Tóth László egykor ennek az intézetnek az igazgatója volt?

Nagyapámnak nagy hatása volt az életemre, fontos nekem, hogy mindig látom a fényképét a lépcsőház falán. Nem tudom, mi dolgozott a tudatalattimban, amikor az utóbbi években elkezdtem a geometriai problémákhoz gravitálni, de ő pontosan ilyenekkel foglalkozott. Sőt van egy érdekes tény a nagyapámról. Egy klasszikus matematikai probléma Kepler sejtése a gömb-pakolásról. Kepler azt kérdeze, hogyan érdekes golyókat, ágyúgolyókat vagy akár narancsokat a legsűrűbben pakolni egy ládába. Logikus, hogy gúlákba kell tornyozni őket. A matema-



*Pach János javasolta, hogy az érem témája Fejes Tóth László egyik megoldatlan geometriai problémája legyen.
Varga Dániel számítógépes grafikája alapján
Gábor József ötvösmester készítette el az érmét*

tikusokat nagyon bosszantotta négyszáz éven keresztül, hogy bár minden zöldséges tökéletesen érti, hogy kell ezt csinálni, ők viszont nem tudják bebizonyítani, hogy tényleg nem lehet jobban. Az ötvenes évek legelején, amikor a számítógépek még furcsa újdonságnak számítottak, a nagyapám felvetett egy javaslatot, mely szerint gondos eset-szétválasztással és egyenlőtlenségbecsléssel talán egy számítógép is meg tudná válaszolni ezt a kérdést. Akkor nagyon unortodox gondolatnak számított az ötlete, de végül is ötven évvel később Thomas Hales volt az, aki saját kútfőből kivitelezte ezt a haditervet, és megoldotta a négyszáz éves problémát. Nekem programozó matematikusként komoly inspiráció volt, hogy az elméleti geometriában egy nehéz problémát számítógép segítségével oldottak meg.

A Rényi Intézet kifejezetten vonzó a külföldi kutatók számára és komoly nemzetközi híre van. A mesterséges intelligenciával foglalkozó kutatócsoportjuknak milyen a pozíciója ilyen szempontból? Van kommunikáció, együttműködés a világ más pontjain lévő kutatókkal?

Ha a két témám közül a számítógéppel segített geometriai alapkutatásról van szó, az egy nagy network-be ágyazódik bele, nem sok százan, de jó pár tucatnyian foglalkoznak ilyesféle kérdésekkel. Tudom, hogy ők kicsodák és kommunikálunk egymással. Ennek ráadásul a Rényi

Intézet az epicentruma, abszolút központja, olyan zseniális tudósok dolgoznak itt, akik még fontos együttműködő partnerei voltak például a korábban említett Erdős Pálnak. A legjobbaktól lehet itt erről tanulni, benne vagyunk a nemzetközi vérkeringésben. Amit az AI alap kutatáson csinálunk, az egy kicsit talán izoláltabb a nemzetközi fősodortól. Hivatkozzák a cikkeinket, de ebben az AI körüli tolongásban kicsit nehezebb hallatni a hangunkat, eljuttatni az üzenetet...

...A versenyhelyzet sem könnyítheti ezt meg...

A verseny és a kollaboráció mindig is összefonódott a tudomány történetében. Ha valamit kitalálunk, írunk róla egy tudományos cikket, attól kezdve az már nem versenyelőny, mert a világ minden kutatója olvashatja és beleépítheti a világképébe azt, amit abból tanult. Ilyen értelemben egymásra épülnek a dolgok, a tudomány működésének normális menete, hogy publikálunk. A nagy kutatólaboratóriumoknál egy időre úgy tűnt, hogy túlléptek ezen egyfajta poszt-publikációs világba, ahol titkolják a felfedezéseiket. Nem is teljesen világos, mi történik, zavaros a kép, mert az OpenAI és a Google például a legnagyobb ilyen szervezetek, ők még többé-kevésbé titkolják, viszont a Meta vagy több kínai laboratórium közzéteszik a saját újításait. Egyesek használják a tudomány csatornáit, mások pedig nem, ez egy furcsa szituáció. Ami biztos, hogy az olyan kutatók, mint mi, akik ezeknek a rendszereknek nem az okosításán, hanem a megértésén dolgoznak, mindent leírnak, amire rájöttek, és ezzel igyekeznek a maguk részéről maximális mértékben hozzájárulni az AI-ról való közös tudásunkhoz.

**FELÍRTAM EGY TÁBLÁRA TÍZ ÖTLETET,
EZEK EGY RÉSZE ESZKÖZFEJLESZTÉSEL IS
JÁRT VOLNA, ÚGYHOGY MARADT VÉGÜL
AZ IMU-SZENZOROS KÍSÉRLET,
AMIHEZ EGY APPLIKÁCIÓ KÉSZÜLT EL EGY
IOS OPERÁCIÓS RENDSZERRE,
AMIT KAPU TIBOR VISZ AZ ISS-RE**

Sikeres HUNOR pályázatának eredményeként Korniyik Miklós kísérletét is elvégezte az űrben Kapu Tibor 2025 júniusában. A Rényi Intézet matematikusa a NASA-val együttműködve dolgozott a projekt előkészítésén. A kísérlet célja a navigáció vizsgálata volt a súlytalanságban, kizárólag gyorsulásmérő és giroszkóp szenzorok által szolgáltatott adatok alapján. Hogy ez pontosan mit jelent, egyáltalán hogyan született meg a pályázat ötlete, és miért éppen a szenzoros vizsgálat foglalkoztatta őt, erről beszélt ebben az interjúban Korniyik Miklós néhány hónappal az űrkísérlet előtt.

Régebben volt már dolgom ilyenfajta IMU-szenzorokkal, tisztában voltam vele, hogy mik ezeknek a korlátai és mire képesek. Az IMU – az Inertial Measurement Unit – tehetetlenségi mérőegységként fordítható le magyarra, ezek lényegében olyan mikroelektronikai eszközök, amelyek általában gyorsulást és szögsebességet mérnek, és van bennük egy gyorsulásmérő és egy giroszkóp. Bizonyos esetekben magnetométert is tartalmaznak, melyek mágneses térerősséget mérnek. Ezeket iránytűként is lehet használni.

A HUNOR Magyar Űrhajós Program egyébként 2021-ben indult, és alapvetően az volt a célja, hogy egy magyar űrhajós hazai egyetemei, kutatóintézetek, cégek kísérleteit végezhesse el a Nemzetközi

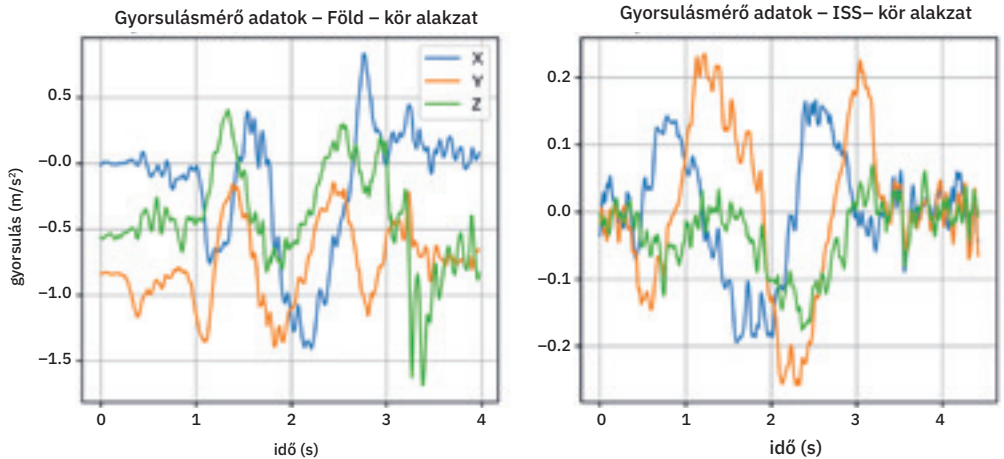


Kornay Miklós

Úrállomáson. Én is így kerültem a képbe. A HUNOR pályázatnak három része volt, az első ismeretterjesztő jellegű és HunorX névre hallgatott, erre inkább középiskolai, oktatással összefüggő kísérleteket lehetett benyújtani. Aztán volt az alapkutatási rész, ahová én is jelentkeztem, ez nem járt eszközfejlesztéssel, és ide kutatóintézetek, egyetemek, nonprofit szervezetek pályázhattak. A harmadik pedig a kifejezetten eszközfejlesztéssel járó rész volt, ide cégek is jelentkezhettek, de a kitétel az volt, hogy csak olyanok pályázatát fogadták, akik már tapasztaltak, jártak az űrben. Amikor gondolkodtam, mi lehetne tényleg megvalósítható, otthon felírtam egy táblára körülbelül tíz ötletet, ezek egy része eszközfejlesztéssel is járt volna, úgyhogy azok azonnal kiestek. Így maradt végül ez az IMU-szenzoros kísérlet, amihez igazából egy applikáció készült el egy IOS operációs rendszerre, amit Kapu Tibor visz az ISS-re. Az applikáció készen van, a második fázis pedig majd az adatkiértékelés lesz.

Milyen célt szolgál ez az applikáció és hogyan segítheti a navigációt?

A kísérletnek a hívójele az IMU-DRS. Az IMU tehát egy tehetetlenségi mérőegység, a DRS pedig a „Dead Reckoning in Space” rövidítése, amit lényegében vak navigációnak lehetne lefordítani, vagyis navigáció GPS nélkül. Ez dióhéjban azt jelenti, hogy dinamikus és tehetetlenségi adatok alapján próbálunk meg tájékozódni. Például, ha az ember bemegy egy barlangba, ahol nem lehet GPS jelet fogni, akkor hogyan tudja lekövetni azt, amit csinált, merre ment? Vagy akár egy autonóm robot, ha bemegy, akkor miként tud ott tájékozódni? Viszont ezek az IMU-szenzorok a felépítésükből adódóan a Földön a gravitációs gyorsulást is méri, függetlenül attól, hogy például az asztalon hevernek nyugalomban. Ez a gyorsulásmérők inherens tulajdonsága, viszont ezt ki kell szűrni, ha az ember az űrben akar ilyesmit csinálni. Persze lehetne azt mon-



dani, hogy csak kivonom a G-t és akkor készen vagyunk. Ez nem ilyen egyszerű, ugyanis ezek a szenzorok mindent a saját koordináta rendszerükben mérnek, vagyis amikor egy kicsit elforgatom a telefont vagy akármilyen eszközt, amiben van IMU-szenzor, akkor a gravitációgyorsulás iránya is változni fog vele. Ezért ezt mind le kell követni, és úgy tudom ezt megtenni, hogy figyelem, mit mutat a giroszkóp a telefon mozgásakor. És ugye ez azért is dead reckoning, mert ez belső adatok alapján történik, nincsen külső ráhatás például egy GPS jel, vagy bármilyen egyéb mérés, ami segítheti a tájékozódást.

Konkrétan mi az űrhajós feladata, hogyan történik a kísérlet?

A lényeg tulajdonképpen az, amit tanulhatunk ebből, amilyen adatokat mér az eszköz. A kísérlet kalibrációs része, amikor csak odaragasztja az eszközt a Nemzetközi Űrállomás falára, és békén hagyja 30 másodpercig, azután megnézzük, hogy mi a karakterisztika, milyen tulajdonságokat mutat a műszer. Ebből következtetéseket vonhatunk le a műszer viselkedéséről. Ha pedig az űrhajós elvégez egy mozdulatsort, például rajzol egy kört, vagy ellebeg egyik modulból a másikba, akkor milyen módon tudom ezt az adatokból rekonstruálni, hogy pontosan mit csinált. Tehát itt az adat a fontos, és maga a mozdulatsor, amiből

próbálunk valamit tanulni, esetleg lesz egy újfajta algoritmus vagy már meglévő algoritmusoknak egy továbbfejlesztése. Ez a *dead reckoning* nem újkeletű dolog, ismert a mérnökök körében, szóval nem én találtam ki, de maga ez a probléma eddig megoldatlan volt, és sok fejtörést okozott a mérnököknek, matematikusoknak. Ráadásul előkerül a tengeralattjárók tájékozódásában és repülőiparban pláne, úgyhogy ez egy igazán aktív, érdekes terület, nem egzotikus felvetés, ami három embert érint a világon.

Az is izgalmas kérdés, hogy a kísérlet során megszerzett információk, adatok, tudás később felhasználhatók-e más területeken a szenzorok alkalmazásakor...

Igen, ez mindenképp egyfajta know-how, ami hasznossá válhat más iparterületeken. Rengeteg helyen használnak ilyen szenzorokat, például a gyógyászatban, akár gyógytorna esetén, amikor a beteg emeli a kezét-lábát. Vagy például mindenki ismeri a Wii videojátékot, bár nem tudom, hogy manapság mennyire játsszák, de régen nagyon populáris volt, és abban is mindenféle szenzorok vannak, amelyek méricskélik, hogy mit csinál a játékos, hogyan lendíti a karját. A lépésszámláló is IMU-szenzoros adatok alapján működik, igaz, inkább csak osztályozás vagy felismerés szintjén van benne, mert a lépésszámláló nem azt mondja meg, hogy mekkorát léptem, hanem azt, hogy ott volt egy esemény, amit lépésnek nevezünk.

A kísérlet előkészítése során együtt kellett dolgoznia a NASA-val. Ez milyen új élményeket vagy tanulási lehetőséget hozott önnek?

Ez rendkívül jó tapasztalat volt. Óriási volt a pörgés, a HUNOR csapata is rengeteget dolgozik, az Axiom Space amerikai vállalat szervezi magát az utat, de a NASA szintén közreműködik ebben, ugyanis a Nemzetközi Űrállomást a NASA is üzemelteti, nyilvánvalóan erős beleszólásuk van a dologba. Nekem az applikációval kapcsolatban

kellett egyeztetnem illetve tárgyalnom velük. Egészen konkrétan a PDRT csapattal, ami a Payload Display Review Teamnek a rövidítése. Megvizsgálták az applikáció összes funkcióját, illetve inkább a felhasználói felületet. Fontos, hogy mekkorák a gombok, mert ezek méretére szigorú előírások vannak, azt is meghatározzák, milyen távolságra legyenek egymástól, milyen színeket lehet használni – pirosat biztosan nem, mert az veszélyt vagy hibát jelent – és még számos ilyen geometriai és dizájnnal kapcsolatos elvárás volt az applikáció funkciójával és kinézetével kapcsolatban.



A gombok távolságának az űrhajós kesztyűje miatt van jelentősége, ugye?

Igen, ez volt a magyarázat. Ha az űrállomáson kell használni az applikációt és kesztyűben van az űrhajós, akkor nagyon kicsi gomb esetén előfordulhatna, hogy félrenyomom. Másrészt a súlytalanságban a látás is megváltozik, torzul, az ember szeme ugyanis a gravitációhoz van szokva, ezért is kellett nagyon kontrasztos színeket használnom. Nem olvadhat össze a betűszín a háttérszínnel. Az ember azt gondolhatná, hogy ez kicsit túl van biztosítva, de ezek az előírások nem véletlenül születtek. Az űrhajósnak rengeteg dolga van fenn, ezért mindent alaposan meg kell előre tervezni, külön csapat van az áramfogyasztás kalkulálására, sőt arra is, mi lesz a napi menet, mikor



Kapu Tibor, Kornay Miklós, Cserényi Gyula

kezdődik a kísérlet, ki és mikor dugja be a telefont a töltőbe, meddig tölti, megvan a pontos menetrend mindenre. Ez nagyon kemény optimalizálási feladat, de az úrhajós munkáját maximálisan segítik ezek a sablonok, protokollok. Visszatérve az eredeti kérdésre, ez egy tényleg nagyon jó élmény volt. Hibátlan volt a kommunikáció, segítőkészek voltak, látszott, hogy itt mindenkinek közös érdeke a kísérlet sikere.

Most hogyan tovább? Úgy tudom, már dolgozik egy űrdrón tervein...

Nagyon remélem, hogy lesz folytatás. Igen, az űrdrón is az ötleteim között szerepelt azon az ominózus táblán, de az már eszközfejlesztéssel járt volna. Az ember tervez valami nagyon egyszerű kis vázat, belerak egy mikrochipet vagy mikrokontrollert, amit majd fölprogramoz stb., ez így jól hangzik és nyilván a Földön egyszerű is, csak hát nem itt lesz, hanem az űrben, ott pedig nagyon szigorú előírások vannak. Például nem lehet akármilyen akkumulátort vagy áramforrást felvinni. Nem ismerem az összes előírást, mindenesetre azért már utánanézttem, hogy milyen mikroelektronikai eszközökre lenne szükség, mennyibe kerülnek, hol lehet beszerezni, ez kétségtelenül nehezebb feladat és több szereplős. Folytatásként nem is azt gondolnám, hogy rögtön az űrben lebegne egy drón, azt biztosan nem engedélyeznék, mert ha valami rosszul sül el, akkor elkezdd ott keringeni, és legyinthetnénk, hogy egy 10 dekás eszköz mit árthat, de ha elég gyorsan megy, akkor az igenis sokat árthat. Persze ez a worst-case scenario, de ilyen is előfordulhat. Rengeteg használaton kívüli szatellit kering fenn, később nagy problémát okozhat majd az űrszemét. Éppen ezért a következő kísérletben alapvetően űrállomáson belüli drónhasználatra gondoltam, terveznék egy kis eszközt, amit tableten vagy a telefonon keresztül lehetne irányítani. Elképzelésem szerint a távolabbi jövőben lehetne egy kamera vagy egy szerelőeszköz az űrdrónon, hogy megfigyelési vagy egészen egyszerű szerelési munkákat el tudjon végezni az űrállomás körül. Olyan feladatokat, amelyek űrsétát igényelnének, az űrdrónnal viszont ha megspó-

rolni nem is lehetne, de lerövidíteni, célzottabban tervezni mindenképpen. Szóval ez volt az eredeti ötletem.

Mióta foglalkoztatják önt ezek a témák? Matematikusként hogyan került kapcsolatba az űrkutatással?

Ha nagyon egyszerűen akarom megfogalmazni, akkor ez részben abból is fakad, hogy szeretem a sci-fi filmeket, könyveket, és a földönkívüli témák iránti érdeklődés mindig is jelen volt az életemben. Kisebbségi nagyobb intenzitással de változatlanul foglalkoztatott az űrkutatás és ez sokszor okoz problémát, hogy elég sok minden érdekel. A mikrobiológia is izgatott, egy időben vegyész akartam lenni. Jó néhány éve a mérnöki területbe is belekóstoltam, hobbiból szoktam mikroelektronikai eszközökkel játszózni, de csak a magam szórakoztatására.

Nekem valójában az alkotás öröme a legfontosabb ebben. Ha van egy új téma, kíváncsi vagyok, hogy mit lehet itt tanulni, mit tudok összerakni. Ez egy erős hajtómotor. Felmerülhet a kérdés, hogy akkor miért lettem matematikus? Azért, mert a matematika a tudomány nyelve és mindenben benne van, én azt gondoltam, hogy ha jól megtanulom, akkor könnyebb dolgom lesz. Nem kell azon morfondírozni, hogyan fogalmaznám meg matematikailag azt a problémát vagy miképpen írnék rá olyan programot, ami megoldhatja, hanem épp fordítva van. A matekot értem, és csak hozzá kell tanulnom a többi részét. Egyszerűen maga a tudomány érdekel, ez mindig is így volt. Egy probléma megoldása adja a legnagyobb sikerélményt, legyen az általam vagy mások által kitalált, mindegy. Most a Rényi Intézetben két irányban is dolgozom, hiszen van egy elméletibb jellegű matematikai kutatásom, ami a „pletykaterjedési” algoritmusokkal foglalkozik, szakszerűbben fogalmazva üzenetküldés gráfokon.

Ez eléggé meglepő...

Igen, ez egy elméleti téma, de van konkrét alkalmazása annak, amit csinálunk, mégpedig a megosztott tanulásban – ez ugye a gépi tanuláshoz kapcsolódik –, amikor több rendszert tanítunk ugyanarra a feladatra, akkor az a kérdés, hogy azokat hogyan lehet szinkronizálni. Ugyanakkor a Mesterséges Intelligencia Labornak is tagja vagyok, ott pedig áramfogyasztás előrejelzések, kiegyenlítőenergia előrejelzések és meteorológiai előrejelzések kombinációjával foglalkozunk, főleg neurális hálózatokkal, de nem kizárólag azzal. E két kutatás mellett van még a HUNOR projekt, ami egy kicsit off topic, egyfajta egzotikum, de a matematika ebben is nagyon mélyen benne van.

**HA A TANULÓKAT AKTÍV RÉSZVÉTELLEL
BEVONOM A TANULÁSI FOLYAMATBA
ÉS MEGTAPASZTALJÁK, HOGYAN KELETKEZETT
AZ ADOTT MATEMATIKAI FOGALOM,
AKKOR SOKKAL MÉLYEBBEN FOGJÁK ÉRTENI
ÉS ALKALMAZNI IS EZT A TUDÁST**

Miért tanítjuk a matematikát? Miért lenne hasznos, ha a diákokat elsősorban a matematikai gondolkodásra tanítanánk meg? Milyen a jelenlegi matematikatanítás, és milyen kutatások zajlanak mostanában ezen a területen? Csapodi Csaba a Rényi Matematikai Kutatóintézet szak módszertannal foglalkozó kutatója, emellett leendő matematikatanárokat is tanít, így pontosan rálát az aktuális helyzetre. Ma még mindig az az egyik leggyakoribb kérdés, hogy hol használja majd az ember mindazt, amit a középiskolában matematikából tanítanak neki, és vajon tudják-e erre a kérdésre a választ maguk a tanárok?

Igen, ez egy alapvető kérdés, ráadásul ha két matektanár összeül erről beszélgetni, akkor szinte biztos, hogy különböző válaszokat adnak rá. Szerintem az egyik válasz az, hogy vannak olyan hétköznapi helyzetek, amikor matematikát kell használnunk, például százalékszámítás, területszámítás, vagy egy grafikon értelmezése. Nem biztos, hogy ezt az elméleti matematikusok ténylegesen matematikának nevezik, inkább azt mondanák, hogy ez olyan „szám-tan-mértan típusú ügy”. Véleményem szerint a matematikát elsősorban azért tanítjuk, mert egyfajta gondolkodásmódot ad nekünk, logikus, rendszerezett gondolkodásra készítet. Ez az elsődleges haszna, de természetesen ott van még egy harmadik kategória, hogy sok embernek a munkájához ténylegesen a matematika valamilyen magas szintű ismeretére van szüksége, ilyen a mérnök, az informatikus, a matematikus...

Azt mondja, hogy a matematikai gondolkodásra tanítás a legfontosabb cél, de van-e idő erre az iskolai keretek között, és képesek-e a tanárok megtanítani ezt a gondolkodásmódot? Ha hozzászámítjuk, hogy mekkora a tananyag, milyen tempóban kell haladni, és mennyire különböző képességűek a gyerekek egy osztályban, akkor nehéz elhinni, hogy ez lehetséges.

Nyilván erre azt kell mondanom, hogy lehetséges, hiszen matematika-tanárokat is oktatok, és nem mondhatok mást. De ez valóban nehéz dolog. A matematika elvont tudomány, nehéz tanulni és nehéz tanítani. Akiknek több érzéke van hozzá, azoknak általában jobban megy, akinek kevesebb, annak küzdelmes, viszont nagyjából ugyanoda kell mindenkinek eljuttatni. Ott ülnek harmincan az osztályban, abból legalább ötven nagyon tehetségesek és ügyesek, aztán van öt diák, aki nem nagyon érti, mi történik az órán, a kettő között pedig még nagyon széles az intervallum. Egy tanárnak ezt a harminc gyereket kell egyszerre tanítania. Nyilván vannak erre kialakult módszerek, igyekszünk mi is ezeket átadni a tanárképzésben, de pontosan tudom, hogy ez nem egyszerű helyzet. Ami biztosan jó, hogy a kétszintű érettségi rendszer 2005-ös bevezetése elindított egy változást. A feladatoknak körülbelül a fele már középszinten is valamiféle alkalmazást vár, egy hétköznapi helyzetből indul ki, amit a gyerekek meg kell értenie, és meg kell találnia a megfelelő matematikai modellt a kérdés megválaszolására. Azok, akik 2005 előtt érettségiztek, még klasszikus matekfeladatokkal találkoztak, talán néhányan emlékeznek még a zöld feladatgyűjteményre. Abból volt nyolc feladat, ami egy fél A4-es oldalra ráfért, mert egyik se volt hosszabb két sornál. Ma egy középszintű érettséginek egyetlen feladata majdnem kitölt egy teljes oldalt. A második részben lévő hat feladat megoldásához több oldalt el kell olvasni, meg kell érteni, és utána jön csak az, hogy a feladatot meg is kell tudni oldani.

Kérhetnék konkrét példát, hogy milyen élethelyzetet mutat egy adott feladat, vagy milyen gondolkodásmódot igényel?

Amíg egy húsz évvel ezelőtti matekfeladat úgy szólt volna, hogy „egy számtani sorozat első tagja 5, a számtani sorozat differenciája 8, adja meg a sorozat első tíz tagjának az összegét”, addig ma ezt beleteszünk egy olyan, remélhetőleg tényleg létező kontextusba, ahol ezt alkalmazni kell tudni, és rá kell jönni, hogy az, amit használunk, valójában egy számtani sorozat. Például „Egy edzéstervet akarok kidolgozni, mert le akarom futni a maratont. Azt tudom, hogy most, amikor elkezdem az edzést, öt kilométert vagyok képes lefutni, mert ilyen állapotban vagyok. Ezt szeretném az elkövetkező húsz hétben feltornázni húsz kilométerre. Ahhoz, hogy minden héten ugyanannyival megnöveljem a lefutandó távot, hetente mennyivel kell többet teljesítenem, és így a végén összesen hány kilométert fogok lefutni?” Ugye ennek a kérdésnek a megoldása egy számtani sorozaton át vezet, de erre csak utalás van a feladatban. Kutatásaink szerint az érettségi vizsga az, aminek a legnagyobb hatása van arra, hogy mi történik a matematikaórákon, tehát ha az érettségin ilyen feladatok vannak, akkor nagy valószínűséggel az órákon is ilyenek lesznek.

Egy interjúban ön azt mondta: „Az, hogy mit tanítunk és az, hogy hogyan tanítjuk, mind másodlagos ahhoz képest, hogy ki az, aki tanítja” – hogyan értette ezt?

A mai világban az emberi kapcsolatok nagyon fontosak, nekem mély meggyőződése, hogy a tanár a leglényegesebb az egész iskolarendszerben és a tanítási folyamatban, illetve a tanár és a diák közötti kapcsolat. Mindenkinek megvan a maga sztorija a középiskolai tanáráról, jó tanárról, kevésbé jóról, és sokszor találkozunk olyan történetekkel is, hogy engem különösebben nem érdekelt a matematika, de a tanárom magával ragadó személyiség volt és felkeltette bennem az érdeklődést. Vagy fordítva, engem érdekelt a matematika általános iskolában,



Csapodi Csaba

de aztán gimnáziumban a tanárom miatt sajnos más irányba fordult az érdeklődésem. Hosszasan beszélgethetünk arról, hogy most akkor meg kell-e tanítani a valós számok halmazán értelmezett trigonometriát minden egyes embernek, vagy fontos-e az egyenes egyenletét ismerni a diákoknak, hogy most akkor digitális eszközöket használunk vagy papíron dolgozunk, csoportmunkában vagy egyénileg kell megoldani a feladatot. Ezek mind helyénvaló kérdések, de valójában a leglényegesebbnek én azt látom, hogy milyenek a tanárok. Természetesen nemcsak én gondolom ezt így. Két évvel

ezelőtt volt a Magyar Tudományos Akadémián egy előadás arról, mitől lesz egy országnak jó az oktatási rendszere. Egy amerikai professzor tartott előadást, és elmondta, hogy a nemzetközi kutatások szerint egy ország jólléte nagymértékben függ az oktatás minőségétől. Az oktatás minősége pedig alapvetően egy dolgon múlik, a tanári kvalitásokon, vagyis hogy mennyire nagy tudású, mennyire hatékony, mennyire képzett tanárok tanítanak. Tehát ez viszonylag egyszerű ügy, ha jó tanárok lennének – és azért sok remek tanár is van –, de ha még ennél is jobb tanárok lennének az országban, akkor az oktatás minőségének javításán keresztül ez az egész ország életére pozitívan hatna.

Talán akkor a tanári pálya is vonzóbb lenne, mint most, és akkor a matematikát szerető egyetemista nem az alkalmazott irányba menne, hanem tanítani...

Ez egészen biztos, és még egy információ abból a bizonyos előadásból: a tanárok minősége tényleg nagyon-nagyon sokban azon múlik, mennyire vonzó a tanári pálya az adott országban. Nyilván ennek vannak anyagi és egyéb vonatkozásai is. Azt látjuk, hogy amint elkezdődött a tanári bérek felzárkóztatása Magyarországon, rögtön megemelkedett a tanári pálya iránti érdeklődés. De fontos kiemelni valamit: attól senki

nem lesz jobb tanár, hogy több pénzt kap. Itt arról van szó elsősorban, ahogyan említette, hogy a pályaválasztáson gondolkodó, tehetséges fiatalok nem a bankszférában vagy informatikusként fognak elhelyezkedni, hanem felmerül bennük annak a lehetősége, hogy miért ne menjek el tanárnak, ha így is tudok keresni annyi pénzt, amivel eltartom a családomat. Kialakulhatna egy versenyhelyzet, és ez nagyon jót tenne már a felvételi időszakában is, hogy egyáltalán kik jutnak be tanárszakra. Most – kis túlzással – aki jelentkezik, azt felvesszük. Vagy például amikor kiírnak egy állást, akkor az iskolában nem arról lenne szó, hogy örülök, ha végre valaki jelentkezik és van megfelelő papírja, hanem jelentkeznek tízen, és ki tudom választani közülük a legjobbat, a legmegfelelőbbet.



Lányok Napja a Rényi Intézetben

A leendő tanárok képzése mellett a Rényi Intézetben egy ígéretes programon dolgozik...

Két projekt is fut és ezek összefüggenek. Az MTA – még Lovász László vezetésével – belátta azt, hogy a szaktárgyak tanítási módszertana tulajdonképpen egy tudományterület. Azt nevezem módszertannak, ahogyan tanítom a matematikát. Ez eddig mostohagyereknek számított a tudományok világában, mert ugye vannak a matematikusok, akik a tudománnyal foglalkoznak, és van a gyerekek viselkedéséről, fejlesztéséről, tanításáról szóló pedagógia, ami szintén tudomány. Hogy miképpen kell a matematikát tanítani, az bizony a két rendes, jó szülő között egy kis mostohagyerek, vagy inkább két szék között a padló. Ezért kellett sokat küzdeni azért, hogy elismert tudományterületté váljon a szakmódszertan is. Erre eddig Magyarországon nem nagyon volt akadémiai fogadókészség, de elindultak az MTA által kiírt négyéves pályázatok,

és már a harmadikat nyertük meg 2025 nyarán a Rényi Intézet keretei között. Létrejött a Rényi-ELTE Matematikadidaktika Kutatócsoport, egy nagyon inspiráló országos közeg. Változást látunk abban is, ahogy a matematikusok viszonyulnak hozzánk, tanárokhoz, módszertani kutatókhoz. Korábban érzékelhető volt egyfajta szolid távolságtartás részükről, szerencsére az utóbbi időben ez megváltozott. Pár évvel ezelőtt, amikor felvettem egy szakmódszertani osztály létrehozásának ötletét, akkor Stipsicz András igazgató ezt pozitívan fogadta. A most induló új pályázatnak alapvetően két kutatási iránya lesz. Egyrészt a tanulói megértést fogjuk vizsgálni, vagyis hogy mivel lehet elősegíteni azt, hogy a tanulók jobban megértsék az elvont matematikai fogalmakat. Másrészt pedig hogy valójában mitől jó egy tanár, és hogyan lehet azt elérni a matematikatanár-képzés során, hogy egy tanár igazán jó legyen. Nagyon egyszerűen megfogalmazott kérdések, nagyon bonyolult rájuk a válasz – ezzel foglalkozunk majd az elkövetkező időszakban.

Ez az „Így tanítanánk mi” program?

Igen, részben kapcsolódik az *Így tanítanánk mi* programhoz, ami a másik, általam elindított kezdeményezés. Már tíz éve vagyok az ELTE-n a tanárképzésben, és látom, hogy amikor kikerülnek a fiatalok az egye-

temről, viszonylag kevés *konkrét* segítséget kapnak, hogyan is lenne érdemes tanítani. Az utolsó évben összefüggő tanítási gyakorlatuk van, a mentortanáruk valamennyire tudja őket támogatni ebben, de azért van még bőven hova fejlődni, úgyhogy négy kollégával elkezdtünk tanítási segédanyagokat készíteni, és ezeket egy honlapra feltesszük. Fontos, hogy ezek az anyagok nem tehetséggondozásról szólnak, hanem az abszolút átlagos gyerekek matematikai



Kutatók Éjszakája

felkészítését segítik. Elég részletesek ahhoz, hogy egy tanár, aki épp nem tudja, mit csináljon másnap, ezeket letöltse és be tudja vinni az órára. Készülnie kell természetesen, de részletes óravázlatokat adunk módszertani megjegyzésekkel, feladatlapokkal, kivágható segédanyagokkal, internetes segédletekkel. A célunk tehát az, hogy a fiatal kollégák – vagy akár az idősebbek –, módszertanilag kellően megalapozott matekórákat tartsanak.

Hogyan lehet a régi gyakorlatot, a megszokást háttérbe szorítani és újfajta módszert bevezetni?

Nagyjából tudjuk azt, hogyan kell jól tanítani. Hadd hozzak ide egy szót: ez a felfedezettő módszer. Nem bemegyek az osztályba és azt mondom, hogy „na, gyerekek, ma a logaritmussal fogunk foglalkozni, írjátok fel a definíciót... nézzünk néhány azonosságot... jó, akkor jöhetnek az egyenletek... házi feladat... jövő órán dolgozat...” Talán mindenki vissza tudja idézni a saját ehhez hasonló tizenegyedikes óráját! Ehelyett én azt mondom, hogy menjünk be és meséljünk arról a gyerekeknek, hogy miért és hogyan alakult ki a logaritmus. Mert a logaritmus valójában abból az igényből fakadt, hogy egy bizonyos pillanatban szükség volt arra, hogy nagy számokkal számoljanak a csillagászok, kereskedők, utazók. Nagy számokat kellett összeszorozni egymással, és természetesen nem állt rendelkezésre számológép, de rájöttek, hogy egy ügyes technikával a sok számolás megkönnyíthető. Ha a tanulókat aktív részvétellel bevonom a tanulási folyamatba, és megtapasztalják, hogy hogyan keletkezett ez a matematikai fogalom, akkor innentől kezdve sokkal mélyebben fogják érteni és remélhetőleg alkalmazni is ezt a tudást. Meggyőződésem, hogy ez nem elvesztegetett idő, mert amit úgymond elveszítünk azzal, hogy hosszan foglalkozunk a témával, azt megnyerjük azáltal, hogy a tanulók tudni fogják és a későbbi órákon nem kell újra és újra elmagyarázni. Nekünk igazából most tehát nem az a kérdés, hogyan kell jól tanítani, minket ennél jobban érdekel az, miként kell képezni, segíteni a jövő tanárokat, hogy majd így, ilyen jól tanítsanak.

**HUN
REN | Ri**

A Rényi Intézet 2025-ben fennállásának 75. évfordulóját ünnepli. E háromnegyed évszázad alatt a matematika minél magasabb szintű művelése, az eredmények széles körben való ismertetése mindig is az intézeti kutatóközösség legfőbb célja volt és marad. A múlt tiszteletet parancsoló öröksége a jelen lehetőségeivel ötvözve inspirálja az újabb és újabb matematikus nemzedékek képviselőit, remélhetőleg még sokáig.

HUN
REN | Ri

R É N Y I
75