

# A matematika és a való élet

## Röst Gergely egyike a nyertes ERC-kutatóknak

Az Európai Kutatási Tanács (ERC) tudományos tanácsa Kezdő támogatások (Starting Investigator Grants) pályázatán öt Magyarországon élő pályakezdő kutatási tervére adott támogatást, köztük Röst Gergely matematikusnak, a SZTE Bolyai Intézet munkatársának.



A program három évvel ezelőtt indult annak érdekében, hogy az európaiak ellensúlyozhassák az amerikai és távol-keleti tudóselszívt. A Starting Investigator Grantsre olyan fiatal kutatók jelentkezhetnek, akik tíz éven belül szereztek doktori fokozatot, folyamatos és önálló kutatómunkát végeznek, és rendszeresen publikálnak; az Advanced kutatóprofesszorok számára létesült. Bármely tudományterületen lehet pályázni, 2008-ban kilencezer, az utóbbi két évben majdnem három-háromezer terv érkezett be, a győztes négyszázat ezek közül választották ki. A legjobb kutatási pályázatok készítői egy brüsszeli szóbeli interjúon mutatták be eddigi szakmai pályafutásukat és témájukat egy húszfős összeurópai bizottság – tizenöt professzor és öt EU-s tisztségviselő – előtt. A döntőbe jutottak közül ennek alapján választották ki a győzteseket, akik között megosztják az 580 millió eurós támogatást.

## Az első kelet-európai ERC-nyertes fiatal kutató matematikus

Idén harminckilenc nemzet kutatói nyújtottak be pályázatot, a 2873 kutatási terv közül a következő öt évben 427 valósulhat meg; köztük öt hazai kutatóé, Csonka Szabolcs és Simon Ferenc fizikusoké (BME), Vankó Györgyé (MTA KFKI), valamint Szegedről Röst Gergely matematikusé és Szakács Gergely orvosé (MTA-SZBK).

Ezzel a Bolyai Intézet MTA-SZTE Analízis és Sztochasztika Kutató-



pályázat e kettő kombinációja” – vázolja fel a témáját a kutató. (Röst Gergely a Szabadegyetem – Szeged sorozatban Matematikával a járványok ellen címmel a fertőzések modellezéséről és modellezhetőségéről tartott előadást november 17-én.)

## Járványtan és matematika

Bár az 1347–1351-es pestisben Európa lakosságának 45 százaléka, mintegy harmincmillió ember vesztette életét, csak az 1665–1666-os londoni bubópestis idején kezdtek megbetegedési statisztikákat vezetni, ekkor még heti jelentéseket. Az első járványtani elemzés Daniel Bernoulli (1700–1782) nevéhez kötődik, aki azt vizsgálta, az akkoriban terjedő kétféle himlő közül érdemes-e a gyengébbel szándékosan megfertőznie magát az embernek ahhoz, hogy a súlyosabb és halálos változatra immunis legyen. Sir Ronald Ross (1857–1932) 1902-ben Nobel-díjat kapott a malária terjedési mechanizmusának felfedezéséért, amelynek során az ember- és szünyogpopulációt követő matematikai modellt állított fel. Az

## Röst Gergely

A SZTE Bolyai Intézet munkatársa 1977-ben született Nagykanizsán. A nagykanizsai Batthyány Lajos Gimnázium elvégzése után a SZTE matematika szakára járt, amit kitüntetéses diplomával fejezett be 2004-ben. Doktori disszertációját Periodikus funkcionál-differenciálegyenletek bifurkációelmélete címmel 2006-ban védte meg Krisztin Tibor témavezetésével; 2008 óta az MTA-SZTE Analízis és Sztocasztika Kutatócsoport, az SZTE Bolyai Intézet tudományos munkatársa.

2006-ban köztársasági aranygyűrűt, 2007-ben MTA Bolyai Kutatói Ösztöndíjat kapott; továbbá az MTA Ifjúsági, a Bolyai Matematikai Társulat Grünwald Géza Emlék- és Fulbright kutató ösztöndíját (Arizona, State University) érdemelte ki. Röst Gergely a megyei másodosztályú Universitas SC Tanárképző csapatának igazolt labdarúgója. Két gyermeke van, Júlia és Vilmos.

csoportjának tudományos munkatársa az első magyar, sőt kelet-európai matematikus, aki elnyerte az ERC Starting Investigator Grantet, és a Szegedi Tudományegyetem első olyan kutatója, akit az Európai Unió legrangosabb kutatói pályázata támogat. „A matematikai nagyhatalmak – franciák, németek, angolok és olaszok – szerzik meg a kutatási támogatások általában 80 százalékát, a maradék jut az összes többi országnak. Nagyon kemény a verseny e tekintetben, tényleg csak azt nézik, hogy melyik a huszonöt legjobb azon a tudományterületen” – mondta Röst Gergely.

A díjazott tudósok munkaidejük legalább 30 százalékát a támogatott projektekre kell fordítsák. „Ez egy hatalmas elismerés, hiszen a legmagasabb nemzetközi szinten értékelték, valamint óriási lehetőség is. Arról szól ez a pályázat, hogy a kiválasztott fiatal kutatók megvalósíthatják saját programjaikat, és önálló kutatócsoportot szervezhetnek. A pályázat célja, hogy elősegítse önállóságukat, amire adott esetben évtizedeket kell várni. Egy négyfős kutatócsoportot szervezek, ami az általam kitűzött problémákon fog dolgozni” – beszél terveiről a matematikus.

„A doktori cím megszerzését követően Kanadában lettem kutató. Akkor még teljesen elméleti matematikával foglalkoztam, de a csoport, ahova kerültem, nagy része járványterjedési modellekkel foglalkozott” – mesél Röst Gergely a kezdetekről. „A vezető professzor, Jian-

hong Wu az egyik heti kutatószemináriumra egy matematikai problémát hozott, ami az egyik modell kapcsán merült fel, és amit megoldottam. Ez újabb kérdéseket vetett fel és azok közül is volt olyan, amit megoldottam, így egyre inkább bekapcsolódtam a járványmodellezési munkába. Amikor hazajöttem, próbáltam ezt folytatni itthon is.”

A fiatal kutató nemcsak az elnyert támogatást illetően lehet úttörő. Az említett, tudományterületeken átívelő együttműködéseknek még nincs igazán hagyománya Magyarországon, és az alkalmazott matematika is gyakran háttérbe szorult az elméletivel szemben. „A pályázat négy anonim bírálója közül az egyik azt írta, azért támogatja a pályázatomat, hogy az alkalmazott matematika nagyobb teret kapjon, mert úgy látja, hogy Magyarországon kevésbé van hagyománya annak, hogy a való életbeli problémákat közvetlenül összeköti a matematikával” – tette hozzá Röst Gergely.

Projektjének témája új típusú járványterjedési modellek kidolgozása. „Nincs egy nagy feladat, hanem sok kisebb, ezek közül van elméleti matematikai is. A klasszikus járványterjedési modellek évtizedek óta léteznek, ezeknek különböző módosításait alkalmazzák; de van egy olyan jelenség, ami egy teljesen újfajta matematikai modellhez vezet. A pályázat egyik feladata ennek elméleti kidolgozása, de vannak olyan részek is, amelyek gyakorlati alkalmazásról szólnak. A

**Röst Gergely Kanadában ismerkedett meg a járványterjedési modellekkel**



1918–1919-es spanyolnátha-járvány (amelynek több áldozata volt, mint az első világháborúnak, mintegy ötvenmillióan hunytak el) halál- és megbetegedési görbéjének elemzése már egyértelművé tette, hogy a járvány terjedése és lefolyása egyfajta mechanizmust követ, amely matematikai modellel leírható.

E modell segítségével megválaszolhatóvá válik számos kérdés. Egy járvány elleni küzdelemben orvosokra vagy megelőzésre érdemes többet költeni? Hány embert kell beoltani, hogy ne törjön ki egy megfertőződési hullám, és ők milyen csoportokba tartoznak életkor, szociális körülmények vagy egészségi állapot alapján? Mennyi orvosra lesz szükség a járvány teljes ideje alatt (hányan fognak megbetegedni)? Miért ér véget hirtelen az influenzajárvány az iskolában, amikor még olyan sok gyerek megbetegedhetne?

A 18. században az a legenda járta, hogy az angol tehenészleányok nem kapják el a himlőt. A mítoszt Edward Jenner angol tudós oszlatta el, felfedezte ugyanis, hogy az állatok közelében dolgozók átesetek az enyhébb lefolyású tehénhim-

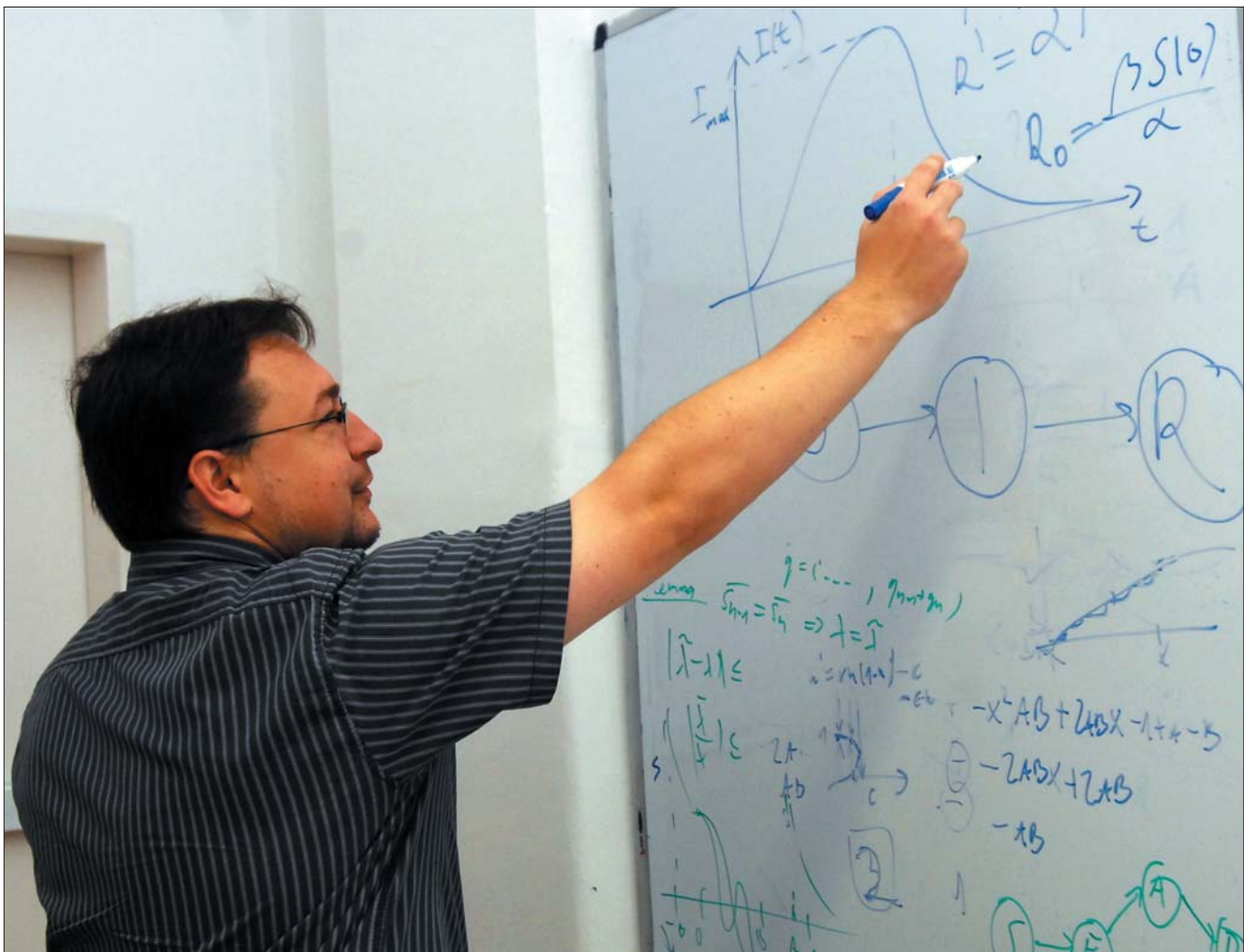
lőn, így az emberekre veszélyes változattal szemben már immunitást alakítottak ki. Ez vezetett az oltás alapelveinek felfedezéséhez (a vakcina a tehén latin elnevezéséből, a Vaccából származik), amelyet a mai napig alkalmaznak azzal a különbséggel, hogy a modern vakcinákban már olyan legyengített vagy előlt kórokozók vannak, amelyek beadása után a szervezet aktív immunvédeltséget szerez a megbetegedéssel szemben.

A differenciálegyenletek bármilyen folytonosan változó fizikai vagy biológiai rendszer viselkedését modellezni tudják, többek között azt, hogyan terjed el egy populációban egy-egy járvány. „Nagyon egyszerű, ha kitör egy járvány, napról napra vagy óráról órára feljegyezzük, hogy mikor hány beteg van, így tulajdonképpen egy függvényt kapunk. Az a kérdés, milyen az alakja. Vannak bizonyos törvényszerűségek – milyen mechanizmus által terjed egy betegség –, erre fel tudunk állítani egy matematikai modellt. A járvány kezdeti szakaszában ismerjük a görbe elejét, ebből szeretnénk tudni megmondani, hogyan fog folyta-

tódni, mikor éri el a csúcspontját, az milyen magasan lesz, hányan fognak megbetegedni, és a különböző stratégiákat alkalmazása – például gyógykezelés, vakcinálás, karantén, iskolák bezárása –, hogyan befolyásolja a görbét” – pontostít Röst Gergely.

Ha feltesszük, hogy egy járvány által megfertőzött ember a betegsége ideje alatt a járvány kezdeti szakaszában  $R_0$  számú további megbetegedést generál, ebből az  $1 + R_0 + R_0^2 + \dots + R_0^n$  képlettel számítható ki a fertőzések száma a járvány kezdeti szakaszában. Ha ez a  $R_0$  érték egynél kisebb (azaz egynél kevesebb embert fertőz meg), a betegség nem tud elterjedni, ha azonban nagyobb, akkor járvány tör ki. Ezt az  $R_0$ -t alapreprodukciós számnak nevezik. Ennek segítségével meghatározható a közösségi immunitáshoz szükséges kritikus szint is, azaz az egész populációnak hány százalékának kell immunisnak lennie ahhoz, hogy a járvány ne terjedhessen tovább. Ez az 1918-as influenza esetén 50-66%, a kanyarónál 92-94%. 1979-ben az ENSZ hivatalosan is felszámolta a

**A Bolyai Intézet oktatójának a tudományos kutatás mellett az utánpótlás-nevelés a szívügye, hallgatói is igen sikeresek**



fekete himlőt, most a gyermekbénulás teljes megszüntetésén dolgoznak. (A védőoltás-ellenes megmozdulások éppen ezt a közösségi immunitást veszélyeztetik az arányszám lecsökkentésével.)

Az SIR-modellnek nevezett matematikai formalizálás már egy járvány lefolyását szemlélteti. Ennek változói: S (a betegségre fogékonyak, susceptible), I (a már megfertőzöttek, infected), R (a meggyógyultak, recovered). Az ezeket tartalmazó képletek számolnak továbbá az emberek különbözőségeivel, a közösség zártságával vagy nyitottságával (azaz a járvánnyal össze nem függő halálozásokkal és születésekkel), a naponta meggyógyultak számával, valamint a paraméterek változásával. Ezek alapján kiszámítható, hogy egy adott napon hány új fertőzésre lehet számítani (a már meglévőkön kívül) és az is, hogy a járvány várhatóan mikor tetőzik és múlik el. Ezeket az értékeket görbékben ábrázolják. (E matematikai számítások járványtani alkalmazhatóságának iskolakönyvi példája az 1978-as angol bentlakásos iskolában kitört betegség lefolyása.) A fertőző betegségek terjedésénél azonban rengeteg más tényezővel kell számolni. A demográfia és a migráció mellett a fertőzési és terjedési mechanizmusok eltéréseivel, a megelőzési stratégiák (ebből is eredő) különbözőségeivel. Szintén nem egységes a járványok látens periódusa, figyelmet kell fordítani a tünetmentesen fertőzőkre és a civilizáció fejlettségéből adódó (e szempontból) hátrányokra: a térbeli terjedés gyorsaságára, az evolúcióval való versenyfutásra és a populáció heterogenitására (strukturáltságára). A járványt elemző és leíró matematikai modellt mindezek figyelembevételével kell megalkotni.

## A gyakorlati haszon

Ezek ismeretében „már csak” azt kell megtervezni, hogyan lehet csökkenteni az  $R_0$ -t, vagyis az egy ember által megfertőzöttek számát. A matematikai képlet (azaz a betegség terjedése) különböző paramétereinek megváltoztatásával: csökkenteni kell a betegségre fogékonyak, azaz egy fertőző ember által okozott új fertőzések számát (például vakcinálással), a betegség várható hosszát annak lerövidítésével

(például gyógykezeléssel), illetve a megfertőződés lehetőségét (például iskolabezárással, izolációval, forgalmas helyek kerülésével és a higiéniai szabályok betartásával). Először hihetetlennek tűnik a jóbarát-paradoxon működési elve, amelynek lényege, hogyha véletlenszerűen kiválasztjuk emberek egy csoportját, másodikként pedig ezek mindegyikének egy barátját, akkor azt fedezhetjük fel, hogy a második csoportbelieknek több barátjuk van, mint az elsőnek. A jóbarát-paradoxon természetesen szintén alkalmazható a járványtani modellezésben, hiszen a legnépszerűbb és vélhetően a legtöbb szociális kontaktust lefolytató személyek várható megbetegedési görbéje (és időpontja) valóban olyan ívű (és sokkal korábbi), mint azt a matematikai képletek alapján ki lehet számítani.

Röst Gergely munkája során járványtani szakemberekkel is együtt dolgozik majd. „Más országokban ez nagyon szervezetten működik. Kanadában létezik egy országos hálózat a járványterjedés modellezésére, amiben vannak matematikusok, az ottani közegészségügyi intézet szakemberei, orvosok, biológusok, virológusok. Egy hálózatban dolgozva nagyon jól együtt lehet működni ilyen problémákon.”

A járványok terjedése számos szempontból további kutatásokat indokol. Röst Gergely tanítványával, Knippl Diánával egy nyolc európai országra kiterjedő felmérés alapján felállította az influenza korcsoportok szerinti modelljét, amelyből további információkat lehetett levonni, többek között a veszélyeztetettek életkorára vonatkozóan. A nemrégiben tomboló H1N1-influenzavírus matematikai modelljének görbéje a járvány kitörésének napjaitól annak befejeződéséig a megbetegedések számát szinte teljesen pontosan előre tudta jelezni (itt az  $R_0$  értéke 1,3 volt).

E járványtani modellek több más érdekes kérdés vagy felvetés megválaszolásában is segítségünkre lehetnek. Ha megvizsgáljuk, hogy 2004–2010 között az Amerikai Egyesült Államokban hány influenzás megbetegedést regisztráltak, és ebben az időszakban hányan néztek utána a Google keresőjében a betegségnek ezzel a



## A szegedi kutató teljesítményét a legmagasabb szinten is értékelik

hívószóval, s ezeket az adatokat egy függvény két görbéjeként felrajzoljuk, az átfedés szinte teljesen pontos, az eltérések csupán abból adódnak, hogy a betegszámok feldolgozása némi (napokban számolható) fáziskésésben van az internetes rákeresésekkel szemben. (A magyarországi adatokat tekintve 2006–2010 között némi eltérés fedezhető fel, Röst Gergely szerint ez annak tudható be, hogy a hazai internet-ellátottság kisebb arányú, mint az USA-ban.)

Szintén érdeklődésre adhat számot Robert Smith ottawai matematikai epidemológus vizsgálata, amely a téma mosolygató volta mellett a matematikai modellezés rugalmasságát is prezentálja. Smith a másfél hónapja indult *The Walking Dead* igen népszerű amerikai sorozatban felvetett problémát – a civilizációt egy vírus okozta járvány fenyegeti, amelynek során a megbetegedettek zombivá változnak – modellezte. Írását a legmagasabb kanadai orvosi folyóiratban, a *Canadian Medical Association Journal*-ban publikálta, sőt zombimodellezéseiből tudományos monográfia készül, melynek egyik fejezetét éppen Röst Gergely írja. Bár az internetes hoaxok terjedése nem modellezhető ezzel a járványtani matematikai képlettel, a pletykázásé igen.

■ Szekeres Nikolett