

Tematikus összeállítás

SZERTEÁGAZÓ BIOINFORMATIKA MAGYARORSZÁGON

VERSATILE BIOINFORMATICS IN HUNGARY

VENDÉGSZERKESZTŐ: SIMON ISTVÁN

BEVEZETÉS

Simon István

az MTA levelező tagja, kutató professor emeritus, MTA Természettudományi Kutatóközpont Enzimológiai Intézet
simon.istvan@ttk.mta.hu

A bioinformatika nemcsak Magyarországon szerteágazó, hanem mindenütt, mert valamennyi, az élettudományok területén számítástechnikával végzett munka ide sorolható. A Magyar Bioinformatikai Társaság és az MTA Bioinformatikai Osztályközi Állandó Bizottsága rendszeresen tart konferenciákat ezen a területen. A társaság elnöksége és a bizottság tagsága jelentős átfedést mutat, ami megkönynyíti, hogy a két egyébként független intézmény közösen rendezzen munkaértekezleteket. Ez történt 2016 novemberében is, amikor *Bioinformatika 2016* címmel tartottunk konferenciát. Ezen nyolc előadás hangzott el, melyek összefoglalója, képanyaga és az előadásokról készült videók megtekinthetők a társaság honlapján (URL: <http://www.mabit.org.hu/doc/hu/society/conferences/2016>).

Az előadók közül hatan vállalták, hogy szerkesztett cikk formában is megjelentetik előadásukat. Ezeket a cikkeket szeretném most közreadni.

Szeretném megköszönni az előadóknak és a cikkek készítőinek fáradozásukat, Patthy Lászlónak, az MTA Bioinformatikai Osztályközi Állandó Bizottsága elnökének és Tusnady Gábornak, a Magyar Bioinformatikai Társaság főtítkárnak a konferencia szervezésében végzett kiváló munkájukat.

KÁROS ÉS KOMPENZÁLÓ MUTÁCIÓK: LEHET-E SZEREPÜK A BIOLÓGIAI SOKFÉLESÉG EVOLÚCIÓJÁBAN?

DELETERIOUS AND COMPENSATORY MUTATIONS: CAN THEY CONTRIBUTE TO BIOLOGICAL DIVERSITY?

Boross Gábor Zoltán¹, Papp Balázs²

¹PhD, tudományos munkatárs, boross@brc.hu

²PhD, tudományos főmunkatárs, pappb@brc.hu

Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biokémiai Intézet Szintetikus és Rendszerbiológiai Egység

ÖSSZEFOGLALÁS

A biológiai sokféleség létrejöttének megmagyarázása az evolúcióbiológia egyik központi kérdése. Ma már tudjuk, hogy az adaptív, az adott környezetben előnyt jelentő mutációk mellett semleges vagy akár káros mutációk is elterjedhetnek egy populációban. Káros mutációk megjelenése úgynevezett kompenzáló evolúciót indukálhat. Ez egy olyan adaptív folyamat, amelynek eredményeképpen az eredeti mutáció káros hatása enyhül. Korábbi kutatások számos példát találtak kompenzáló evolúcióra, de előfordulási gyakoriságát és evolúciós jelentőségét csak kevéssé ismerjük. Ennek megválaszolására egy nemrég elvégzett kutatásunkban a sörélesztő kompenzációs potenciálját vizsgáltuk több száz olyan élesztőtörzsön, melyekben egy-egy gén teljes elvesztése jelentette a kijavítandó káros mutációt. A laboratóriumi evolúciós kísérleteink fő eredménye, hogy a kompenzáció gyakori és nagymértékű, ami a genotípus és fenotípus szintjén is változatosságot hozott létre. Eredményeink alapján egészen új szempontokról tekinthetünk a törzsfejlődésre, mely során bizonyos mértékben evolúciós helyben futás zajlik: olyan adaptációs folyamatok mehetnek végbe, amelyek nem növelik a környezethez való alkalmazkodást, de hozzájárulnak a fajok közötti különbségekhez. Ezentúl nem hanyagolhatjuk el ezeknek a folyamatoknak a szerepét a fajok között megfigyelhető változatosság kialakításában.

ABSTRACT

According to the original Darwinian view of evolution, adaptation happens through sequential fixation of adaptive changes in the population. However, neutral and deleterious mutations can also fix in populations. Once a deleterious mutation arises, its negative effect on the organism's fitness can be mitigated through compensatory evolution. Thus, compensatory evolution is an adaptive process that suppresses the effect of a harmful mutation. Although previous studies revealed several examples of compensatory evolution, we still have only a limited knowledge about its propensity and evolutionary consequences. To answer these questions, we set out to study the capacity of the brewer's yeast genome to compensate the complete loss of genes

during evolution, and explore the long-term consequences of this process. We initiated laboratory evolutionary experiments with hundreds of yeast gene knock-out mutants and found that compensatory adaptation was rapid and pervasive, and it promoted genotypic and phenotypic divergence. Our work implies that variation across species could be partly due to the action of compensatory evolution.

Kulcsszavak: kompenzáló evolúció, biológiai sokféleség, élesztő, laborevolúció

Keywords: compensatory evolution, biological diversity, yeast, laboratory evolution

Hogyan jött létre a ma látható biológiai sokféleség? Ez a kérdés nemcsak Charles Darwin számára volt fontos, hanem a modern evolúcióbíológiaiában is központi jelentőséggel bír. Az evolúció kutatói sokáig csak a látható fenotípusokat tudták vizsgálni, amelyek alapján arra következtettek, hogy az élőlények különbségeit a természetes szelekció révén megvalósuló alkalmazkodás (adaptáció) okozza. A madarak csőre, a lepkék színezete, a virágok és magok színe és morfológiája mind az adaptáció példái, a természetes szelekció által apró lépésenként végbe ment változások, melyek növelik az élőlények rátermettségét (fitneszt).

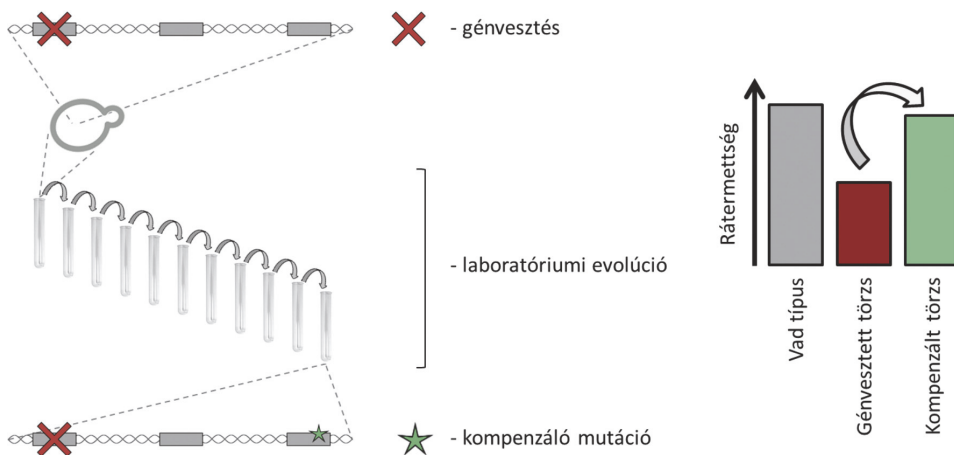
De vajon mi magyarázza a sokféleséget a sejt molekuláris alkotóinak szintjén? Az utóbbi évtizedekben a technikák fejlődésével egyre több molekuláris eredmény és adat halmozódott fel. Ezek vizsgálata révén a 20. század második felében kiderült, hogy molekuláris szinten rengeteg változás nem adaptáció, hanem az úgynevezett neutrális evolúció eredménye. Motoo Kimura munkássága során arra a felfedezésre jutott, hogy a DNS-szekvenciában a fajok között található különbségek döntő többsége nem okoz előnyt az adott faj egyedeinek, ugyanakkor nem is káros, azaz neutrális (Kimura, 1968). Érvelése szerint a darwini nézettel ellentétben nemcsak az a mutáció terjedhet el egy populációban, ami előnyös, hanem minden, ami nem hátrányos (bár jóval kisebb valószínűséggel). Míg az előnyös mutációk elterjedését a természetes (pozitív) szelekció segíti elő, a neutrális mutációk a generációk során véletlen mintavételi hibák sorozatával terjedhetnek el. Hogyan történhet ez? Egy populáció különböző egyedei nem ugyanannyi utóddal járulnak hozzá a következő generációhoz. Egyesek elpusztulnak, mielőtt szaporodhatnának, mások utódait felfalja egy ragadozó, vagy betegség áldozatául esnek. Ezeknek az eseményeknek a valószínűségét az egyed speciális, a fajtársaitól eltérő tulajdonságai természetesen nagyban befolyásolják, de még ha minden egyed teljesen egyforma lenne is egy populációban, akkor sem hozna mindegyikük létre ugyanannyi utódot, hiszen a szaporodást számos véletlenszerű esemény befolyásolja. Ezt a folyamatot nevezzük genetikai sodródásnak, melynek vizsgálata a populációgenetika tárgya. Kimura felfedezése óta egyre több evolúciós változás eredetében merül fel a neutrális evolúció szerepe. Fris-

sebb kutatások olyan bonyolult és látszólag adaptív jellegek esetében is felvetik a neutrális mutációk konstruktív szerepét, mint a fehérjék komplexekbe szerveződése, a jelátviteli hálózatok bonyolultsága vagy az eukarióta genomméret nagymértékű növekedése a baktériumokhoz képest (Lynch, 2007; Finnigan et al., 2012).

Mára az adaptív folyamatok mellett a neutrális evolúció szerepe is elfogadottá vált. Ugyanakkor az előnyös és semleges mutációk elterjedése mellett ismert jelenség, hogy akár káros mutációk is elterjedhetnek a populációkban, például genetikai sodródás vagy előnyös mutációhoz történő kapcsoltság által. Mivel ez a folyamat a népeiségre nézve hátrányos (legalábbis rövid távon), ezért a káros mutációk konstruktív evolúciós szerepe kevés figyelmet kapott. Igen ám, de egy ilyen káros mutáció megjelenése következtében úgynevezett kompenzáló evolúció indulhat el a populációban. Kompenzáló evolúciónak nevezzük azt a folyamatot, amikor egy vagy több káros mutáció hatására bekövetkező fitneszcsökkenést egy másik mutáció részben vagy egészben kijavít. Az ilyen kompenzáló mutációk előnyösek, terjedésükért alapvetően a természetes szelekció felelős, akárcsak a környezeti adaptációt növelő mutációk esetében. Számos biológiai rendszerben mutatták ki a kompenzáló evolúciót mind laboratóriumi körülmények között, mind a természetben. Például Andrew Kern és Fyodor Kondrashov kompenzáló evolúció nyomát találták humán és más emlős mitokondriális transzfer RNS- (tRNS-) szekvenciák összehasonlításakor (Kern–Kondrashov, 2004). Azt találták, hogy egy nukleotidcsere, amely a tRNS szerkezetét destabilizálja, gyakran egy másik nukleotidcserével együtt fordul elő, ami ezt a káros szerkezetváltozást kompenzálja. A kompenzáló evolúció jól ismert, klinikailag is fontos példája az antibiotikum-rezisztenciával függ össze (Andersson–Levin, 1999). Amikor egy baktériumpopuláció egy antibiotikum ellen rezisztenciát alakít ki, akkor a rezisztenciát okozó mutációknak gyakran vannak a baktériumra nézve káros mellékhatásai, amelyek csökkentik az osztódási sebességet. Ez a káros hatás kompenzáló evolúciót indukálhat, azaz olyan mutációk elterjedését segítheti elő, amelyek helyreállítják a rezisztens törzs osztódási sebességét.

Vajon elképzelhető-e, hogy a káros és kompenzáló mutációk sorozata is hozzájárul az evolúció során kialakult biológiai sokféleséghez? Ez a lehetőség egy egészen új evolúciós világképet sugall, ugyanis a természetes szelekció ez esetben is fontos szerepet játszana a fajok közötti különbségek kialakításában, de mégsem vezetne a környezethez való tökéletesebb alkalmazkodáshoz. Arra már számos bizonyítékunk van, hogy a kompenzáló evolúció valóban szerepet játszik a fajok közötti genomi különbségekben (lásd tRNS-szekvenciák evolúciója), de a génszabályozási vagy anyagcsere-hálózatok evolúciójában betöltött lehetséges szerepéről eddig kevés ismeretünk volt (Goncalves et al., 2012; McManus et al., 2014; Fong et al., 2006).

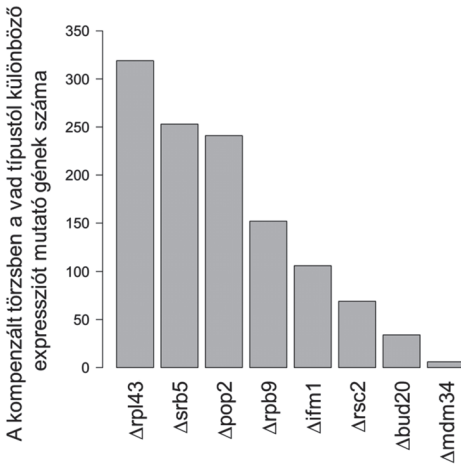
A kompenzáló evolúció következményeinek mélyebb megismeréséhez a korábbi esettanulmányok helyett nagy léptékű, módszeres vizsgálatokra van szükség. Nemrég kollégáinkkal azt a célt tűztük ki, hogy laboratóriumi evolúciós kísérletekben megvizsgáljuk teljes gének elvesztésének kompenzációját, és mindezt több száz génre megismételjük, hogy általános képet kaphassunk a folyamatról (Szamecz et al., 2014). A génvesztés evolúciós kompenzációja különösen érdekes vizsgálati téma, ugyanis ilyenkor nemcsak módosul egy meglévő génfunkció, hanem teljesen el is veszik. Mivel egy elvesztett gén visszaállítása rendkívül valószínűtlen, ezért az evolúciónak más génekben bekövetkező kompenzáló mutációk révén kell csillapítania a rátermettség csökkenését. Munkánk során sörlesztőben (*Saccharomyces cerevisiae*) az összes olyan génkiütött törzset evolváztattuk a laboratóriumban, amely törzsekben az adott gén elvesztése csökkentette az egyedek rátermettségét (a sejtosztódás sebességét), ugyanakkor életképes maradt az organizmus (1. ábra). A laboratóriumi evolúció végén újra megvizsgáltuk a törzseinket. Meglepődve tapasztaltuk, hogy a gének többségének (68%) elvesztését képes volt kompenzálni a sörlesztő, még hozzá egy evolúciós időskálán pillanatnyinak tűnő idő alatt. A kompenzáció mértéke ráadásul igen jelentős volt, a törzsek nagy hányada megközelítette a vad típusú, azaz génvesztésen át nem esett törzs osztódási sebességét.



1. ábra. A kompenzáló evolúció laboratóriumi vizsgálatának sematikus ábrája.

A kezdeti génvesztés a sörlesztő rátermettségének csökkenését okozza. A laborevolúció során kompenzáló mutáció(k) elterjedésével a rátermettség akár a vad típus szintjére is visszaáll.

Tehát a kompenzáció gyakran megtörténhet, gyors folyamat, és nagy mértékben csillapítja a kezdeti fitnesszromlást. Kérdés azonban, hogy milyen hatással lehet a kompenzáció az evolúció menetére. Bár lehet, hogy a rátermettség végül



2. ábra. A kompenzált törzsek génextpressziós mintázata a vad típussal összehasonlítva sok génben nagyarányú változásokat mutat. Az ábra a legalább 1,7-szeres, szignifikáns különbségeket mutató gének számát ábrázolja különböző génesztést elszenvedő evolált törzseken.

Forrás: Szamecz et al., 2014

az eredeti vad típushoz nagyon hasonló értéket vesz fel, a káros és kompenzáló mutációk megjelenése nemcsak genotípusos, hanem fenotípusos változatosságot is eredményezhet. Ez azt jelentheti, hogy a ma megfigyelt változatosság egy része nemcsak az adaptív és neutrális evolúció, hanem a kompenzáló evolúció terméke is lehet.

A kompenzációt mutató törzsek evolúciós elkülönülését először a génszabályozás mint molekuláris fenotípus szintjén vizsgáltuk. A sörélesztő minden egyes génjének expresszióját (kifejeződését) lemértük néhány törzsben, és azt találtuk, hogy a kompenzációt mutató törzsek az eredeti vad típushoz képest nagyon különböző expressziós mintázatot mutatnak, azaz számos gén szabályozása megváltozott a vadhoz képest (2. ábra). Ez az eredmény két fontos tanulsággal is szolgál. Egyrészt

kompenzáció során a sejt nem egyszerűen csak helyettesítette a kieső génfunkciót, hanem olyan új állapotba került, ahol már nincs szükség a kiejtett molekuláris funkcióra. Másrészt az eredmény arra is utal, hogy a sejt génszabályozási „áramkörre” jelentősen átrendeződhet anélkül, hogy evolúciós alkalmazkodás történne új környezethez. Ez utóbbi azért is fontos megállapítás, mert a természetben is jelentős evolúciós változások figyelhetők meg a különböző fajok génszabályozásában (Tirosh et al., 2006; Brawand et al., 2011), s így felmerül a lehetősége annak, hogy részben emögött is kompenzáló evolúció áll. További vizsgálatoknak kell eldönteniük, hogy a laboratóriumi kísérleteinkben megfigyelt génextpressziós változások mennyire képesek leírni a természetben látott mintázatokat. Hasonlóan izgalmas kérdés lesz, hogy a sejt más molekuláris fenotípusait, például metabolikus hálózatának működését, hogyan formálja a kompenzáló evolúció.

Vajon milyen hatással volt a kompenzáló evolúció az élesztőtörzsek rátermettségére eltérő környezetekben? Ha a kompenzáció során tökéletesen sikerült volna helyettesíteni a kieső génfunkciót, akkor azt várnánk, hogy a sejt rátermettsége minden olyan környezetben feljavuljon, ahol a génesztésnek káros hatása volt. E kérdés megválaszolására minden kompenzációt mutató törzsünk osztódási sebességét lemértük tizennégy különböző környezetben (különböző tápanyagok és stressztényezők mellett). Az eredeti tápoldatban ezek a törzsek a vad típusú

osztódási sebességet közelítették meg, ugyanakkor a környezet megváltoztatásával a kompenzáció sokkal változatosabb hatásait találtuk. Míg a környezetek egy részében az eredeti környezethez hasonlóan a kezdeti génvesztés káros hatása enyhült a laborevolúció során, meglepő módon több környezetben ezzel ellentétes hatást láttunk, és a kezdeti káros hatás fokozódott. Ez az eredmény két jelenségre is rámutat. Egyrészt a kompenzált törzsek nagy fenotípusos változatoságot halmoztak fel, ami az eredeti környezetben rejtve maradt, de új környezetekben feltárul. Másrészt az eredmény rávilágít arra, hogy a kompenzáló mutációknak is lehetnek káros mellékhatásai, amelyek egy új környezetben további evolúciós adaptációt indíthatnak el. Ezek alapján felmerül a kérdés: Lehetséges-e, hogy a molekuláris szinten megfigyelt adaptív evolúciós változások jelentős része korábbi mutációk (károsak és előnyösek) mellékhatásainak kompenzációjáról szól (Pavlicev–Wagner, 2012)? Ha ez így volna, az jelentősen átalakítaná a sejt molekuláris hálózatairól alkotott képünket: számos molekuláris részlet csak a hálózat más pontjain bekövetkezett káros hatások ismeretében értelmezhető. A technológiai fejlődésnek köszönhetően, a következő években egyre több információ fog felgyűlni a molekuláris hálózatok fajok közötti és laboratóriumi evolúciójáról, ami segít megválaszolni ezt a kérdést is.

IRODALOM

- Andersson, D. I. – Levin, B. R. (1999): The Biological Cost of Antibiotic Resistance. *Current Opinion in Microbiology*, 2: 489–493. DOI: 10.1016/S1369-5274(99)00005-3
- Brawand, D. – Soumillon, M. – Necsulea, A. et al. (2011): The Evolution of Gene Expression Levels in Mammalian Organs. *Nature*, 478, 343–348. DOI:10.1038/nature10532, https://www.researchgate.net/publication/51731202_The_evolution_of_gene_expression_levels_in_mammalian_organs
- Finnigan, G. C. – Hanson-Smith, V. – Stevens, T. H. et al. (2012): Evolution of Increased Complexity in a Molecular Machine. *Nature*, 481,360–364. DOI:10.1038/nature10724
- Fong, S. S. – Nanchen, A. – Palsson, B. O. – Sauer, U. (2006): Latent Pathway Activation and Increased Pathway Capacity Enable Escherichia Coli Adaptation to Loss of Key Metabolic Enzymes. *Journal of Biological Chemistry*, 281, 8024–8033. DOI: 10.1074/jbc.M510016200, <http://www.jbc.org/content/281/12/8024.full>
- Goncalves, A. – Leigh-Brown, S. – Thybert, D. et al. (2012): Extensive Compensatory Cis-Trans Regulation in the Evolution of Mouse Gene Expression. *Genome Research*, 22, 2376–2384. DOI: 10.1101/gr.142281.112, <https://genome.cshlp.org/content/22/12/2376.long>
- Kern, A. D. – Kondrashov, F. A. (2004): Mechanisms and Convergence of Compensatory Evolution in Mammalian Mitochondrial tRNAs. *Nature Genetics*, 36, 1207–1212. DOI:10.1038/ng1451, <https://www.nature.com/articles/ng1451>
- Kimura, M. (1968): Evolutionary Rate at the Molecular Level. *Nature*, 217, 624–626. DOI:10.1038/217624a0, <http://www.sns.ias.edu/~tlusty/courses/landmark/Kimura1968.pdf>
- Lynch, M. (2007): The Frailty of Adaptive Hypotheses for the Origins of Organismal Complexity. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104, 8597–8604. DOI: 10.1073/pnas.0702207104, http://www.pnas.org/content/104/suppl_1/8597.long

- Mcmanus, C. J. – May, G. E. – Spealman, P. – Shteyman, A. (2014): Ribosome Profiling Reveals Post-Transcriptional Buffering of Divergent Gene Expression in Yeast. *Genome Research*, 24, 422–430. DOI: 10.1101/gr.164996.113, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3941107/pdf/422.pdf>
- Pavlicev, M. – Wagner, G. P. (2012): A Model of Developmental Evolution: Selection, Pleiotropy and Compensation. *Trends in Ecology & Evolution*, 27, 316–322. DOI: 10.1016/j.tree.2012.01.016
- Szamecz B. – Boross G. – Kalapis D. et al. (2014): The Genomic Landscape of Compensatory Evolution. *Plos Biology*, 12, E1001935. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001935, <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001935>
- Tirosh, I. – Weinberger, A. – Carmi, M. – Barkai, N. (2006): A Genetic Signature of Interspecies Variations in Gene Expression. *Nature Genetics*, 38, 830–834 DOI:10.1038/ng1819

A DEMOKRÁCIA MINT A TÚLÉLÉS TÖBBMILLIÁRD ÉVES EVOLÚCIÓS ESZKÖZE¹

DEMOCRACY AS A SUCCESSFUL EVOLUTIONARY SURVIVAL STRATEGY

Csermely Péter

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Patobiokémiai Intézet
csermely.peter@med.semmelweis-univ.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A komplex rendszerek (és hálózatos modelljeik) tanulási folyamatai, illetve az ezeket létrehozó „döntéshozatali” mechanizmusok számos tudományág igen forrongó területévé váltak. A cikk arra hoz meggyőző példákat, hogy a szerveződési szintek igen változatos formáit képviselő komplex rendszerek (így a fehérjék, a sejtek, az idegrendszer és a társadalom) mind-mind kétféle, egymástól markánsan különböző választ adnak akkor, ha 1.) a komplex rendszer egy visszatérő, ismétlődő, ismert helyzetbe kerül, ahol egy begyakorolt válasz gyors és hatékony megisméltése a cél; vagy akkor, ha 2.) a komplex rendszer egy új helyzetre kell hogy választ találjon. A begyakorolt válaszokat a komplex rendszert leíró hálózat magja kódolja, amely a hálózatnak egy központi, egymáshoz nagy élsúllyal, sűrűn kapcsolódó nóduscsoportja. Az új válaszok kialakításához azonban a hálózat periferiáján elhelyezkedő nódusok új keresztkapcsolataira is szükség van. A cikkben leírtak alapján kimondható, hogy a deliberatív demokrácia nem morális alapállás kérdése, hanem az evolúció hosszú évmilliárdjai által kikísérletezett és a biológiai rendszerekbe kódolt sikeres válaszforma.

ABSTRACT

Learning and adaptation mechanisms of complex systems (and their network descriptions) gained increasingly intensive recent attention. This paper lists a number of salient examples showing that complex systems at various levels of organization (such as proteins, cells, neuronal and social networks) all display markedly different responses in case of re-occurring and novel stimuli. Prior experience requires a fast and efficient response. This is encoded by the strongly connected nodes of the network core. Responses to novel stimuli require the novel, creative cross-links of the weakly connected network periphery. The paper demonstrates that deliber-

¹ A cikk angol változata itt érhető el: Csermely, Péter (2018): The Wisdom of Networks: A General Adaptation and Learning Mechanism of Complex Systems. The Network Core Triggers Fast Responses to Known Stimuli; Innovations Require the Slow Network Periphery and Are Encoded by Core-remodeling. *BioEssays* 40, 1, 201700150. DOI: 10.1002/bies.201700150

ative democracy is not only a moral standpoint, or a social decision making technique, but a learning strategy, which developed as the success of a billion-year evolution, and which became encoded to our cells.

Kulcsszavak: adaptáció, deliberatív demokrácia, döntéshozatali mechanizmus, hálózatok, komplex rendszerek, tanulás

Keywords: adaptation, deliberative democracy, decision making, networks, complex systems, learning

BEVEZETÉS

A bennünket körülvevő, illetve minket alkotó komplex rendszereknek a környezetük változásaihoz alkalmazkodó adaptációs (tanulási) folyamatai, illetve az ezeket létrehozó „döntéshozatali” mechanizmusok napjainkban számos tudományág igen „forrongó” területévé váltak. A komplex rendszerek egyik leírási módja a hálózatos leírás, amelyben a komplex rendszer alkotórészeit mint egy hálózat nódusait fogjuk fel, és definiáljuk a közöttük lévő kapcsolatrendszer (Csermely et al., 2013a).

Cikkemben arra fogok néhány meggyőző példát hozni, hogy a szerveződési szintek igen változatos formáit képviselő komplex rendszerek (így a fehérjék, a sejtek, az idegrendszer és a társadalom) mind-mind kétféle, egymástól markánsan különböző választ adnak akkor, ha 1.) a komplex rendszer egy visszatérő, ismétlődő, ismert helyzetbe kerül, ahol egy begyakorolt válasz gyors és hatékony megismétlése a cél; vagy akkor, ha 2.) a komplex rendszer egy új helyzetre kell hogy választ találjon. Az elmúlt néhány évben adatok sokasága valószínűsítette, hogy a begyakorolt válaszokat a komplex rendszert leíró hálózat magja kódolja. A hálózatos mag a hálózatnak egy központi, egymáshoz nagy élsúllyal, sűrűn kapcsolódó nóduscsoportja. (A hálózatos mag matematikai definícióját e közleményünkben foglaltuk össze: Csermely et al., 2013b.)

Az új válaszok kialakításához azonban a hálózatos mag „tudása” a legtöbb esetben nem elég, arra a hálózat periferiáján (azaz a maghoz szorosan kapcsolódó, de egymással nem annyira összekötött nódusok csoportjában) elhelyezkedő nódusokra is szükség van. A cikk példái szemléletesen mutatják meg, hogy új helyzet esetén a hálózat „tudásának” (szinte) egészét mozgósító válaszkeresés a biológiai rendszerek (például az agy) szintjén is igen hasonló a deliberatív (diskurzív) demokrácia sok esetben lassú, de kreatív, és az új helyzetre az adekvát választ a hierarchikusan irányított rendszernél sokkal nagyobb eséllyel megtaláló mechanizmusához.

A cikkben leírtak alapján kimondható, hogy a deliberatív demokrácia nem morális alapállás kérdése, hanem az evolúció hosszú évmilliárdjai által kikísérletezett, és a biológiai rendszerekbe kódolt sikeres válaszforma. Az előző mondatban a deliberatív jelző rendkívül fontos. A deliberációnak a különböző véleményeket tisztelő, megérteni vágyó és mérlegelő magatartásformája ugyanis messze nem keverhető össze a többség „demokratikus döntésével”, különösen akkor nem, ha ez a „döntés” a vélemények és a megoldási javaslatok tényleges ismerete, megértése és mérlegelése nélkül leadott szavazatok formájában valósult meg. A leegyszerűsített szavazatok vagy a változatos módon értelmezett „identitások” alapján leadott szavazatokon alapuló döntéshozatali forma *nem* egyezik meg az evolúció során kialakult, sikeres válaszkeresés mechanizmusával, hanem annak ellentmond.

A KOMPLEX RENDSZEREK VÁLASZAI ATTRAKTOROKBA SZERVEZŐDNEK A TANULÁS SORÁN

Stuart Kauffman 1969-ben fedezte fel, hogy a komplex rendszerek válaszhelyei néhány stabil állapotba, úgynevezett „attraktorba” szerveződnek (Kauffman, 1969). Az attraktorok nemcsak stabil pontok, hanem ciklikus, illetve bonyolultabb módon állapotok egy szűkebb csoportját bejáró állapotosorok is lehetnek. Az elmúlt évtizedekben kiderült, hogy a legtöbb komplex rendszer az elérhető milliárdnyi állapotainak csak egy elképesztően szűk részében tartózkodik az idő jelentős részében, azaz csak néhány attraktora van. A fehérjék konformációi, a sejtek alapvető viselkedési formái (fenotípusai), az agyunk gondolatai mind-mind attraktoroknak tekinthetők. Ha ez a jelenség nem lenne, azaz a komplex rendszerek egymáshoz hasonló valószínűséggel állapotok milliárdjait lennének képesek felvenni, akkor nem alakult volna ki a tudomány sem mint emberi megismerési forma, hiszen nem lennének olyan megfigyeléseink, amelyeket a vizsgált rendszerek megbízhatóan reprodukálnának.

John Hopfield 1982-ben bizonyította, hogyha egy hálózatos szerkezet a Hebb-féle tanulási szabályt alkalmazza (amely a válaszban gyakran használt hálózatos nódusok közötti kapcsolatot erősíti, a többi kapcsolatot pedig gyengíti), akkor attraktorokat fejleszt ki, illetve mélyít el (Hopfield, 1982). Azóta a tanulásal attraktorokat kifejlesztő, úgynevezett „attraktorhálózatok” vizsgálatára egy egész tudományterület szerveződött.

AZ ATTRAKTOROKAT A KOMPLEX RENDSZEREKET LEÍRÓ HÁLÓZATOK MAGJA KÓDOLJA

Az elmúlt néhány évben Albert Réka és Atsushi Mochizuki csoportjából számos olyan munka jelent meg, amelyik bizonyította, hogy a komplex rendszerek attraktorait a rendszereket leíró hálózat erősen összefüggő komponensében elhe-

lyezkedő nódusok határozzák meg (Fiedler et al., 2013; Saadatpour et al., 2013). A hálózat erősen összefüggő komponense (azaz egy irányított hálózat azon nódusainak halmaza, ahol bármely nódus bármely másik nódusból elérhető) a hálózat magjával azonos.

KOMPLEX RENDSZEREK ELTÉRŐ VÁLASZKERESÉSI MÓDJA SZOKVÁNYOS ÉS ÚJ HELYZETBEN

Cikkem legfontosabb állításai a következők. 1.) A komplex rendszert érő környezeti inger a hálózat perifériájából igen gyorsan a hálózat magjába vezetődik. 2.) A komplex rendszer által korábban már ismert helyzetben a magban az inger azt a nóduscsoportot aktiválja, amelynek tagjai korábban már úgy kapcsolódtak össze egymással és a környezetükkel, hogy az erre a helyzetre adott választ kódolták. A nóduscsoport az egész hálózatot (és így a hálózattal jellemzett komplex rendszert) egy adott attraktorába billenti, amely igen erősen, igen hatékonyan és igen gyorsan mobilizálja az adott helyzetre korábban már megtanult választ. 3.) A komplex rendszer által korábban még nem ismert helyzetben a magban az inger számos olyan nóduscsoportot aktivál, amelyek a komplex rendszert különböző attraktorokba akarják vinni. Az attraktorok által kódolt válaszok egymással vetélkednek, így a komplex rendszer egészének a szintjén észrevehetően erős, gyors válasz nem alakul ki. A hálózatos magba került környezeti inger egy idő után újra a perifériára kerül, ahol a periféria olyan részeit is összekötheti egymással, amelyek egymással eddig nem voltak kapcsolatban. Az átalakuló periféria – ismétlődő inger esetén és sokszor a mag néhány nódusával együtt – részt vesz a rendszer új választ jelentő új attraktorának a kialakításában és kódolásában. Az új választ (új attraktort) kódoló perifériális nódusok belépnek a hálózat magjába, és annak részévé válnak.

Ennek az elképzelésnek a matematikai tisztaságú bizonyításán jelenleg dolgozunk. A cikkem következő részében néhány olyan példát mutatok be, amelyek erősen alátámasztják, hogy a szerveződési szintek igen változatos formáit képviselő komplex rendszerek, így a fehérjék, a sejtek, az idegrendszer és a társadalom az itt leírt módon válaszolnak ismert, illetve új helyzetekre.

PÉLDÁK KOMPLEX RENDSZEREK ELTÉRŐ „DÖNTÉSI” MECHANIZMUSAI RA SZOKVÁNYOS ÉS ÚJ HELYZETEKBEN

Az első példám a fehérjék példája. A fehérjék jelentős része esetén az információt az evolúció már korábban kódolta, azaz azok a fehérjék nincsenek már jelen, amelyek nem adtak optimális választ. A létező fehérjék sokaságára különböző módszerekkel bizonyítani lehetett azt, hogy a magjukban van egy olyan aminosavcsop-

port, amely a fehérjének az evolúció során kialakult „fogadó helyeire” (például ligand-kötő helyére, aktív centrumába, allosztérikus aktivátor és inhibitor kötő helyére stb.) érkező jeleket „begyűjti”, és igen gyorsan, igen hatékonyan, valamint igen szelektív (anizotrop) módon továbbítja. Ezzel szemben, ha a környezet bármely más aminosavval közöl energiát, akkor az az energia csak igen lassan és minden irányba egyformán történő passzív disszipációval adódik át. Olyan esetek is előfordulnak, amikor a fehérje magjának aminosavai úgy adják át egymásnak az energiát, hogy a köztük lévő aminosavakat kihagyják, és energiátranzfer jelensége lép fel. Izgalmas jelenség, hogy allosztérikus aktiváció esetén a fehérje magja tömörebbé válik, és ezzel a fehérjeszerkezetbe kódolt energiaátadás még gyorsabban, még hatékonyabban valósul meg (Li et al., 2014). Ezt a folyamatot tekinthetjük az allosztérikus aktiváció szerkezeti hátterének.

A fehérjék azonban nemcsak az evolúció során megmaradt példányaikkal tudják kódolni a környezet által igényelt válaszokat, hanem „konformációs memóriával” is rendelkeznek. Nagy öröm a számomra, hogy ennek egyik első leírását Tompa Péternek és a néhai Friedrich Péternek köszönhetjük, akik 1998-ban a prion fehérjéknek az agy memóriájának a kialakulásában való részvételét valószínűsítették (Tompa–Friedrich, 1998). Azóta a rendezetlen fehérjék egész soráról bizonyosodott be, hogy részt vesznek mind a sejtes szintű, mind az idegrendszerben kódolt memória kialakításában. A memória kialakítása során a rendezetlen fehérjeszakasz részben rendeződik, és ezáltal perifériaszerű elhelyezkedésből megszerű elhelyezkedésbe kerül a fehérjét leíró hálózatban.

A mag-periféria megkülönböztetések a sejteken belül található hálózatokra is igazak. Példaként a sejtek metabolizmusát leíró hálózatnak is van egy magja, amely a sejt általános túléléséhez szükséges központi metabolizmust kódolja. A metabolikus magban csak igen kevés enzim vesz részt. A sejt DNS-ében kódolt enzimek többsége csak bizonyos környezeti körülmények között aktív, és a metabolikus hálózat perifériáján helyezkedik el.

Padisák Judit 1992-ben írta le, hogy az ökológiai rendszerek kétfajta memóriával és ellenálló képességgel rendelkeznek. Az egyik a gyakran előforduló környezeti változásokra ad egy stabil, megbízható választ, a másik pedig a változatos, újonnan létrejövő környezeti változásokra tartalékol különböző válaszokat (Padisák, 1992). Azóta ezt a kettősséget számos más kutató is megerősítette.

Az elmúlt két évben Buzsáki György és mások csoportjaiból származó cikkek igen szép sora tisztázta, hogy az agy neuronjai is egy hálózatos magot képeznek akkor, amikor rögzítenek egy megtanult választ. Példaként a *Tritonia gilberti* tengeri csiga menekülési reflexét néhány szorosan kapcsolódó, hálózatos magot alkotó idegsejtje kódolja. Megismételt, menekülést kiváltó inger esetén további idegsejtek kapcsolódnak ehhez a maghoz, ami a menekülési válasznak mind az erősségét, mind pedig a gyorsaságát megnöveli (Hill et al., 2015). Ugyanígy a patkány vagy az egér agyának hippocampus régiójában a tartózkodási hely fel-

ismerésének megtanulása során a plasztikus, addig a többi idegsejttel nem egy időben és általában lassan aktiválódó idegsejtek a többi idegsejttel egy időben és gyorsabban aktiválódó idegsejteké válnak (Grosmark–Buzsáki, 2016). A memória felidézése a tanulás során hálózatos maggá összekapcsolt idegsejtcsoportokat aktivál.

Daniel Kahneman Nobel-díjas pszichológusnak magyarul 2013-ban jelent meg a *Gyors és lassú gondolkodás* című könyve (Kahneman, 2013). A könyv pszichológiai megfigyelések alapján azt foglalta össze, hogy az emberi gondolkodás is két fajtára osztható. Egyrészt kerülhetünk olyan helyzetbe, amelyet egyértelműen azonosítunk, és már régről ismerünk: erre reflexből, gyorsan válaszolunk. Másrészt kerülhetünk olyan helyzetbe, ami vagy új, vagy nem értjük, vagy lenne ugyan rá válaszunk, de az nem egyértelmű vagy tilos. Ez az utóbbi helyzet egy elgondolkodó, sok információt feldolgozó, mérlegelő, adott esetben másokat megkérdező, de mindenképpen lassú választ indukál.

Az utolsó példám a társadalmi hálózatok példája. Hangyacsoportokon, halrajokon és mindenféle más állatok csoportjain is bizonyították, hogy a csoport nagyobb részének vagy egészének az együttműködésére van szükség a jó megoldás megtalálásához akkor, amikor a feladat bonyolult. Ezzel szemben az egyszerű feladatokat egyetlen hangya sokkal nagyobb valószínűséggel tudja jól megoldani, mint egy nagyobb csoport. A társadalmi hálózatokban a társadalmi elit az, amelyik a szorosan kapcsolt magot alkotja. A véleményformálók magja egyszerű, egyértelmű helyzetekre sok esetben egyformán válaszol. Gyökeresen új helyzetek azonban különböző válaszokat hívnak elő. Ezek között nyilván vannak kevésbé optimális megoldások is. Az elmúlt években számos bizonyíték látott napvilágot arra, hogy ilyenkor a közösség egésze nagy hatékonysággal ki tudja, és ki is szokta javítani a téves megoldásokat.

KOMPLEX RENDSZEREK ÚJ VÁLASZAIT GENERÁLÓ LEHETSÉGES HÁLÓZATOS MECHANIZMUSOK

Hogyan tud a hálózatok perifériája hozzájárulni egy kreatív, új válasz kialakulásához? Hogyan kódolódik az új válasz a hálózat szerkezetében? Henri Poincaré igen szép választ adott ezekre a kérdésekre, amikor leírta, hogy a gondolatok kombinációiból azok lehetnek igazán újak és kreatívak, amelyek az emberiség addigi gondolkodásában egymástól távoli ismereteket kötnek újonnan össze (Poincaré, 1908). Ezzel összhangban a ritkán együtt emlegetett témák összekötése mind a Twitteren, mind a Facebookon sokkal nagyobb figyelmet kelt, mintha olyan témákat kötöttek volna össze, amelyek amúgy is gyakran fordultak elő együttesen. Tovább erősítve ugyanezt, embercsoportok más és másféleképp való összekötése bizonyított módon sokkal kreatívabb megoldásokat ad, mintha ez egész embercsoport végig együtt gondolkodott volna.

A hálózatos mag konfliktusait a Twitteren, a telefonhálózatokban, de még halrajokban is a mag csomópontjait összekötő hidak próbálják meg mediálni. Ezek a hidak lesznek legtöbbször az innovátorok azért, mert őket nem kötik a társadalmi csoportok normái. Ezzel ellentétben a társadalmi csoportok középpontjai általában nem innovátorok, mert tartanak attól, hogy nem lesznek majd középpontok (azaz a csoport magjának a részei), ha majd valami egészen más helyzet alakul ki az innováció miatt.

Az új információt általában a hálózatos mag új konfigurációja kódolja. Az új válasz kódolása során néhány, korábban a perifériához tartozó nódus bekerül a magba. Ezzel párhuzamosan néhány, korábban a magba tartozó nódus esetleg kiesik a magból. Így tehát az új információ kódolása a régebbi információ háttérbe szorulásával (a felejtéssel) is együtt járhat.

A LEÍRT ÁLTALÁNOS ADAPTÁCIÓS (TANULÁSI) MECHANIZMUS KORLÁTAI ÉS LEHETSÉGES ALKALMAZÁSAI

A komplex rendszerek igen sok szerveződési szintjén érvényes gondolatmenete alól vannak kivételek. A hálózatos mag például szupermerev lehet, és ezáltal mesterségesen lelassított válaszokat adhat. Ennek a bürokrácia egy kivételesen „szép” esete. A hálózatos mag több részből is állhat (Csermely et al., 2013b). A kezdeti elnagyolt, de gyors választ egy későbbi, lassú válasz pontosíthatja (Kahneman, 2013). Az új válasz kódolása sok, ismételt tanulási cikluson át valósulhat meg, és így tovább. A leírt adaptációs, tanulási mechanizmus hozzásegíthet a sejttes jelátvitel, a tanulási és döntéshozatali mechanizmusok pontosabb megértéséhez, valamint az új mesterséges intelligencia, robotrajvezérlés, internetes elosztó és gyógyszertervezési eljárások tervezésében is hasznos lehet (Csermely et al., 2013a).

ÖSSZEZÉS

Cikkem fő mondanivalóját három gondolatban lehet összegezni. 1.) A korábban optimalizált válaszok attraktorait a komplex hálózatok magjának egymással átfedő nóduscsoportjai kódolják. A már ismert helyzetekre a hálózat magja gyors és hatékony választ ad. 2.) Az új helyzetek kreatív megoldásához ez nem elég, kell a hálózat perifériájának tudása is. Ez új választ, új attraktort alakít ki. Az új attraktort kódoló nódusok az új helyzet ismétlődése esetén a hálózatos mag részévé válnak. 3.) Mindezek a mechanizmusok úgy tűnik, hogy általánosak a komplex rendszerek számos szerveződési szintjén.

A fentiekből következik, hogy a deliberatív demokrácia nem pusztán egy morális alapállás, avagy egyike a sok döntési technikának, hanem az evolúció által a sejtjeinkbe kódolt olyan parancs, amely egy igen sikeres válaszkeresési mechanizmust rögzített új, eddig még nem tapasztalt helyzetek megoldására. A történelem bizonyos korszakaiban (például középkor) gyökeresen új helyzetek viszonylag ritkán adódtak. Nem is volt nagy szükség demokratikus berendezkedésű államokra. A 21. század azonban nem ilyen. Az emberiség ma korábban soha nem látott kihívások elé néz, amelyek – ráadásul – évtizedről évtizedre, de lassan már évről évre változnak. Mindehhez szükség van arra, hogy az a társadalom, amelyik túl akarja élni a 21. századot, egymás gondolatait tisztelő, abból tanulni vágyó, a közös megoldások kimunkálására kész emberekből és embercsoportokból álljon. Ehhez ma is jó útravalót adnak Széchenyi Istvánnak 1826. december 10-én a naplójában megfogalmazott gondolatai: „Nem, mi nem születünk reformátoroknak, előbb mi magunkat kell megreformálnunk. Látogatnunk kell az alázat, az önmegtartóztatás iskoláját.”

A szerző köszönetet mond a hálózatos LINK kutatócsoport (URL1) tagjainak azért a pezsgő szellemi életért, amely a cikkben összefoglalt gondolatok megszületéséhez nagyban hozzájárult, valamint Patthy Lászlónak, Simon Istvánnak és ifj. Tusnády Gábornak a Magyar Tudományos Akadémia Bioinformatikai Osztályközi Bizottsága és a Magyar Bioinformatikai Társaság 2016. november 10-i tudományos ülésének megszervezéséért, ahol e közlemény anyaga előadás formájában elhangzott. A kutatást az NKFIH/OTKA K-115378-as számú pályázata támogatta.

IRODALOM

- Csermely P. – Korcsmáros T. – Kiss H. J. et al. (2013a): Structure and Dynamics of Molecular Networks: A Novel Paradigm of Drug Discovery. *Pharmacology and Therapeutics*, 138, 3, 333–408. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2013.01.016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC23384594/>
- Csermely P. – London, A. – Wu, L. Y. et al. (2013b): Structure and Dynamics of Core-periphery Networks. *Journal of Complex Networks*, 1, 2, 93–123. DOI: 10.1093/comnet/cnt016, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1309/1309.6928.pdf>
- Fiedler, B. – Mochizuki, A. – Kurosawa, G. et al. (2013): Dynamics and Control at Feedback Vertex Sets. II: Informative and Determining Nodes in Regulatory Networks. *Journal of Dynamics and Differential Equations*, 25, 3, 563–604. DOI: 10.1007/s10884-013-9312-7, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022519313002816?via%3Dihub>
- Grosmark, A. D. – Buzsáki, G. (2016): Diversity in Neural Firing Dynamics Supports Both Rigid and Learned Hippocampal Sequences. *Science*, 351, 6280, 1440–1443. DOI: 10.1126/science.aad1935, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4919122/pdf/nihms788765.pdf>

- Hill, E. S. – Vasireddi, S. K. – Wang, J. et al. (2015): Memory Formation in *Tritonia* via Recruitment of Variably Committed Neurons. *Current Biology*, 25, 22, 2879–2888. DOI: 10.1016/j.cub.2015.09.033, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4654661/pdf/nihms724117.pdf>
- Hopfield, J. J. (1982): Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective, Computational Abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 79, 8, 2554–2558. DOI: 10.1073/pnas.79.8.2554, <http://www.pnas.org/content/pnas/79/8/2554.full.pdf>
- Kahneman, D. (2013): *Gyors és lassú gondolkodás*. Budapest: HVG Könyvek Kiadó
- Kauffman, S. (1969): Homeostasis and Differentiation in Random Genetic Control Networks. *Nature*, 224, 5215, 177–178. DOI: 10.1038/224177a0, https://www.researchgate.net/publication/17824699_Homeostasis_and_Differentiation_in_Random_Genetic_Control_Networks
- Li, G. – Magana, D. – Dyer, R. B. (2014): Anisotropic Energy Flow and Allosteric Ligand Binding in Albumin. *Nature Communications*, 5, 3100. DOI: 10.1038/ncomms4100, <https://www.nature.com/articles/ncomms4100.pdf>
- Padisák J. (1992): Seasonal Succession of Phytoplankton in a Large Shallow Lake (Balaton, Hungary) – A Dynamic Approach to Ecological Memory, Its Possible Role and Mechanisms. *Journal of Ecology*, 80, 2, 217–230. DOI: 10.2307/2261008, <https://goo.gl/vCqzS5>
- Poincare, H. (1908): *Foundations of Science*. New York: The Science Press, <https://archive.org/details/foundationsscie01poingooog>
- Saadatpour, A. – Albert, R. – Reluga, T. (2013): A Reduction Method for Boolean Network Models Proven to Conserve Attractors. *SIAM Journal on Applied Dynamical Systems*, 12, 4, 1997–2011. DOI: 10.1137/13090537X, <https://www.math.psu.edu/treluga/Saadatpour2013.pdf>
- Tompa P. – Friedrich P. (1998): Prion Proteins as Memory Molecules: An Hypothesis. *Neuroscience*, 86, 4, 1037–1043. DOI: 10.1016/S0306-4522(98)00148-1, https://www.researchgate.net/publication/13588381_Prion_proteins_as_memory_molecules_An_hypothesis

URL1: <http://linkgroup.hu>

A POLARIZÁLT SEJTNÖVEKEDÉS ÉS A SEJTCIKLUS KAPCSOLATA

COORDINATION BETWEEN POLARISED CELL GROWTH AND CELL CYCLE

Csikász-Nagy Attila

egyetemi docens, Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Kar,
Randall Division of Cell and Molecular Biophysics and Institute for Mathematical and Molecular Biomedicine,
King's College London, UK
csikasz-nagy.attila@itk.ppke.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A sejtpolaritás létrehozását és fenntartását szabályozó molekuláris hálózat nagymértékben konzervált az eukariótákban. Számításos rendszerbiológiai módszerekkel vizsgáljuk a *Schizosaccharomyces pombe* hasadó élesztő sejtpolarizációt szabályozó hálózatát. Az *S. pombe* a sejtciklus G1 fázisában csak az egyik végén növekszik, míg G2 fázisban egy második növekedési zónát is elindít, így ideális tesztorganizmusként szolgálhat a sejtciklus és a sejtpolaritás szabályozó hálózatai közötti kapcsolat megértéséhez. Parciális differenciálegyenleteket írtunk fel a sejtpolaritást szabályozó kulcsmolekulák tér- és időbeli lokalizációjára és aktivitására, hogy megértsük, milyen típusú visszacsatolási hurkok fontosak a polarizált növekedés sejtciklusfüggő változásaihoz. Megállapítottuk, hogy az *S. pombe* polaritás-szabályozó rendszere egy térbeli gradiensthez kapcsolódó Turing-mintázatot kialakító hálózaton alapul. A továbbiakban a sejtciklust és a sejtpolaritást vezérlő fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatot analizáltuk, és ez alapján azonosítottunk új molekulákat, amelyek fontos szerepet játszanak a két biológiai folyamat összekapcsolásában.

ABSTRACT

The molecular regulatory network that regulates cell polarity establishment and maintenance is well conserved in eukaryotes. We investigate this system by computational systems biology approaches based on data from the fission yeast *Schizosaccharomyces pombe*. This organism is growing only at one end in G1 phase, but turns on a second growth zone in G2 phase, so it can serve as an ideal testbed for understanding the coupling between the cell cycle and cell polarity networks. We wrote partial differential equations to describe the spatiotemporal localization and activity of the key molecules regulating cell polarity to understand what type of feedback loops are important for the cell cycle dependent changes in polarized growth. We found that the polarity control system of *S. pombe* is based on a Turing-pattern generating network coupled to a spatial gradient. We went further and analysed the protein-protein interaction network controlling the cell cycle and cell polarity to identify new factors that are important in the coupling between these processes.

Kulcsszavak: rendszerbiológia, matematikai modellezés, hálózatok, sejt polarizáció, sejt ciklus, mintázatok kialakulása

Keywords: systems biology, mathematical modelling, networks, cell polarity, cell cycle, pattern formation

ELŐZMÉNYEK

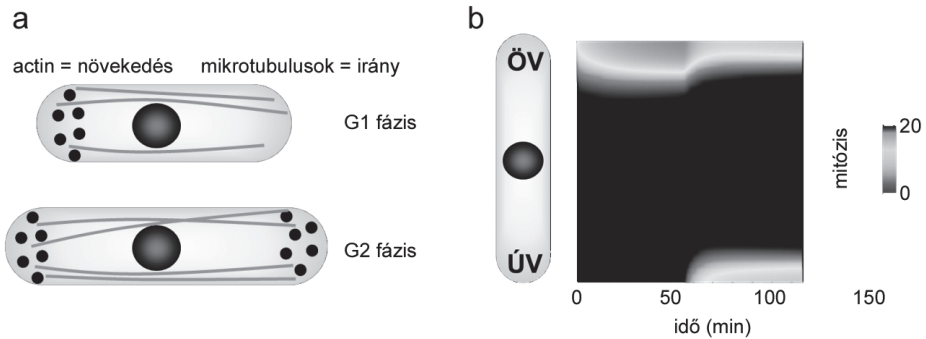
Számtalan sejt típusnál megfigyelhető az egyes sejtstruktúrák polarizált lokalizációja. Neuronok, hámszöveti sejtek, makrofágok és egysejtű organizmusok is képesek a sejtmembrán egy adott zónájára lokalizálni bizonyos molekulákat (Nelson, 2003). Ezek a molekulák fontosak lehetnek irányított kommunikáció, mozgás vagy polarizált növekedés szabályozásában. A rúd alakú hasadóélesztő-sejtek a növekedési zónájukat lokalizálják a rúd végeire, és csak itt nőnek (Mitchison–Nurse, 1985). Méghozzá a sejt ciklus G1 fázisában csak azon a végen nőnek, amelyik már létezett az előző hasadási sejtosztódás előtt (ún. öreg vég – ÖV), és a G2 fázis kezdetekor aktiválják csak az új véget (ÚV), és egészen a mitózisig mindkét végen nőnek (*I. ábra*). A növekedésért a lokalizáltan polimerizált aktin felelős, míg a pontos lokalizációért a mikrotubulusokon szállított fehérjekomplexek felelnek. Érdeemes megjegyezni, hogy a legfontosabb szabályozó fehérjék, amelyek felelősek a lokalizációért, konzerváltak az eukarióták között (Nelson, 2003). A sejt polarizációt szabályozó molekulák kölcsönhatásai nagymértékben ismertek, de a rendszer működését, különösképpen, hogy a polarizált növekedési minták mitől változnak meg a sejt ciklus előrehaladtával, még nem értjük (Csikász-Nagy et al., 2013). Az alábbiakban bemutatjuk, hogy a szabályozó hálózat különböző szintű matematikai modelljei hogyan segíthetnek bennünket közelebb kerülni a rendszer megértéséhez.

SZÁMÍTÁSOS MEGKÖZELÍTÉSI MÓDSZEREK

A számítási rendszerbiológia módszereinek alkalmazásával vizsgálni tudjuk, hogy a kísérletes alapon feltételezett szabályozó hálózatok milyen dinamikai viselkedéshez vezethetnek, és ezek mennyire egyeznek más, független kísérletes eredményekkel (Kitano, 2002; Nurse, 2003). Matematikai modellekkel összefoglalhatjuk eddigi tudásunkat, és vizsgálhatjuk, hogy az így megalkotott modellek mennyire képesek leírni a valóságot. A modell egyezése a kísérlettel a rendszer megértését segítheti, míg ha a modell csak részben egyezik a kísérletekkel, akkor predikciók, jóslások megalkotásában és a további kísérletes munka tervezésében segíthet (Gunawardena, 2014). A biológiai rendszerek vizsgálatához az ismert molekuláris kölcsönhatások hálózata alapján egy egyenletrendszert állítunk fel. Az egyenleteket szimulációkkal és a dinamikai

rendszerek vizsgálati módszereivel elemezzük, és ezáltal megpróbáljuk megérteni a sejtek fiziológiai viselkedését.

A sejt polarizáció modellezésekor nemcsak a molekulák aktivitásának időbeni változásait próbáljuk leírni, hanem a molekulák térbeni mozgását is. Ehhez parciális differenciálegyenleteket használunk, így komplexebb számítási feladatot kell megoldanunk, de a reakciókban részt vevő molekulák aktivitását térben és időben is jóslni tudjuk.



1. ábra. Hasadó élesztő növekedési mintázata (a) és a rendszer matematikai modelljének szimulációja (b), ahol egy autokatalitikusan polimerizálódó növekedést serkentő fehérjekoncentráció eloszlása van jelölve az idő és az egydimenzióssá egyszerűsített tér függvényében. A G1 fázisban a sejt csak az öreg végén (ÖV) nő, amelyik vég már jelen volt az anyasejtben is. Az utolsó osztódásnál keletkezett új vég (ÚV) csak G2 fázisban kapcsol be, amikor a sejt elért egy kritikus méretet.

A HASADÓ ÉLESTŐ SEJTPOLARIZÁCIÓJÁNAK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

A hasadóélesztő-sejtek sejtciklusa és sejtnövekedési mintázata összekapcsoltságának a vizsgálatára kidolgoztunk egy reakció-diffúziós matematikai modellt (Gierer–Meinhardt, 1972; Turing, 1952), amelyben lassan diffundáló autokatalitikusan polimerizálódó, szubsztrát limitált fehérjekomplexek indukálják a sejtnövekedést (Csikász-Nagy et al., 2008). Ez a parciális differenciálegyenletekkel definiált matematikai modell képes szimulálni az egyirányú növekedésből a kétirányú növekedésre váltást (*1.b ábra*), és különböző mutánsok fenotípusát is helyesen írja le. Modellünkkel azt is megállapítottuk, hogy a sejteknek a kritikus méretet el kell érniük a kétirányú növekedés aktiválásához, és ez a kritikus méret a szabályozó molekulák diffúziójától is nagymértékben függ. A későbbiekben kísérletes együttműködő partnereinkkel közösen megállapítottuk, hogy a sejtek végén a szabályozó molekulák nagyméretű fehérjeklasztereket képeznek, és ezek kialakulásáért a modellünkben feltételezett autokatalitikus asszociáció a felelős (Dodgson et al., 2013).

2012-ben felfedezték, hogy a váltás egyirányúról kétirányú növekedésre nem mindig pontosan történik meg. A sejtek negyedénél megfigyelték, hogy a váltás előtt a két vég között oszcillál a növekedés indításáért felelős jelátviteli útvonal egyik kulcsmolekulájának, a Cdc42-nek az aktivitása (Das et al., 2012). Ezután az átmeneti állapot után stabilizálódik a mindkét végen növekedő mintázat, azonban az oszcillációk jelenléte arra engedett következtetni, hogy egy sejt-polarizációt gátló molekula is fontos szerepet tölt be a mintázat kialakulásáért felelős molekuláris hálózatban. Ezen a gátló molekulán keresztül egy negatív visszacsatolási hurok jöhet létre, ahol a növekedés aktivátora serkenti a gátló molekulát is, amely visszahat, és gátolja az aktivátort. Ilyen aktivátorgátló molekulapárokat feltételezett Alan Turing is eredeti munkájában (Turing, 1952) mint a mintázatképződés alapmechanizmusának szabályozóit. Maitreyi Das és munkatársai (2012) azonban nem találták meg, hogy milyen molekula lehet felelős ezért a gátlásért, így egy késleltetett negatív visszahatással modellezték a rendszert.

Az eredeti modellünket (Csikász-Nagy et al., 2008) több lépésben továbbfejlesztettük, és Das és munkatársai (2012) kísérletes eredményei alapján kiegészítettük a szimpla autokatalitikus aktivátort egy inhibitorral. Modellünk alapján megállapítottuk, hogy G1 fázisban, amikor csak az egyik végén nő a sejt, a gátló molekula úgy is ki tudja fejteni hatását, ha legnagyobb mennyiségben a sejtek nem növekedő végén van jelen. Modellünk alapján az feltételezhető, hogy a gátló molekula csak a növekedő végén aktív, miközben nagyobb mennyiségben van jelen a nem növekedő végén, de itt inaktív formában. Ezáltal tudtuk modellünkben elérni, hogy az aktivátort gátló molekula a két végén való növekedésre serkentőleg hasson, hiszen így a gátló molekula megbontja kissé az aktív növekedési zónát, és ezáltal elérhetővé teszi az aktivátort a nem növekedő végnek is. Ugyanez a hatás vezethet a Das és munkatársai (2012) által megfigyelt oszcillációkhoz. Ha túl gyors a gátló molekula ezen megbontó hatása, akkor a növekedési zóna instabil lesz, és a két vég között oszcillációk figyelhetőek meg. Kísérletes együttműködőinkkel közreműködésben találtunk is egy molekulát, amely megfelel a modellünk által leírt feltételeknek. A Tea3 fehérje főleg a nem növekedő végén lokalizálódik, és hiánya a kétvéges növekedés késleltetéséhez vezet (Arellano et al., 2002). Megállapítottuk, hogy modelljölésainknak megfelelően, a Tea3 molekulák szintén mutatnak oszcillációt a két vég között, és a gátlás mechanizmusára is találtunk egy molekuláris szintű magyarázatot. Ezzel a publikálás alatt álló modellel más kísérleti eredményeket is sikeresen tudunk szimulálni.

A SEJTPOLARIZÁCIÓ KAPCSOLTSÁGA A SEJTCIKLUSHOZ

Eredményeink magyarázatot adnak arra, hogy miért kell a sejteknek egy kritikus méretet elérniük az új vég növekedésének aktiválásához, de nem ad magyarázatot arra, miért szükséges, hogy a sejtek G2 fázisban legyenek ekkor.

Hogy molekuláris szinten ezt megértsük, a hasadó élesztő sejtpolarizációjával összefüggésbe hozott több mint nyolcvan különböző fehérjét és azoknak a leírt kölcsönhatásait is megvizsgáltuk a gráfelmélet hálózati analízis módszereivel (Vaggi et al., 2012). Kidolgoztunk egy új hálózati mérőszámot, ami segít felderíteni, hogy mely molekulák szolgálhatnak információátvivőként a sejtciklus és a sejtpolaritás szabályozó hálózata között. Ezzel a módszerrel jutottunk el az Sts5 RNS-kötő fehérjéhez mint potenciális kapcsolóelemhez a sejtciklus és a sejtpolarizáció között. Korábban felderítették, hogy ez a fehérje fontos a második növekedési vég aktiválásához (Toda et al., 1996), és együttműködő partnereink kísérletei igazolták, hogy az Sts5 lokalizációja a sejtciklus által szabályozott (Vaggi et al., 2012). Eredményeinket felhasználva Illyce Nuñez és munkatársai (2016) később megfejtették a kapcsolat molekuláris mechanizmusát is. A hálózati megközelítést alkalmazva számos egyéb predikciót tudtunk tenni a sejtpolarizációt szabályozó hálózat kölcsönhatásaira. Ezek a jósolások jelenleg kísérletes tesztelés alatt állnak.

KITEKINTÉS

A számítógépes rendszerbiológia (Kitano, 2002) számos biológiai rendszer jobb megértéséhez vezetett minket, és a matematikai modelleken alapuló kísérletek mára beivódtak a tudományos köztudatba (Vidal, 2009). A sejtek polarizációjának megértéséhez is közelebb kerültünk hasonló megközelítésekkel (Mogilner et al., 2012), de számos nyitott kérdést rejteget még a sejtpolarizáció, még oly egyszerű élőlényekben is, mint a hasadó élesztő. De ezen az egysejtű organizmuson megfigyelt eredményeink akár már most is alapul szolgálhatnak fejlettebb eukarióták polarizációs mechanizmusának jobb megértéséhez. A polarizációt kialakító aktivátorgátló pár tagjainak vannak humán ortológjai, amelyek potenciális kölcsönhatásait még nem ismerjük. De a modell maga is átalakítható a magasabb szervezeteknél megfigyelt molekuláris kölcsönhatások leírására. További feladat, hogy a jelenlegi egydimenziós modellt is továbbfejlesszük, hogy a növekedési zónák pontos, háromdimenziós térbeli struktúráját is jósolni tudjuk.

IRODALOM

- Arellano, M. – Niccoli, T. – Nurse, P. (2002): Tea3p is a Cell End Marker Activating Polarized Growth in *Schizosaccharomyces pombe*. *Current Biology*, 12, 9, 751–756. DOI: 10.1016/S0960-9822(02)00821-7, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982202008217>
- Csikász-Nagy A. – Gyórfy B. – Alt, W. et al. (2008): Spatial Controls for Growth Zone Formation during the Fission Yeast Cell Cycle. *Yeast*, 25, 59–69. DOI: 10.1002/yea.1571, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/yea.1571/full>

- Csikász-Nagy A. – Sato, M. – Carazo-Salas, R. E. (2013): Projecting Cell Polarity into the Next Decade. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B: Biological Sciences*, 368, 1629, 20130001. DOI: 10.1098/rstb.2013.0001, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3785955/>
- Das, M. – Drake, T. – Wiley, D. J. et al. (2012): Oscillatory Dynamics of Cdc42 GTPase in the Control of Polarized Growth. *Science*, 337, 6091, 239–243. DOI: 10.1126/science.1218377, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3681419/>
- Dodgson, J. – Chessell, A. – Yamamoto, M. (2013): Spatial Segregation of Polarity Factors into Distinct Cortical Clusters Is Required for Cell Polarity Control. *Nature Communications*, 4, Nr. 1834 DOI:10.1038/ncomms2813, <https://www.nature.com/articles/ncomms2813>
- Gierer, A – Meinhardt, H (1972): A Theory of Biological Pattern Formation. *Kybernetik*, 12, 30–39. DOI: 10.1007/BF00289234, <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00289234>
- Gunawardena, J. (2014): Models in Biology: ‘Accurate Descriptions of Our Pathetic Thinking’. *BMC Biology*, 12, 1, 29. DOI: 10.1186/1741-7007-12-29, <https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7007-12-29>
- Kitano, H. (2002): Computational Systems Biology. *Nature*, 420, 6912, 206–210. DOI:10.1038/nature01254
- Mitchison, J. M. – Nurse, P. (1985): Growth in Cell Length in the Fission Yeast *Schizosaccharomyces pombe*. *Journal of Cell Science*, 75, 357–376. <https://pdfs.semanticscholar.org/3c68/9b-71665f8ce8d0074817ff322045ae9f2129.pdf>
- Mogilner, A. – Allard, J. – Wollman, R. (2012): Cell Polarity: Quantitative Modeling as a Tool in Cell Biology. *Science*, 336, 6078, 175–179. DOI: 10.1126/science.1216380, <https://cims.nyu.edu/~mogilner/ScienceRev.pdf>
- Nelson, W. J. (2003): Adaptation of Core Mechanisms to Generate Cell Polarity. *Nature*, 422, 766–774. DOI: 10.1038/nature01602, https://www.researchgate.net/publication/10799608_Adaptation_of_core_mechanisms_to_generate_cell_polarity
- Núñez, I. – Pino, M. R. – Wiley, D. J. et al. (2016): Spatial Control of Translation Repression and Polarized Growth by Conserved NDR Kinase Orb6 and RNA-binding Protein Sts5. *eLife*, 5, e14216. DOI: 10.7554/eLife.14216, <https://elifesciences.org/articles/14216>
- Nurse, P. (2003): Systems Biology: Understanding Cells. *Nature*, 424, 883–883. DOI:10.1038/424883a
- Toda, T. – Niwa, H. – Nemoto, T. et al. (1996): The Fission Yeast *sts5+* Gene Is Required for Maintenance of Growth Polarity and Functionally Interacts with Protein Kinase C and an Osmosensing MAP-kinase Pathway. *Journal of Cell Science*, 109, 9, 2331–2342. <http://jcs.biologists.org/content/joces/109/9/2331.full.pdf>
- Turing, A. M. (1952): The Chemical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 237, 37–72. <http://www.dna.caltech.edu/courses/cs191/paperscs191/turing.pdf>
- Vaggi, F. – Dodgson, J. – Bajpai, A. (2012): Linkers of Cell Polarity and Cell Cycle Regulation in the Fission Yeast Protein Interaction Network. *PLoS Computational Biology*, 8, 10, e1002732. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1002732, <http://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1002732>
- Vidal, M. (2009): A Unifying View of 21st Century Systems Biology. *FEBS Letters*, 583, 24, 3891–3894. DOI: 10.1016/j.febslet.2009.11.024, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014579309009260>

OKOS HÁLÓZATOK, AVAGY HOGYAN TEGYÜK AZ RNS-SZEKVENÁLÁST RELEVÁNSABBÁ

SMART GRAPHS: TURNING RNA-SEQ DATA INTO MEANINGFUL NETWORK

Makai Szabolcs

PhD, bioinformatikus, tudományos munkatárs, MTA Agrártudományi Kutatóközpont¹
bionformatika@thegreatmagic.com

ÖSSZEFOGLALÓ

Az újgenerációs transzkriptom szekvenálás egy robusztus eszköz, amelyet gyakran használnak genetikai funkciók és szabályozó körök feltárására. Ugyanakkor nem minden koexpressziós esemény hordoz biológiailag releváns információt. Sőt, szigorúan véve az RNS-szekvenálás elsősorban egy adott gén aktivitását mutatja, és csak indirekt módon utal a gén termékének aktivitására. Ezért az RNS-szekvenálásból nyert információk elsősorban egy adott gén szabályozásáról, pontosabban szabályozó régiójáról adnak felvilágosítást. A transzkriptom adatok társítása a szabályozó régió elemeinek adataival egy ígéretes eszköz lehet a szabályozó körök feltárására.

ABSTRACT

Next generation sequencing of the whole transcriptome is a powerful tool to describe genetic functions and to detect regulatory circuits. However, not all events of co-expression have biological relevance. Speaking of protein coding genes, gene expression is primarily a measure of the gene's activity and only gives vague indications with regards of the activity of its product. Thus, the results of the whole transcriptome analysis give us information on the regulation of genes, and most importantly on its regulatory region. Coupling up expression data with regulatory region data is a promising tool to detect small regulatory circuits.

Kulcsszavak: hálózatelemzés, génexpresszió

Keywords: network analysis, gene expression

¹ A cikk írásakor.

A genomi éra tizenhetedik évében a funkcionális genomika legszélesebb körben alkalmazott technológiája az RNS-szekvenálás. Az újgenerációs, nagy áteresztőképességű technológiának hála ma olcsó lett, és kellően megbízható az élő szövetekben aktívan átíródó genomi DNS detektálása. A legújabb divat szerint ezt hívjuk transzkriptomnak, mert egyszerre az összes átírt RNS-szekvenciát képesek vagyunk meghatározni, avagy olvasni.

Röviden, a mérés során kinyerik a minta teljes RNS állományát, amelyet átírnak cDNS-sé, majd fragmentálnak. Aztán meghatározzák e fragmentumok nukleotid sorrendjét (szekvenciáját) egy bizonyos hosszon. Az így kapott, nemritkán milliós nagyságrendű olvasatokat a már ismert genomhoz illesztik, és az illeszkedés alapján meghatározzák a gént, amelyet a legvalószínűbben reprezentál. A génekhez illesztett fragmentumok száma lineárisan arányos a gén expressziós szintjével. Szokták ezt a számot a gén hosszával korrigálni, mert hiszen a hosszabb gén statisztikailag több fragmentumot adhat, és aktívabbnak tűnhetne. A gének expressziója azt mutatja, hogy az adott génből mennyi átírat, transzkript volt jelen a mintavétel pillanatában a szövetben.

A transzkriptom elemzés ezeknek a génhez rendelt számoknak az elemzése, mely során arra törekszünk, hogy meghatározzuk azon géneket vagy génegyütteseket, amelyek az adott kísérletben a legmeghatározóbbak lehetnek (például nagyon eltér a kontrollbeállításoknál mért számoktól). Másként mondva, felelős lehet egyfajta fejlődési állapotért vagy stresszválaszért. Köznap hasonlással élve olyan ez, mint amikor egy teremben sok ember gyűlik össze, sokan egyszerre beszélnek, és talán még több hallgat. Az első kérdésünk az lehet, hogyan azonosítsuk a beszélőket? Ezt tesszük a fragmentumok szekvenálásával, majd az illeszkedésen alapuló génazonosítással. A legáltalánosabb kísérleti beállítás szerint mindig egy kontrollbeállítást vetünk össze egy „megzavart” beállítással. Ilyen, amikor a teremben lekapcsolják a világítást, vagy például egy növényt, a szálkaperjét (*Brachypodium distachyon*) szárazságnak teszünk ki.

Ha váratlanul eloltják a lámpákat, a teremben sokan talán egyszerre felhördülnek, megijednek, majd elhallgatnak. Aztán lassan egy-két ember elkezd beszélgetni, nemritkán halkán, feltehetőleg azonos témát feszegetve: Mi történt? Hogyan állítsuk helyre a világítást? Lennének, akik kacagnának, élveznék a váratlan helyzetet. A szárazságnak kitett növény esetén is valami hasonló eseménysorozat játszódhat le, ám mindebből sokkal kevesebbet vagyunk képesek kimérni, és még kevesebbet értelmezni.

A koexpressziós hálózatok abban segítenek, hogy meghatározhassuk (azon túl, hogy ki beszél) azt is, hogy kik beszélnek egyszerre, avagy mely gének azok, amelyek egyszerre íródnak át. Azon egyszerű, ám korántsem helytálló feltételezés által, hogy akik egyszerre beszélnek, nagy eséllyel egymással is beszélnek. Habár a teremben és feltételezhetően a sejtmagban közről sem ez a helyzet,

mégis valamilyen módon tájékoztatást kapunk a kezelés vagy zavarás által megszóltatott, illetve elhallgattatott gének mibenlétéről.

Javítja a helyzetet, ha valamilyen módon meghatározzuk, hogy vajon ki miről beszélhet. A témák alapján pontosabban következtethetünk arra, hogy aki egyszerre, hasonló témáról társalog, az jó eséllyel azonos körhöz is tartozik. A címben említett okos hálózatok ezt teszik. Azaz funkcionális címkék (annotációk) és/vagy szabályozó motívumok alapján az okos hálózat fókuszba hoz egy-egy feltételezett gének körét (vagy társaságot a makrovilágbéli hasonlatunkban), amelyek az adott kísérletben a leginkább jellemzőek. Szerencsére a gének funkciója nem annyira változatos, amennyire egy ember témaválasztása lehetséges egy társasági csevegésben. Legtöbbször a gének funkciója egzakt módon ismert, vagy legalább sejthető.

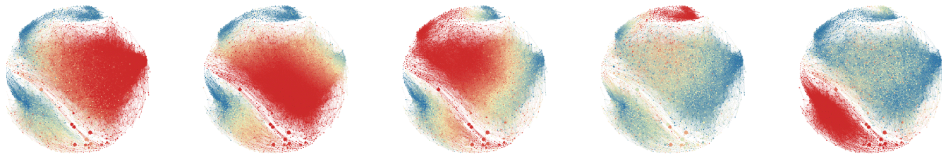
A százkaperje szárazságra adott válaszát azért vizsgáltuk, mert könnyen hozzáférhető, karcsú genomjával ígéretes modellnövénye lehet a gazdaságilag fontos búzának, amelynek még az emberénél is ötször nagyobb a genomja, és kevésbé ismert. A kezelt és kontrollnövény kalászaiból vett idősoros mintákból meghatároztuk, hogy mely gének, mikor, milyen erősen fejeződtek ki. A koexpressziós hálózatot ezen expressziós értékek korrelációja alapján szerkesztettük meg.

A koexpressziós hálózatoknak nagyon széles irodalma van, amelyben a módszertani cikkek jelentős részt foglalnak el. Nem is meglepő, mert koexpressziót számolni sokféleképpen lehet, és mindegyik számítás egy kicsit másként releváns. A leggyakrabban használt számítás a Pearson-féle korrelációs együttható, a Spearman-rangkorreláció, az euklideszi távolság és legújában a kölcsönös információ alapuló távolság. Ritkábban, de előfordul a dinamikus *time warping* algoritmus, ami idősoros adatoknál lehet hasznos.

Mindegyiknek megvan a maga előnye és hátránya, mindegyik másra jó. A Pearson-féle együttható lineáris összefüggést feltételez, és érzékeny a zajra, cserébe független a mértéktől. Az euklideszi nem független a mértéktől, kevésbé érzékeny a zajra, de nem képes negatív korrelációt mérni. A kölcsönös információ nem feltételez linearitást, skálaérzékeny, érzékeli a kiugró értékeket, amely tulajdonságok a biológiai rendszerekről is elmondhatóak. Két gén közötti kölcsönhatás lehet negatív, pozitív és mindezekkel együtt erősítő/csökkentő. Ezen erősítő hatás sajnos láthatatlan marad a kölcsönös információ alapuló számításoknál, de a Pearson-korrelációval társítva már eredményesen pontosítható a hálózat. Ugyanakkor bárhogyan is számoljuk a korrelációt, attól mi még csak arra vagyunk képesek, hogy megmondjuk, egy teremben kik beszélnek egyszerre, és azt még nem tudjuk megmondani, hogy kik beszélnek egymással. Fontos tisztázni, hogy RNS-szekvenálásra alapozva ezt nem is fogjuk tudni megmondani.

Első kérdésünk a brachypodiumos kísérletben az volt, hogy a kontroll- és a szárazságkezelte növények között mely gének expresszáltak eltérően. Sajnos a felsorolt módszerek ebben az esetben nem segítettek. Az történt ugyanis, hogy a növény a

szemfejlődést a nem várt szárazság hatására felgyorsította. Pearson-korrelációval ezt nem tudtuk kiszűrni, mert csak annyi történt, hogy máshol lettek a maximumok és a minimumok, de a szórások közel hasonlóan alakultak, másként mondván az értékek eltolódtak. Itt bizonyult nagyon szerencsésnek a nehezen lefordítható dinamikus time warping (időtörzítési) algoritmus, amelyet leggyakrabban a beszédfelismerésnél szoktak alkalmazni. (Hiszen ugyanazt a szót lehet gyorsabban és lassabban is kiejteni, attól még ugyanaz marad.) Azt néztük meg, hogy a gének önmagukhoz képest mennyire tolódtak el. Ezzel az elemzéssel rögtön azok a gének kerültek a fókuszpontba, amelyekről ismert, hogy szárazság, vízmegvonás hatására kapcsolnak be. Képletes példánkban valami olyan történhetett, hogy a teremben bejelentették, hogy elfogyott az ital. Ezért mindenki szép lassan befejezte a mondatát, elindult kifelé, és bizony akadtak beszélgetések, amelyek módosított helyszínen, például a ruhatárban vagy már az utcán fejeződtek be.

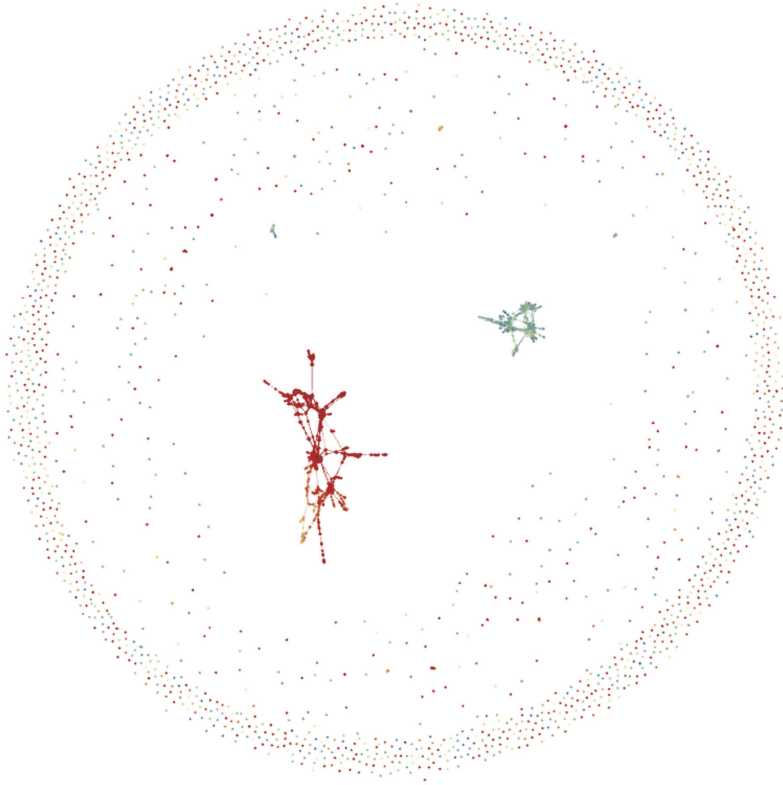


1. ábra. Pearson-korreláció-alapú koexpressziós hálózat. Balról jobbra a *Brachypodium distachyon* kalászának transzkriptomja a virágzást követően öt időpontban. Látványos, ám a túl sok korreláció elfedi a lényegét.

Mindezek mellett a tisztán expresszióra alapozott hálózatok sűrűsége viszonylag magas, azaz sok él köt össze nem kevés csomópontot (nódust) (*1. ábra*). A nódusok kapcsoltsági fokának eloszlása ritkán skálafüggetlen, ami viszont az egyik legárulkodóbb jele annak, ha egy biológiailag releváns hálózatra akadtunk. A kérdésünk az, hogy milyen módszerrel lehet kiszűrni a kusza és sűrű hálózatokból a releváns összefüggéseket, avagy fókuszálttá, divatos szóval okossá tenni azokat.

Az egyik, még mindig általános kérdéseket megválaszoló, de hatékony módszer a funkciók hasonlóságát, összefüggéseit veszi figyelembe. Amennyiben ismerjük a gének funkcióját, akkor egy képzeletbeli szemantikai térben meghatározhatóak a gének „szemantikai” távolságai. Az így kapott értékkel súlyozott korrelációs együtthatók egy fókuszáltabb gráfot eredményeznek. A gének funkcionális osztályozására a legjobb módszer a gének ontológiai besorolása. A génontológia maga is gráfszerkezetű, ám a csomópontokban funkciók és kategóriák állnak, és az élek a besorolás viszonyát jelölik. A szálkaperje kísérlet ily módon megszerkesztett fókuszált hálózatát mutatja be a *2. ábra*.

Amennyiben nem feltétlenül egy általános eredményre vagyunk kíváncsiak, hanem valamilyen speciális kérdésre várunk választ, akkor lehetőségeink

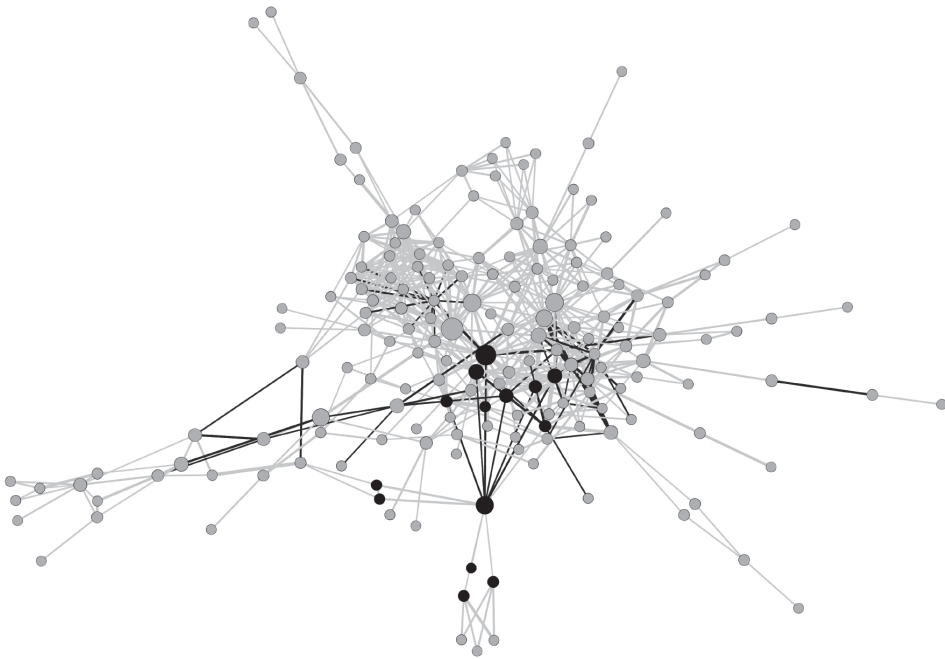


2. ábra. Génontológia (GO) alapján fókuszált koexpressziós hálózat. A fókuszálás eredményeként kirajzolódott egy skálafüggetlen topológia.

a kérdés jellegétől függően bővülnek. Ilyen speciális kérdés lehet, hogy mely transzkripciós faktorok azok, melyek egy bizonyos gén aktivitását szabályozzák. A szálkaperje esetén arra voltunk kíváncsiak, hogy a növény prolamin és glutenin jellegű tartalékfehérje-génjeit mely transzkripciós faktorok szabályozzák. Ezen tartalékfehérjék búzában előforduló rokonai a legfontosabb összetevői a lisztnek.

A gének szabályozásáért részben transzkripciós faktorok felelősek, amelyek egy célgén szabályozó szakaszához kötődve fejtik ki serkentő vagy gátló hatásukat. Ezen faktorok legtöbbször csoportokban dolgoznak, és kötőhelyeik jellemzőek rájuk. Azt feltételezzük, ha két kötőhely egymás közelében helyezkedik el a célgének szabályozó régióiban, akkor az ahhoz kötődő faktorok jó eséllyel együtt fejtik ki szabályozó hatásukat, avagy kölcsönhatásban állnak egymással. Köznapi példánkban tehát a teremben két ember nemcsak egyszerre beszél, hanem egymás közelében is állnak, és ez így már kielégítően erős indikáció arra nézve, hogy egymással beszélgetnek.

Tehát amennyiben a két gén korrelációja magas, illetve egyenként a célgénnel is megfigyelhető negatív vagy pozitív korreláció, akkor a célgén kötőhelyszerkezete alapján megszerkeszthető egy olyan fókuszált hálózat, amely már a biológiailag releváns összefüggéseket fogja megjeleníteni. Ez történt a szálkaperje esetén is, ahol a fent részletezett fókuszálást követően sikerült azonosítani egy fontos, szálkaperjében eddig nem ismert szabályozó gént (3. ábra).



3. ábra. Prolamin- és glutenin-gének szabályozó hálózata. A gráf a célgének (target) és a kölcsönható transzkripciós faktorok feltételezett kapcsolatát mutatja. Világos élek pozitív, sötét élek negatív korrelációt jeleznek. Az élek súlyai a kölcsönös információ alapján számolt távolság, amelyet a szabályozó régiók motivumszerkezete alapján fókuszáltunk.

A jó hír, hogy ahogy egyre bővülnek a biológiai ismereteink, egyre többféleképpen leszünk képesek a hálózatainkat speciális kérdésekre fókuszálni, és így módon speciális válaszokat kihámozni az amúgy kusza és zajos koexpressziós gráfokból.

A munkában részt vettek: Pólya Sára (Eötvös Loránd Tudományegyetem), Gell Gyönyvér (MTA Agrártudományi Kutatóközpont), Juhász Angéla (MTA Agrártudományi Kutatóközpont), Gáti Zsófia (Eötvös Loránd Tudományegyetem), Jäger Katalin (MTA Agrártudományi Kutatóközpont), Fábíán Attila (MTA Agrártudományi Kutatóközpont).

SZAGÉRZÉKELÉS PREDIKCIÓJA GÉPI TANULÁS ALKALMAZÁSÁVAL

PREDICTION OF OLFACTORY PERCEPTION WITH MACHINE LEARNING

Turu Gábor¹, Cserző Miklós², Szalai Bence³, Hunyady László⁴

¹PhD, adjunktus, turu.gabor@med.semmelweis-univ.hu

²PhD, tudományos főmunkatárs

³PhD, tanársegéd

⁴az MTA rendes tagja, PhD, egyetemi tanár
Semmelweis Egyetem Élettani Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

Míg a legtöbb szenzoros működés esetén az inger és a kialakult érzet tulajdonságai közötti összefüggések már régóta ismertek (például: fény-hullámhossz – szín, hangfrekvencia – hangmagasság), a szaglás esetén nem áll rendelkezésünkre olyan általános modell, amely segítségével egy szaganyag struktúrája alapján megmondható lenne annak illata.

A DREAM Olfaction Predicting Challenge során a Rockefeller University Smell Study még nem publikált kísérletsorozatának eredményeit felhasználva kellett olyan modellt kidolgozni, mely a molekuláris struktúra alapján prediktálja szaganyagok illatát.

Munkacsoportunk a Dragon-deszkriptorokat és a Morgan-fingerprinteket felhasználva dolgozott ki egy többszörös lineáris regresszió alapú modellt.

Az általunk kidolgozott modell a szaganyagok intenzitását 0,71/0,53 (populációs/egyéni predikció), kellemességét 0,58/0,34, a további minőségi tulajdonságokat átlagosan 0,53/0,21 korrelációval prediktálta, ezzel az egyéni predikcióban 2/18, a populációsintű predikcióban 7/19 helyezést érve el. Tekintettel arra, hogy a szaglás hátterében egy ligand-receptor kölcsönhatás áll, elképzelésünk szerint módszerünk felhasználható lehet (nem szagló) receptorok ligandkötésének prediktálására is.

ABSTRACT

While for most of the sensory functions relations between signal and perception is well known (i.e. wavelength and colour of light, frequency and tone of the sound) in case of odour perception we have no general model for prediction of a smell based on the chemistry of a given compound.

The DREAM Olfaction Predicting Challenge aimed to develop such a “smell from chemical formula” model based on the Smell Study dataset of the Rockefeller University.

Our group developed and tested a multiple linear regression model using the combination of Dragon descriptors and Morgan features of molecules in a random forest machine learning algorithm.

Our model reached 0.71/0.53 prediction score for smell intensities (population level/per person level), 0.58/0.34 prediction score for pleasantness (population/per person), the average

score for all the tested properties is 0.53/0.21 for population level and per person level respectively. In the final ranking our model scored as 2/18 for per person test and 7/19 for the population level test. Considering that the odour perception is based on a ligand – receptor interaction the applied methods can be generalized for non-smell related cases of receptor involved signalling.

Kulcsszavak: szaglás, receptor-ligand kölcsönhatás, gépi tanulás, in silico screening, DREAM Challenge

Keywords: smell, receptor-ligand interaction, machine learning, in silico screening, DREAM challenge

Az elmúlt évtizedekben a biológiai tudományokban történt fejlődés egyik következménye a kísérleti adatok mennyiségének exponenciális méretű növekedése. Az adatok mennyiségének növekedése szükségessé teszi azok számítógépes analizését, hogy jobban megérthessük az adatok mögött rejlő összefüggéseket, biológiai működéseket. A számítógépes analízis egyik módja a gépi tanulás. Ennek során a számítógépes programnak ismert példákat mutatunk, amelyek alapján önállóan tanulja meg a szabályokat, és képes nem ismert mintákat osztályozni vagy hozzájuk értékeket társítani. A legegyszerűbb gépi tanulásnak tekinthetjük az általánosan ismert lineáris regressziót, ahol is egy adatsor néhány x , y pontja alapján következtethetünk további x -ekhez tartozó y értékekre. Az elmúlt évtizedekben jelentős fejlődésen ment keresztül a tudományág, és ma már számos területen alkalmazzák a módszert, az e-mailek spamszűrésétől kezdve az önjáró autók környezetfelismeréséig. A biológiában több fontos alkalmazási területen van jelentősége: adatok automatizált elemzése, nem mért adatok prediktálása és a mért adatok mögötti összefüggések, mechanizmusok feltárása. Az automatizált adatelemzés segíthet olyan feladatok gyors és elfogulatlan elemzésében, amelyek egyébként jelentős szakképzett humán erőforrás munkaidőt igényelnek, mint például szövettani metszetek elemzése vagy röntgenfelvételek diagnosztizálása. Másrészt, amennyiben egy biológiai rendszerről számos paraméter áll rendelkezésre (tipikusan például DNS- és RNS-szekvenálási eredmények), a gépi tanulás módszerével kiválaszthatók lehetnek azok, amelyek ténylegesen számítanak a vizsgált jelenségre, például tumor kialakulása hátterében, így betekintést nyerhetünk egyes jelenségek mögött megbúvó összefüggésekbe.

A mért biológiai adatok helyes értelmezését nehezítheti, hogy az összes mért adat ismeretében az eredményeket jól leíró modell nem feltétlenül általánosítható, alkalmazható új mérési adatokra. Másrészt, nem feltétlenül a méréseket végző szakemberek rendelkeznek azzal a szaktudással, amelyek az adatok értékeléséhez szükségesek. Egy lehetséges megoldás ezekre a problémákra a *crowdsourcing*, vagyis az adatok elemzésének kiszervezése független személyek számára, akik

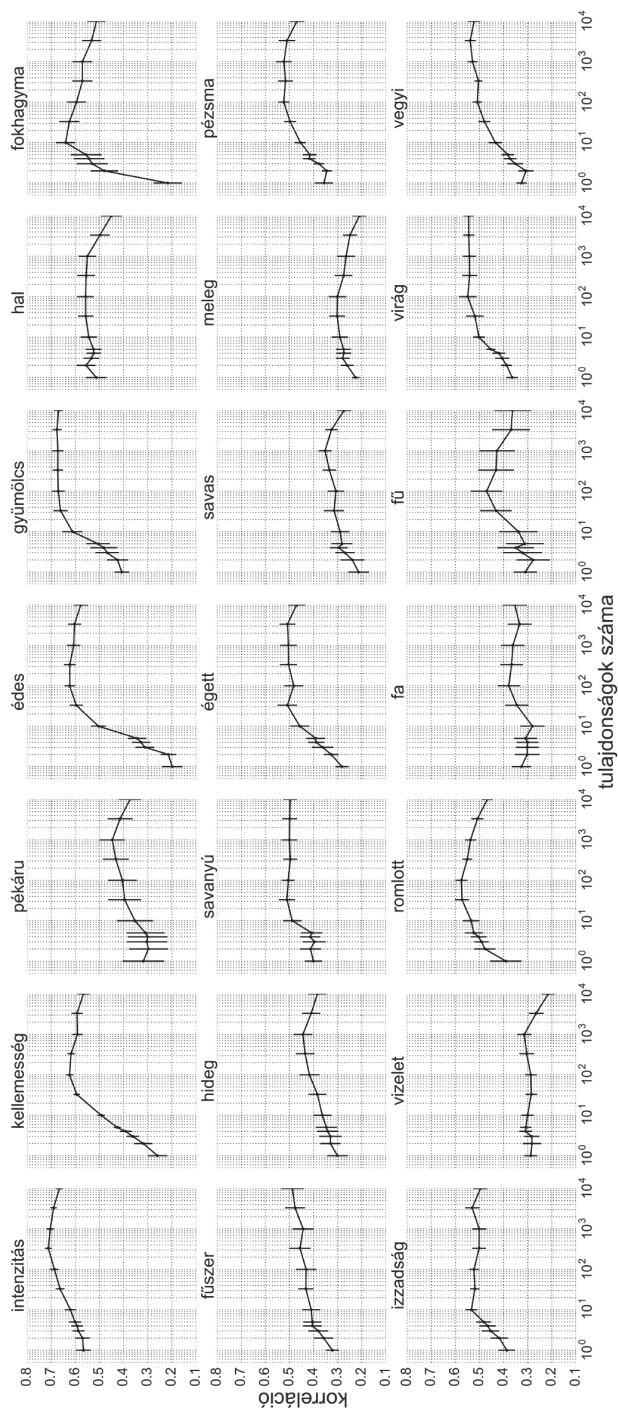
nem elfogultak az adatokkal szemben, és nem rendelkeznek olyan elvárásokkal, amelyek akaratlanul is befolyásolhatják az adatok elemzését és a végső konklúziót. Ennek során a méréseket végző szervezet jellemzően *online* felületen megosztja az adatait, amelyekkel majd a terület iránt érdeklődő adatelemzők dolgoznak.

Egy ilyen megoldást kínál a DREAM Challenges (Dialogue for Reverse Engineering Assessments and Methods) nonprofit szervezet, amely orvosi és biológiai kérdések megoldására szervez versenyeket. A versenyekhez kutatást végző csoportok vagy szervezetek biztosítják az adatokat, és az elemzés kiszervezését *online* adatelemző versenyek formájában a DREAM biztosítja. A versenyek hasznosak az adatokat szolgáltató csoportnak, mert sokan (10–100 csapat) dolgoznak az adatain, és új ötletek születhetnek, valamint jelentősen nagyobb hatékonyság, gyorsabb eredmény várható. Másrészt jó a verseny az adatelemzőknek, mert valós, érdekes, igazi adatokhoz férnek hozzá, kollaborációk születhetnek különböző területekről érkezőkkel és a versenyek legjobbjai társszerzői lehetnek nagy presztízsű lapokban megjelent publikációknak. Ez a megoldás jó a tudományterületnek is, hiszen az adott területtől távolabb álló szakembereket is bevon a kutatásba, ami a különböző szemléletekből adódóan új ötletek születését segíti. Az átlátható, mindenki számára megismerhető módszertanból született modellek viszonyítási alapot jelentenek a későbbi kutatások irányának meghatározása szempontjából.

Munkacsoportunk a DREAM Olfaction Prediction Challenge-ben vett részt. A verseny során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy mely molekuláris struktúrák határozzák meg a különböző szagok intenzitását, kellemességét és a szag minőségét. A verseny célja olyan modellek megépítése, amelyek a molekulák szerkezetéből a lehető legpontosabban megjósolja azok szagát. A látás és hallás esetében már korábban pontosan ismert volt, hogy az ingerek (hang, fény) milyen fizikai tulajdonságai vezetnek a különböző szín és hangmagasság érzékeléséhez. Szag esetében is ismert, hogy különböző molekulák más és más szagérzetet váltanak ki, de hogy pontosan mely molekuláris struktúrák milyen érzethez vezetnek, azt eddig nem térképezték fel. A Rockefeller University kutatócsoportja egy 49 (nem szakértő) személlyel tesztelt 476 különböző molekulát két különböző koncentrációban. A tesztalanyok feladata az volt, hogy 100 pontos skálán pontozzák a szagok intenzitását, kellemességét, és azt, hogy mennyire sorolható be a szag 19 különböző illattípusba (pékáru, édes, gyümölcs, hal, fokhagyma, fűszer, hideg, savanyú, égett, savas, meleg, pézsmá, izzadság, vizelet, romlott, fa, fű, virág, vegyi) (Keller–Vosshall, 2016). A munka során a kutatócsoport által gyűjtött adatok alapján a versenyzők előbb külön-külön, majd a legjobban teljesítők közösen, kollaborációban egy olyan számítógépes modellt állítottak fel, amely további nem tesztelt molekulák szagát képes megjósolni. A predikcióhoz a molekula képlete, szerkezete állt rendelkezésre, illetve a szerkezetből számítógépes program által számított jellemzők (a használt szoftver alapján elnevezett DRAGON-tulajdonságok). A verseny során szabadon lehetett a molekulából származtatott egyéb

jellemzőket is használni. A 476 mintából első körben 338-at, majd további 69-et osztottak meg a versenyzőkkel (tréningzett). A visszatartott 69 molekula szagát kellett megjósolni a verseny végső fázisában az első, 338 molekula tulajdonságai és kísérleti adatai alapján készült modell segítségével. A modelleket két kategóriában kellett elkészíteni: egyikben egyének szintjén, másikban populációs szinten kellett a molekulák szagát jósolni. Az értékelés alapja a prediktált és a valós adatok Pearson-korrelációja volt.

Saját predikciónkhoz a DRAGON-jellemzőkön kívül úgynevezett Morgan-ujjlenyomatokat, pontosabban a Morgan-ujjlenyomatok alapján számolt molekula-hasonlóságot is felhasználtuk (Rogers–Hahn 2010). A Morgan-ujjlenyomatok meghatározása során molekularészletek meglétét keressük a vegyületekben, ami alapján egyedi mintázatot kapunk minden egyes vegyületre. Ezen mintázatok alapján meghatározhatjuk, hogy két molekula milyen mértékben hasonlít egymásra. Feltételezésünk szerint strukturálisan hasonló molekulák hasonló szagérzetet képesek létrehozni. Minden szaganyag esetén tehát meghatároztuk, mennyire hasonlítanak a többi 476 molekulára, illetve mennyire hasonlítanak további 1961 ismert illatú vegyületre. A hasonlósági mintázat a hipotézisünk szerint jellemző lehet egy-egy adott szagra. A hasonlósági mintázat és a DRAGON-jellemzők adták azokat a tulajdonságokat, amelyek alapján a modellünket illesztettük. Predikciós modellként lineáris regressziót használtunk annak egyszerűsége és gyorsasága miatt. A kódoláshoz Python programozási nyelvet és sklearn- (Pedregosa et al., 2011), valamint rdkit- (URL1) könyvtárakat alkalmaztunk. Mivel lineáris regresszió esetén, amennyiben a tulajdonságok száma (jelen esetben több ezer) jelentősen meghaladja a minták számát (ami most 407), fennállt a veszélye annak, hogy a modell túlságosan illeszkedik a tréningadatokra, de nem képes pontosan megjósolni újabb szaganyagokat (*overfitting*nek nevezett jelenség). A jelenség hátterében az áll, hogy minél több tulajdonság alapján illesztjük a modellünket, annál nagyobb az esélye, hogy az algoritmus olyan tulajdonságoknak tulajdonít nagy jelentőséget, amelyek véletlenül csak az adott szagú vegyületeknél vannak jelen, de igazából nincs jelentőségük az adott szagérzet kiváltásában. Hogy ezt elkerüljük, a modell illesztése előtt RandomizedLasso-algoritmussal kiválasztottuk a több ezer jellemző közül azokat, amelyek a legjobb predikciós értékűnek bizonyultak. A kiválasztás során több száz modellillesztést végez az algoritmus úgy, hogy minden esetben véletlenszerűen változik, melyik mintákat veszi be az illesztésbe. A felhasznált jellemzőket aztán a felhasználás gyakorisága alapján sorba tesszük, és a leggyakoribbak alapján végezzük a modell végső illesztését. A különböző szagjellemzők jóslásában nem ugyanolyan számú tulajdonságra volt szükség: fokhagymaillat esetén néhány molekulajellemző már elég a szag meglétéhez, azonban például a szag intenzitásának becslése több száz tulajdonság bevonása után is javítható volt még újabbak hozzáadásával (1. ábra).



1. ábra. A predikciók függése a felhasznált tulajdonságok száma alapján. A predikciót különböző számú tulajdonság felhasználásával elvégzve megvizsgáltuk a korrelációt a valós adatokkal. Az értékek átlagos értékek + - szórás tíz keresztvalidációból.

Nem minden szagtípust lehetett nagy pontossággal megjósolni. Véleményünk szerint ebben jelentős szerepe lehet annak, hogy bizonyos szagok nagyon jól meghatározhatók és könnyen értelmezhetők, mint például a fokhagymaszag, míg mások nehezebben azonosíthatók, mint például a meleg szag. Az általunk kapott becslések alapján az egyének szintjén második (18-ból), a populáció szintjén 7. (19-ből) helyezést értünk el. A helyezések alapján meghívást kaptunk a verseny második, kollaborációs szakaszában való részvételre, amikor is a legjobb csapatok közösen készítenek egy predikációs modellt, felhasználva a külön-külön szerzett tapasztalatokat. A kollaborációban végül két modellt készítettünk, egy lineáris modellt, amely megfelelt az általunk használt lineáris regresszióknak, és egy nem lineáris, döntési fa alapú modellt (Keller et al., 2017). Mindkét modellben a DRAGON-jellemzőket és a Morgan-hasonlóságokat használtuk fel a tréning során, ugyanis a számos egyéb jellemző közül csak ezek bizonyultak a gépi tanulás számára hasznos információnak. A két modell végül nem tért el jelentősen. Az intenzitást egyéni szinten 0,56, populációra 0,78, a kellemességet 0,41, illetve 0,71, a maradék 19 szagtulajdonságot átlagosan 0,21 és 0,55 korrelációs értékekkel sikerült megbecsülni. Felmerül a kérdés, hogy a kapott korrelációk mit jelentenek, mennyire tekinthetők jónak. Ennek eldöntésére használhatjuk azokat a mintákat, amelyeket a vizsgálatot végző személyek két különböző alkalommal is jellemeztek. A második alkalommal ugyanazokat a vegyületeket kicsit más pontszámokkal értékelték, így ezen tesztelés-újratesztelés (test-retest) vizsgálatokból is számíthatunk korrelációkat. A legjobb predikciók esetén sem számíthatunk arra, hogy a jóslással jobb korrelációkat érünk el, mint ugyanazon személyek ugyanazon minták újraszagoltatásával. Összehasonlítás után az derült ki, hogy a tesztelés-újratesztelés és a predikciók pontossága populációs szinten a legtöbb szagtípus esetén statisztikailag nem különbözött jelentős mértékben, vagyis az alkalmazott modellek hatékonysága közel van az elméletileg maximálisan elérhetőhöz (Keller et al., 2017).

A kapott eredmények jelentősége egyrészt, hogy a szagok molekuláris struktúrájának ismerete hozzájárul a szaglás élettanának jobb megértéséhez, másrészt ipari hasznosításuk is lehetséges új illatok, szagmolekulák megtalálásában, összeállításában vagy még nem tesztelt vegyületek szagának prediktálásában. Véleményünk szerint a módszer használható lehet a gyógyszeriparban is új hatóanyagok megtalálásában. A szagok úgynevezett hét-transzmembrán receptorokon fejtik ki hatásukat, csakúgy, mint a jelenleg forgalomban levő gyógyszerek kb. 30-40 százaléka. Amennyiben a molekuláris struktúrából meg lehet jósolni, hogy egy adott molekula feltehetően milyen receptorhoz, fehérjéhez tud majd kötődni, az segíthet a jövőben újabb hatóanyagok megtalálásában, és a vegyületek hatásainak és mellékhatásainak a feltérképezésében. Ez felgyorsíthatja újabb gyógyszerek fejlesztését, és csökkentheti az azzal járó költségeket.

IRODALOM

- Keller, A. – Gerkin, R. C. – Guan, Y. et al. (2017): Predicting Human Olfactory Perception from Chemical Features of Odor Molecules. *Science*, 24, 355, 6327, 820–826. DOI: 10.1126/science.aal2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5455768/>
- Keller, A. – Vosshall, L. B. (2016): Olfactory Perception of Chemically Diverse Molecules. *BMC Neuroscience*. 8, 17, 1, 55. DOI: 10.1186/s12868-016-0287-2, <https://bmcn neurosci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12868-016-0287-2>
- Pedregosa et al. (2011): Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830. <http://www.jmlr.org/papers/volume12/pedregosa11a/pedregosa11a.pdf>
- Rogers, D. – Hahn, M. (2010): Extended-Connectivity Fingerprints. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 50, 742–754. DOI: 10.1021/ci100050t, https://www.researchgate.net/publication/43350565_Extended-Connectivity_Fingerprints

URL1: Open-source cheminformatics <http://www.rdkit.org>

ÚJ LINEÁRIS MOTÍVUMOK AZONOSÍTÁSA BIOINFORMATIKAI MÓDSZEREKKEL AZ LC8 FEHÉRJE KÖLCSÖNHATÁSI HÁLÓZATÁBAN

IDENTIFICATION OF NEW LINEAR MOTIFS IN THE INTERACTION NETWORK OF LC8 USING BIOINFORMATIC METHODS

Hajdu-Soltész Borbála¹, Pajkos Máttyás², Szaniszló Tamás³, Erdős Gábor⁴, Dosztányi Zsuzsanna⁵

¹PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs, akantusz@caesar.elte.hu

²PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs, matyaspajkos@caesar.elte.hu

³PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs, tszaniszlo@caesar.elte.hu

⁴PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs, gerdos@caesar.elte.hu

⁵PhD, tudományos főmunkatárs, dosztanyi@caesar.elte.hu

MTA–ELTE Lendület Bioinformatikai Kutatócsoport, ELTE Természettudományi Kar Biokémia Tanszék

ÖSSZEFOGLALÓ

A viszonylag gyenge, gyorsan felbomló fehérje-fehérje kölcsönhatások alapvető szerepet játszanak számos sejtbeli folyamat finomhangolásában. Ezek a kapcsolatok gyakran kis, kompakt funkcionális modulok, úgynevezett rövid lineáris motívumok (short linear motifs, SLiM) által valósulnak meg. A SLiM-ek kis méretük és nagyfokú flexibilitásuk révén változatos molekuláris funkciókat tudnak ellátni: részt vesznek a fehérjék célba juttatásában, szabályozzák a fehérjék aktivitását és kötődési tulajdonságait, valamint elősegítik a makromolekuláris komplexek összeszerelődését. Ugyanakkor speciális tulajdonságaik nagyban megnehezítik kísérletes azonosításukat. Éppen ezért a SLiM-mediált kölcsönhatások nagy részét jelenleg nem ismerjük. További lineáris motívumok és kölcsönhatásainak azonosításához újfajta bioinformatikai megközelítésekre van szükség. Jelen cikkünkben egy olyan új megközelítést mutatunk be, amely képes egy adott lineárismotívum-kötő doménhez új interakciós partnereket hatékonyan azonosítani. Módszerünket az LC8 dinein könnyűlánc fehérje példáján keresztül mutatjuk be. Az LC8 fehérjének már eddig is sok partnere volt ismert, de pontos feladata a mai napig nyitott kérdés. Módszerünk segítségével nemcsak új tagokkal bővítettük a partnerek listáját, de fény derült az LC8 egy korábban nem ismert szerepére is egy fontos, a szervek méretét szabályozó jelátviteli útvonalban is.

ABSTRACT

In cells, weak and transient protein-protein interactions play critical roles in fine-tuning diverse biological processes. These interactions are commonly mediated by small, compact functional modules, called short linear motifs (SLiMs). Due to their small size and highly flexible nature, SLiMs can carry out diverse molecular functions and can be involved in targeting proteins to specific subcellular locations, regulating the activity and interactions of proteins and aiding the assembly of macromolecular complexes. However, their specific properties also make the

experimental discovery of SLiMs challenging. As a result, SLiM mediated interactions are still largely unexplored. In order to discover novel linear motif classes and their interactions, new bioinformatic approaches are needed. In this work, we introduce a novel bioinformatic method that enables the effective prediction of undiscovered binding partners for a given SLiM-binding domain. The approach was applied to the dynein light chain LC8, that already has several known binding partners but its actual function is still unclear. Our work not only presented novel LC8 binding partners, but also highlighted a new function of LC8 in the regulation of a highly important signaling pathway controlling organ size.

Kulcsszavak: bioinformatika, fehérje-fehérje kölcsönhatás, jelátvitel, rendezetlen fehérjék, lineáris motívumok

Keywords: bioinformatics, protein-protein interaction, signaling, disordered proteins, linear motifs

LINEÁRIS MOTÍVUM-KÖLCSÖNHATÁSOK

A fehérjék jelentős része más fehérjékkel kialakított kölcsönhatások során látja el a feladatát. Ezeket az ún. fehérje-fehérje kölcsönhatásokat csoportosíthatjuk aszerint, hogy a részt vevő fehérjék milyen szerkezeti elemeikkel kapcsolódnak össze. A legrégebben ismert kölcsönhatási típus a domén-domén interakció, amely jellemzően kiterjedt felületen történő, erős kapcsolatok kialakulását eredményezi, és nagy méretű, stabil fehérjekomplexekben, valamint az enzim-inhibitor kölcsönhatásoknál fordul elő. Vannak azonban olyan funkciók, amelyek esetében előnyös, ha a kölcsönhatás viszonylag gyenge, és csak rövid ideig áll fenn. Ilyen átmeneti kapcsolatok kialakítására adnak lehetőséget a speciális globuláris doménekhez kapcsolódó lineáris motívumok (Van Roey et al., 2014). A lineáris motívumok (Short Linear Motifs, SLiM) a doménekkal ellentétben csak néhány (3–10) aminosav hosszúságúak, és leggyakrabban a fehérjék rendezetlen – vagyis jól meghatározható 3D-térszerkezettel nem rendelkező – régióiban helyezkednek el. Sokféle fehérje-fehérje kölcsönhatás közvetítésében játszanak szerepet, amelyek révén meghatározzák partnerük sejten belüli elhelyezkedését, befolyásolják azok működését, aktivitását és élettartamát. A lineáris motívumok lehetőséget adnak arra, hogy az adott fehérje sokféle, különböző szerkezetű és funkciójú partnerrel is kapcsolatba kerülhessen. Ezen adottságoknak köszönhetően a lineáris motívumok, illetve az ezeket hordozó fehérjék a szabályozási és jelátviteli útvonalak központi elemei.

A SLiM-ek alapvetően eukarióta fehérjékben fordulnak elő, de vírusokban és baktériumokban is írtak le motívum kölcsönhatásokat. A lineáris motívumok legnagyobb gyűjteménye az ELM- (Eukaryotic Linear Motif) adatbázis (Dinkel et al., 2016), amelyben jelenleg 262 féle motívumosztályt találunk, melyekhez összesen 197 fajban 3030 kísérletesen igazolt lineáris motívum tartozik. Bár az

adatbázis időről időre bővül az újabb eredményekkel, még mindig messze járunk attól, hogy az összes előfordulást ismerjük: a funkcionális lineáris motívumok valószínű száma milliós nagyságrendűre becsülhető (Tompá et al., 2014). Ez a hatalmas szakadék a jelenleg ismert és még felfedezésre váró SLiM-kölcsönhatások száma között arra vezethető vissza, hogy a lineáris motívum-kölcsönhatások mind kísérletesen, mind számítógépes módszerekkel nehezebben vizsgálhatóak az egyéb kölcsönhatásokhoz képest, és feltérképezésükre csak az utóbbi időben jelentek meg nagyskalás kísérleti megközelítések (Blikstad–Ivarsson, 2015).

A SLiM-ek evolúciós szempontból is eltérően viselkednek a globuláris doménekhez képest. A domének általában nagymértékű konzerváltságot mutatnak a rokon fehérjék között, kialakulásuk fő hajtóereje a genomduplikáció és a rekombináció. Ezzel szemben a lineáris motívumokra nagyfokú evolúciós plaszticitás jellemző: egy adott funkciót ellátó motívum több különböző fehérjében, egymástól függetlenül, konvergens evolúció révén is kialakulhat. Ezen tulajdonságok alapján állították fel az *ex-nihilo* SLiM evolúciós elméletet, amely szerint egy új SLiM létrejöhet (vagy akár meg is szűnhet) random mutációk által (Davey et al., 2015). Az így kialakult motívum ezután a kötőpartner felszínével együtt evolválódik, pozitív és negatív szelekciós mechanizmusok irányításával finomhangolva a kölcsönhatást. Az *ex-nihilo* motívumszületés egyik érdekes példája a SHOC2 gén által kódolt fehérje (Leucine-rich repeat protein SHOC-2), amelyben egy meghatározott aminosav cseréje egy nem funkcionális régió belül – gyakorlatilag a „semmiből” – alakít ki egy funkcionális motívumot, melyen keresztül a fehérjéhez egy lipidmolekula kötődik. Ez a mutáció a fehérje hibás működését eredményezi, mely hiba végső soron a Noonan-szindrómával hozható összefüggésbe. A lineáris motívumokat érintő mutációk számos egyéb betegség, többek között a rák kialakulásában is szerepet játszanak (Van Roey et al., 2014).

BIOINFORMATIKAI MEGKÖZELÍTÉSEK A LINEÁRIS MOTÍVUM-KÖLCSÖNHATÁSOK AZONOSÍTÁSÁRA

Egy adott lineáris motívum-kötő domén kölcsönhatási partnereinek feltérképezésében nagyon fontos szerepet játszanak a bioinformatikai módszerek. A lineáris motívumokat jellemezhetjük reguláris kifejezéssel (*1/a ábra*), szekvencialogóval (*1/b ábra*) vagy pozícióspecifikus pontozómátrixszal. Mindhárom módszer a kölcsönhatás szempontjából kritikus pozíciókban előforduló aminosavak leírását szolgálja. A pontozómátrix megadja, hogy a motívum egyes pozícióiban mekkora valószínűséggel fordul elő egy bizonyos aminosav a véletlen előforduláshoz képest. Ez a módszer alkalmas a szigorú definíciót adó reguláris kifejezéstől eltérő motívumok leírására is. Az új partnerek azonosítása általában azon az elven alapul, hogy egy adott doménhez kötődő fehérjékben hasonló motívumok megjelenése várható. Fontos azonban, hogy a lineáris motívum megléte a szekvenciában önmagában még

nem bizonyíték arra, hogy egy fehérje valódi kölcsönhatási partner. Mivel a kötő régió csak néhány aminosavból áll, motívumtalálatok véletlenül is megjelenhetnek, a humán proteomot tekintve akár milliós nagyságrendben is. Ezért a lineáris motívumon alapuló kölcsönhatási partnerek azonosításában a legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy a valódi kötőrégiókat kiszűrjük a nagyszámú véletlen találat közül.

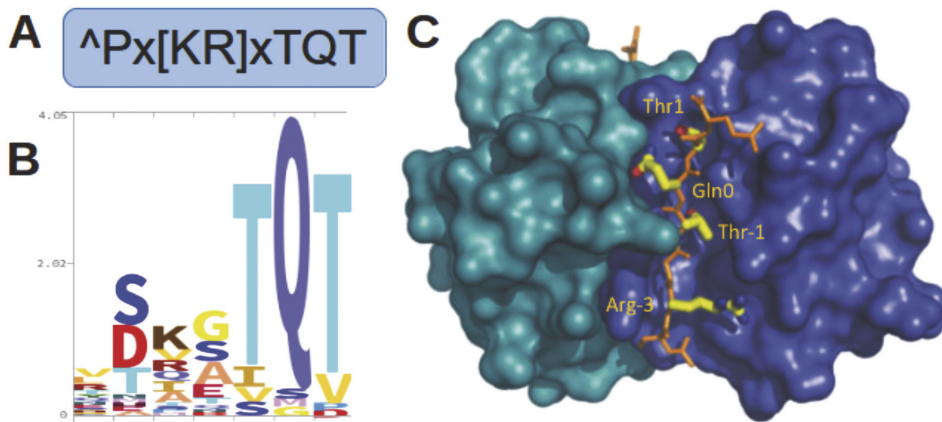
A biológiai releváns kölcsönhatások kiszűréséhez számos olyan bioinformatikai módszer nyújt segítséget, amelyek a fehérjék különböző tulajdonságait képesek megbecsülni pusztán az aminosav-szekvenciák alapján. Ilyen becsülhető tulajdonság például a fehérjék sejten belüli lokalizációja, mely alapján eldönthető, hogy az általunk vizsgált két fehérje valóban találkozhat-e a sejtben. Egy másik fontos szempont, hogy a kötőrégióknak a partner számára hozzáférhetőnek kell lennie, tehát a motívum nagyobb valószínűséggel található a fehérje rendezetlen részén, mintsem egy globuláris domén belsejében eltemetve. Ezekre a tulajdonságokra fehérje-térszerkezetekkel és szekvenciacsatlásokkal való összehasonlítás, illetve rendezetlenségjelölés alapján lehet következtetni. A valódi találatok kiszűréséhez gyakran használt egyéb tulajdonságok lehetnek például a rendezetlen kötőrégiók és másodlagos szerkezeti elemek, illetve egyéb szerkezeti és funkcionális tulajdonságok. Végül, de nem utolsósorban, a SLiM-ek konzerváltságát is érdemes figyelembe venni. A rendezetlen régiók konzerváltsági profilja ugyanis egy speciális, SLiM-re jellemző mintázatot mutat a rokon fehérjék szekvenciaillesztésében. Ennek során a motívumok szigetszerűen emelkednek ki környezetükhöz képest, mivel ez a környezet sem szerkezeti, sem funkcionális megkötéssel nem rendelkezik, így általában szignifikáns konzerváltságot nem mutat. A szigetszerű konzerváltság alapján több olyan példát is leírtak már, amelyekben rendezetlen régiók egy-egy motívuma a fajok széles spektrumában mutatott szigetszerű konzerváltságot, és az így azonosított motívumok olyan alapvető biológiai funkciókban vettek részt, mint például a DNS-replikáció vagy sejtciklus-szabályozás.

Bár az egyes bioinformatikai módszerek hatékonysága eltérő, ezek kombinációja nagymértékben elősegíti a biológiai relevanciával bíró lineárismotívum-találatok azonosítását (Krystkowiak–Davey, 2017). Ezáltal vizsgálhatóak egyedi lineárismotívum-kötő rendszerek is, ami nemcsak a kölcsönhatási hálózat kiterjesztését eredményezi, de segíthet a meglévő módszerek továbbfejlesztésében is.

AZ LC8 DINEIN KÖNNYŰLÁNC KÖLCSÖNHATÁSI HÁLÓZATA

Egy sokak által tanulmányozott, de még mindig nem teljesen feltérképezett, lineáris motívumon alapuló rendszer az LC8 fehérje interakciós hálózata (Rapali et al., 2011). Az LC8 a dinein könnyűláncok családjába tartozik, és először a dinein motorkomplex tagjaként írták le. A dinein motorkomplex a sejtben belüli transzportban vesz részt, a mikrotubuláris rendszer részeként vezikulákat és fehérje-

komplexekeket szállít. Kezdetben úgy vélték, hogy az LC8 funkciója a szállítandó anyagok specifikus felismerése és a motorkomplexhez való kapcsolása. Újabb kutatások azonban rávilágítottak arra, hogy az LC8 számos, a dinein komplextől független funkcióval is bír. Részt vesz többek között különböző jelátviteli útvonalakban, valamint a sejtsztódás és az apoptózis szabályozásában. Az LC8-at ezért ma már központi (hub) fehérjeként tartják számon, amely más fehérjék dimerizációjában és a dimerek stabilizálásában vesz részt. Az LC8 maga is homodimerként látja el feladatát. A dimerizáció során két párhuzamos kötőárok jön létre, ahová a kötőpartnerek rendezetlen régióiban található lineáris motívumok kötődnek. A kapcsolódás során a motívumok rendezetté válnak, és β -szál konformációt vesznek fel (1/c ábra). Jelenleg mintegy hatvan LC8-kötőmotívumot tartalmazó, különböző biológiai folyamatokban részt vevő partnert ismerünk, melyek nagy része „TQT-”motívumot tartalmaz (1/a ábra). Az LC8 fehérje általános funkciója alapján feltételezhető, hogy számos további partnere van még, melyek azonosítása fontos lehet a különböző biológiai folyamatok jobb megértésében.



1. ábra. Az LC8 fehérje kölcsönhatási partnereiben található motívumok leírása.

A: Reguláris kifejezés. A hét aminosavból álló szekvencia első helyén nem fordulhat elő prolin (P); a 2. és 4. pozícióban található „x” tetszőleges aminosavat jelöl; a 3. pozícióban lizin (K) vagy arginin (R) található; az utolsó három helyen pedig csak treonin (T), glutamin (Q) és treonin (T) fordulhat elő. **B:** Szekvencialógó. Az egyes pozíciókban a betűk mérete arányos az aminosav előfordulási valószínűségével. **C:** Két LC8 monomer (különböző árnyalatú szürkével jelölve) által kialakított kötősebben az EML3 fehérje kanonikus LC8-kötőmotívuma található (PDB kód: 2XQQ).

Munkánk során azt a célt tűztük ki, hogy további LC8-kötőpartnereket azonosítsunk. Irodalmi adatokat gyűjtve létrehoztunk egy adatbázist, amely a korábban kísérletesen igazolt LC8 partnerek kötőmotívumait tartalmazta. Ezeket felhasznál-

nálva elkészítettünk egy pozícióspecifikus pontozómátrixot, és összegyűjtöttük a lehetséges motívumokat humán proteomban, melyek azonban még mindig nagy számban tartalmaztak fals pozitív találatokat. Az ismert LC8 partnerek tulajdonságai alapján előállítottunk egy olyan szűrési kritériumrendszert, amely a sok millió találat közül nagy megbízhatósággal képes kiszűrni a valódi LC8-kötőmotívumokat. Ehhez létrehoztunk egy döntési fát, és bevezettünk egy új mérőszámot, ami alapján meg tudtuk határozni az optimális szűrési tulajdonságokat erre a rendszerre. A kapott kritériumok alapján azonosítottuk azokat a sejt belsőjében előforduló, nem globuláris doménben található, a fehérjék rendezetlen részein elhelyezkedő motívumokat, amelyek a pozícióspecifikus pontozómátrix alapján kedvező értékeket kaptak. Érdekes módon számos más tulajdonság az ismert LC8-motívumoknak csak egy részhalmazára teljesült, és nem tudtuk szűrési kritériumként felhasználni. Ilyenek voltak a motívumon belüli és annak környezetében található szerkezeti elemek vagy a rendezetlen kötőrégió megléte. A motívumkonzerváltság viszont fontos szűrési kritérium volt, amely az evolúciósan közeli fajokra alkalmazott konzerváltsági tulajdonságra épült.

Vizsgálataink eredményeképpen 72 új potenciális humán kötőpartnert azonosítottunk, melyek alapján az LC8 egy eddig nem ismert szerepére is fény derült (Erdős et al., 2017). Az eredményeink alapján az LC8 kapcsolatba lép az ún. Hippo jelátviteli útvonal két elemével: az angiomotin és a WWC-fehérjecsalád tagjaival. A Hippo-útvonal a szomszédos sejtek általi kontakt gátlás következtében, valamint a sejteket érő mechanikai hatásokra aktiválódik. Működésével gátolja a sejtosztódást elősegítő és a programozott sejthalált gátló gének átírását szabályozó fehérjék működését, ezáltal kontrollálja a sejtek és szervek növekedését (Yu–Guan, 2013). Az angiomotin és WWC-fehérjék közös tulajdonsága, hogy állványfehérjeként (scaffold) működve számos fehérjével alakítanak ki kölcsönhatásokat SLiM-eken keresztül, és interakciós platformot biztosítanak a jelátvitelt elindító és szabályozó fehérjéknek. Emellett az angiomotin fehérjecsalád tagjai végrehajtó (effektor) funkciót is betöltenek azáltal, hogy megkötik a sejtosztódás folytatásának szabályozásában részt vevő fehérjekomplexek egyes tagjait. A WWC-család tagjaiban kettő, az angiomotin családban egy LC8-kötőmotívumot azonosítottunk, amelyeket kísérletesen is igazoltunk (Erdős et al., 2017). Evolúciós vizsgálataink rámutattak arra, hogy a WWC-család fehérjeinek két kötőmotívuma erős konzerváltságot mutat az eukarióta fajok széles körében, ezzel szemben az angiomotin fehérjecsalád motívuma csak a gerincesek közös ősig követhető vissza. Ezek az eredmények alátámasztják az LC8 fehérjével való kölcsönhatás fontosságát, de rámutatnak arra is, hogy míg a WWC-fehérjék a Hippo-útvonalban univerzális szabályozóként vesznek részt az eukarióta fajok többségében, addig az angiomotinok megjelenése valószínűleg csak későbbi, gerinces „találmány” lehet. Az LC8-fehérje Hippo-útvonalban betöltött szerepe ezeknek az eredményeknek a tükrében sem teljesen tisztázott még. Valószínűsít-

hető azonban, hogy az angiominin és WWC-fehérjék dimerizációjáért, és a dimerek stabilizálásáért felelős, ezáltal egy új, eddig nem ismert finomhangolási lehetőséget teremthet a Hippo jelátviteli útvonalban.

KONKLÚZIÓ

A lineáris motívumok alapvető biológiai folyamatok szabályozásában vesznek részt, de kölcsönhatásaik még nagyrészt feltáratlanok. Az LC8 lineárismotívum-kötő fehérje példáján keresztül bemutattuk, hogyan lehet bioinformatikai megközelítésből kiindulva új kötőmotívumokat azonosítani, amelyek nemcsak a kölcsönhatási hálózatot bővítik, de további vizsgálatokra érdemes, izgalmas új funkciót is felvetnek. Bár a pontos szűrési kritériumok részben specifikusak erre a rendszerre, a kidolgozott protokoll használható tetszőleges lineárismotívum-kötő domén esetén. Ennek kulcsa a döntési fa és a hozzá kapcsolódó mérőszám, amely lehetővé teszi az optimális szűrési feltételek meghatározását. Eredményeink rámutattak arra is, hogy a motívumok konzerváltsága rendkívül informatív a biológiailag releváns kölcsönhatások azonosítására. Ezt technikai okok miatt nehéz kiaknázni, ezért nagy szükség van a jelenlegi megközelítésnél sokkal hatékonyabban működő módszerekre. A nagyskálás kísérleteket kiegészítve a bioinformatikai vizsgálatok nagyban hozzájárulhatnak a lineárismotívum-rendszerek feltérképezéséhez, és ezáltal annak megértéséhez, hogy ezek a viszonylag gyenge, tranziens kölcsönhatások hogyan járulnak hozzá a sejten belüli dinamikus szabályozó folyamatok komplex rendszeréhez.

IRODALOM

- Blikstad, C. – Ivarsson, Y. (2015): High-Throughput Methods for Identification of Protein-Protein Interactions Involving Short Linear Motifs. *Cell Communication and Signaling*, 13, 38. DOI: 10.1186/s12964-015-0116-8, <https://biosignaling.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12964-015-0116-8>
- Davey, N. E. – Cyert, M. S. – Moses, A. M. (2015): Short Linear Motifs – Ex Nihilo Evolution of Protein Regulation. *Cell Communication and Signaling*, 13, 43. DOI: 10.1186/s12964-015-0120-z, <https://biosignaling.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12964-015-0120-z>
- Dinkel, H. – Van Roey, K. – Michael S. et al. (2016): ELM 2016 – Data Update and New Functionality of the Eukaryotic Linear Motif Resource. *Nucleic Acids Research*, 44, D294–300. DOI: 10.1093/nar/gkv1291, <https://academic.oup.com/nar/article/44/D1/D294/2503097>
- Erdős G. – Szaniszló T. – Pajkos M. et al. (2017): Novel Linear Motif Filtering Protocol Reveals the Role of the LC8 Dynein Light Chain in the Hippo Pathway. *PLoS Computational Biology*, 13, 12. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1005885, <http://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1005885>

- Krystkowiak, I. – Davey, N. E. (2017): SLiMSearch: A Framework for Proteome-Wide Discovery and Annotation of Functional Modules in Intrinsically Disordered Regions. *Nucleic Acids Research*, 45, W464–W469. DOI: 10.1093/nar/gkx238, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5570202/>
- Rapali P. – Szenes Á. – Radnai L. et al. (2011): DYNLL/LC8: A Light Chain Subunit of the Dynein Motor Complex and beyond. *The FEBS Journal*, 278, 17, 2980–2996. DOI: 10.1111/j.1742-4658.2011.08254.x, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1742-4658.2011.08254.x/full>
- Tompa P. – Davey, N. E. – Gibson, T. J. et al. (2014): A Million Peptide Motifs for the Molecular Biologist. *Molecular Cell*, 55, 2, 161–69. DOI: 10.1016/j.molcel.2014.05.032, [http://www.cell.com/molecular-cell/fulltext/S1097-2765\(14\)00562-0](http://www.cell.com/molecular-cell/fulltext/S1097-2765(14)00562-0)
- Van Roey, K. – Uyar, B. – Weatheritt, R. J. et al. (2014): Short Linear Motifs: Ubiquitous and Functionally Diverse Protein Interaction Modules Directing Cell Regulation. *Chemical Reviews*, 114, 13, 6733–6778. DOI: 10.1021/cr400585q
- Yu, F.-X. – Guan, K.-L. (2013): The Hippo Pathway: Regulators and Regulations. *Genes & Development*, 27, 4, 355–371. DOI: 10.1101/gad.210773.112, <http://genesdev.cshlp.org/content/27/4/355.long>

Tematikus összeállítás

A NAGY MIKROADAT – *BIG DATA*-HASZNÁLAT A TÁRSADALOMTUDOMÁNYBAN

MICRO-DATA AS *BIG-DATA* IN SOCIAL SCIENCES

VENDÉGSZERKESZTŐK: NAGY PÉTER TIBOR ÉS VEROSZTA ZSUSZANNA

BEVEZETŐ

INTRODUCTION

Nagy Péter Tibor¹, Veroszta Zsuzsanna²

¹egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Kar, Wesley János Lelkészképző Főiskola
nagypetertibor@gmail.com

²tudományos főmunkatárs, Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Kutatóintézet

E téma előzménye az *Educatio* folyóirat *Adatbőség* címmel megjelent, Veroszta Zsuzsanna által szerkesztett száma (URL1), amelyet egy Nagy Péter Tibor által ugyanebben a témában szervezett konferencia követett (URL2) a Wesley János Lelkészképző Főiskolán. A szerkesztés tapasztalatai és a konferencia vitái egyaránt azt mutatták, hogy napjaink társadalomtudományának egyik legizgalmasabb kérdéséről töprengünk. A *Magyar Tudomány* szerkesztőinek felkérése után úgy tűnt, hogy mindezek alapján érdemes volna egy olyan tematikus számot készítenünk, amely a társadalom- és bölcsészettudományok és az adatok új világa közötti kapcsolatot tekinti át. Közben azonban jól érzékelhető volt a téma iránti fokozott érdeklődés, konferenciák szerveződtek, s több társfolyóirat is tematikus számokat jelentetett meg a kérdésről. A probléma tárgyalásához ragaszkodva, de az eredeti fókusz szűkítése mellett a szerkesztők a kezdetben tervezett széles körű áttekintés helyett három társadalomtudományi megközelítést kínálnak az olvasónak. Bögel György közgazdaságtudományi, Kmetty Zoltán szociológiai, Z. Karvalics László történettudományi nézőpontból vizsgálja a „Big Data” kutatási lehetőségeit. A vendégszerkesztők bevezető tanulmánya pedig átfogó céllal az újfajta és új nagyságrendben rendelkezésre álló adatok általános társadalomkutatási használhatóságára reflektál. Mindeközben a kutatásra fókuszáló szám megközelítésében tu-

datosan elkerül két témát. Az egyik ilyen, miszerint az adatok összekapcsolásával létrehozott hálózatszerű ismerettömeg még inkább zárójelbe teszi az *evidence based decision*mal kapcsolatos, elméletileg nyilván jogos kételyeket. A másik pedig az, ahogyan az adatok összekapcsolhatósága, sőt összekapcsolása személyiségi jogi kérdésekhez vezet. Az elkerülés oka az a meggyőződésünk, hogy e kérdések sokkal inkább politikai és alkotmányjogi diskurzusban, semmint a tudományos kutatás világa felől közelíthetők és kezelhetők.

A tudomány világa – akárcsak a változó valóság egyéb területei – ez esetben sem tehet mást, mint hogy mérlegre teszi az új lehetőségeket.

IRODALOM

URL1: <http://epa.oszk.hu/01500/01551/00093/pdf/>

URL2: <https://archive.org/details/adatrobbanas>

NAGY ADAT ÉS DIGITÁLIS TÖRTÉNELEM: EGY IZGALMAS HÁZASSÁG MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE

BIG DATA AND DIGITAL HISTORY: PAST, PRESENT AND FUTURE OF A THRILLING MARRIAGE

Z. Karvalics László

egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Könyvtár- és Humán Információtudományi Tanszék
zkl@hung.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány fő tézise szembemegy a lelkes kommentárokkal. Önmagában sem a nagy adat (Big Data), sem az az átfogó digitális transzformáció, amelynek a nagyadat-jelenség csak része, nem hoz paradigmaticus változást a történeti megismerés módjában, az új tudás szintetizálásában. Ellenben egyfajta „kreatív rombolással” úgy alakulnak gyökeresen át a történeti kutatást támogató háttérrendszerek, hogy radikálisan feljavítják a történeti munka idő- és erőforrásigényben megtestesülő peremfeltételeit – s ezzel előbb-utóbb mégiscsak soha nem volt lehetőségek sorát nyithatják meg új típusú történeti tudásműveletekhez. A szerző nyolc pontban foglalja össze, hogy a nagy adat, a digitális történelem és a crowdsourcing hol és mit változtat, *s mit nem* a történeti kutatásban.

ABSTRACT

The main thesis of the paper is turning against the mainstream commentaries: Big Data itself (and as a part of a complex digital transformation too) does not effect paradigmatically the modes of historical cognition and the synthesis of new knowledges. But the background systems of historical research, transformed by creative destruction, are augmenting the boundary conditions of the historians' work concerning the need for time and resources. This support opens up lot of possibilities for new types of historical research production. The author summarizes the arguments in 8 points, where and what was changed and not changed in history research by Big Data and digital history methods.

Kulcsszavak: nagy adat, digitális bölcsészet, digitális történelem, professzionális amatőrök, crowdsourcing

Keywords: Big Data, digital humanities, digital history, professional amateurs, crowdsourcing

Igaza van-e a Harvard Egyetem adattudósainak, hogy a nagy adat (Big Data) forradalma, legmélyebb lényegét tekintve semmi más, mint az a különös mód, ahogyan az emberiség saját tevékenységéből immár megőrizhető történeti feljegyzést (record) teremt? Hogy ennek legfőbb következménye a saját magunkról alkotott kép átalakulása volna a társadalom természetének megismerését és megértését hatékonyabban lehetővé tévő új nézőpontokon keresztül? S vajon valóban az emberi közösségek és tevékenységek kvantifikálhatóságának új léptéke eredményezi-e a társadalom- és bölcsészettudományok radikális átalakulását (Aiden–Michel, 2013)?

Nem kétséges, hogy egészen különös élménnyel szembesül, aki a Google N-Gram Viewer grafikus felületén a kultúránk egyedi objektumait kifejező két-milliárd szó és szókapcsolat valamelyikének útját végigköveti, első megjelenésétől elterjedésén és variációinak kialakulásán át mostani előfordulásaiig. A forrás, ahonnan az adatok származnak, sem hétköznapi: a Földön ez idáig megjelent mintegy 130 millió könyv 12%-át, több mint 15 millió darabot digitalizált a (most már 30 milliónál járó) Google. Az amerikai kutatók ebből a 15 millióból választották ki tudatosan azt az ötmilliót, amely véleményük szerint a releváns információk kinyeréséhez már elégséges mennyiség (URL1). A jelentéseken keresztül feltárt egyedi kultúrtények (n-gramok) megtalálhatóvá és mintázatokba rendezhetővé tétele Erez Aidenék szerint azt is ígéri, hogy áthidalhatjuk a szakadékot, amely az emberi kreativitás produktumainak szakadatlan termelése és azok későbbi korok számára való megőrzésének képessége között kultúránk kezdetei óta tátong. S mivel ma már eleve túlnyomórészt digitális formában születnek és tárolódnak az n-gramok, mindez a jövő történészei számára jelenthet kincseshányát, amikor jelenünket közelmúltként vizsgálják majd. Régebbi korok n-gramjaihoz is közelebb tudunk azonban kerülni a digitalizálás révén, s így a humán tudományoknak esélye nyílhat arra, hogy a nagy adatnak köszönhetően „nagy tudománnyá” (Big Science) alakítsák magukat, közelebb kerülve a természettudományokhoz.

A Massachusetts Institute of Technology (MIT) ünnepelt adattudósa, Alex Pentland nem véletlenül formulázza új tudományként a társadalomfizikát (social physics). Félretéve azt a historiográfiai fenntartást, hogy számos 19. századi előfutárt követően Pentlandet legalább fél évszázaddal megelőzi az ugyanezt a tudományt hol humán termodinamikának, hol humán atomizmusnak, hol homeokinetikának nevezve „felfedező” Arthur S. Iberall is, annyi újdonság kétségkívül van ebben a megközelítésben, hogy sarkalatos állításaihoz egészen újszerű, csakis a nagy adat révén lehetőségessé váló módszerrel jut (Pentland, 2014, 2015). A társadalmi hálózatokon végbemenő információcsere mintázatait rajzolja meg ugyanis anélkül, hogy a tartalommal, a jelentéssel magával foglalkozna. Pusztán az adattá fosszilizálódott gondolatok és eszmék áramlásának (idea flow) követésével képes feltárni a legkülönfélébb méretű és helyzetű csoportok teljesítménynövekedés-

ben, adaptációban és új intézmények létrehozásában megnyilvánuló kollektív intelligenciáját.

Kétségtől eltekintve izgalmas dolog erről az oldalról is rápillantani arra a bonyolult szövevényre, amelyben a társadalmi hálózatokba kapcsolt cselekvő egyének tevékenységéből és döntéseiből történelmi tények, események, összefüggések, trendek és törvényszerűségek lesznek. Erős túlzás azonban a lelkes méltatók véleménye, hogy ez a fajta társadalomfizika forradalmian új kisablakot nyitna a társadalmi térben érvényesülő hatások és az azokat részben vagy egészben magyarázó mentális univerzumok kapcsolatának misztériumára. Ez ugyanis egy sokkal bonyolultabb, sokkal több változós problémátér, amellyel szembesülve a történészek joggal óvatosak állításaik újdonságértékével vagy megközelítéseik jelentőségével és érvényességi körével kapcsolatban.

Különös módon a nagy adat-keltette felfokozott várakozások hangnemében, de több mint száz évvel ezelőtt, a pozitivista árhullám csúcán ülve fogalmazta meg a történelmi megismerésben a lejegyzett tudásanyag elérhetőségétől remélt ugrást John Dalberg-Acton. „Egyedülálló alkalom kínálkozik arra, hogy a lehető legtöbb ember számára hasznosítható módon jegyezzük le a teljes tudásanyagot, melyet a 19. század örökül hagy. [...] Értelmes munkamegosztással ez elérhető, és ily módon minden ember hozzáférhet a fellelhető dokumentumok és a nemzetközi kutatómunka kiérlelt végkövetkeztetéseihez. Végleges történelemmel ugyan korunk még nem szolgálhat, de a hagyományos történetíráson immár túl tudunk lépni, és most, hogy már minden információ hozzáférhető, és minden problémához kezünkben a kulcs, meg tudjuk mutatni azt is, meddig jutottunk el az utóbbihoz vezető úton.”¹

Korunk nagy adat-prófétái ugyanazt a hibát követik el, mint a Lord Actonként elhíresült, kiváló férfiú, a brit történetírás viktoriánus nagyja. Figyelmen kívül hagyják, hogy az 'adat' (és az általa reprezentált 'tény') csak az előszobája a történészmunkának, amelyre még számos magas rendű szellemi művelet épül, egy hosszú értéklánc részeként, azoknak a diskurzusoknak a folyamában, amelyek hipotéziseket, modelleket és értelmezési kereteket sodornak egymás mellé, hogy (narratív) konstrukciókká és rekonstrukciókká épülhessenek, későbbi továbbfejlesztésük, részleges meghaladásuk vagy teljes lecserélésük tudatában.

Ebben a tanulmányban azt kívánjuk bizonyítani, hogy önmagában sem a nagy adat, sem az az átfogó digitális transzformáció, amelynek a nagyadat-jelenség csak része², nem hoz paradigmátikus változást a történelmi megismerés módjában.

¹ Idézi Carr, 1993, 7., és nyomában számos hazai szerző számos kontextusban.

² Érdeemes megjegyezni, hogy a nagy adat fogalma nem az informatikában, hanem a társadalomtudományban született meg, messze a digitális forradalom előtt. Legkorábbi előfordulása Charles Tilly 1980-as *The Old New Social History and the New Old Social History* című művében található. A fogalomtörténetet részletesen lásd Z. Karvalics, 2015.

ban, az új tudás szintetizálásában. Ellenben egyfajta „kreatív rombolással” úgy alakulnak gyökeresen át a történeti kutatást támogató háttérrendszerek, hogy radikálisan feljavítják a történeti munka idő- és erőforrásigényben megtestesülő peremfeltételeit – s evvel előbb-utóbb mégiscsak soha nem volt lehetőségek sorát nyithatják meg új típusú történeti tudásműveletekhez. Mindezzel már jó ideje elméletben és gyakorlatban is foglalkozik a digitális történelem (Digital History), a digitális bölcsészettudományok (digital humanities) részeként. S közben elfogadott és széles körben művelt irányzatként közel húsz éve írja saját tudománytörténetét (Rosenzweig, 2010; Galgano et al., 2012; Weller, 2012; Nawrotzki–Dougherty, 2013), egyúttal attraktív és közérdeklődésre számot tartó projektek százai is születtek szerte a világban. Ma már szinte naponta futunk bele egy-egy izgalmas kutatási eredménybe a hírekben, tudományos és szakosított történelmi ismeretterjesztő oldalakon, amelyek mögött kirajzolódik a nagy adat és a digitális technológia teljes fegyvertára. Néhány nagy port kavaró, látványos és tipikus kutatási eredmény bemutatására két ok miatt van szükségünk: egyrészt fontos, hogy azok, akik nem követik a történettudomány friss fejleményeit, képet kaphassanak jellegzetes törekvésekről, megoldásokról és eredményekről, másrészt e hevenyészett sokaság is szükséges ahhoz, hogy rendszerező állításokat tehessünk a digitális átalakulás természetéről és belső rétegzettségéről.

AZ ELEMI ADATMŰVELETEKTŐL A VIZUÁLIS VARÁZSLATOKIG

2002 januárjában lefagytak a brit okmányiroda szerverei. Ekkor jelent meg ugyanis az 1901-es népszámlálás anyaga: 1,5 millió adatlapról 32 millió állampolgárról kinyert és feldolgozott adattal, s olyan mennyiségű keresés érkezett egy óra leforgása alatt, amelyre senki nem volt felkészülve. (Hasonló történt az Egyesült Államokban egy évvel korábban, amikor az 1892 és 1924 között az Ellis Islanden keresztül New Yorkba érkező 17 millió bevándorlóra vonatkozó, mikrofilmen őrzött hajórakomány- és utasjegyzékek váltak kereshető formában hozzáférhetővé a weben.) Később már elővigyázatosabbak voltak az angolok: a Nemzeti Levéltár 2006-ban egy családtörténeti kutatással foglalkozó céggel kötött szerződést az 1911-es népszámlálás 8,5 millió dokumentumának digitalizálására és feldolgozására (beleértve a saját kezűleg kitöltött egykori űrlapokat).

A gyors szemlélet azért kezdtek ezekkel az esetekkel, hogy kirajzolódhassanak a határvonalak, amelyek a korábbi paradigmától (számítógép a történettudományban, kvantitatív történetírás, kliometria) elválasztják a digitális történelmet.

Amióta világossá vált, hogy a nagygépes környezet korlátainak lebomlása után elérhetővé vált mikroszámítógépek alkalmasak bármilyen adattömeg kezelésére, a nagy adatfeldolgozási szükségletekkel rendelkező történeti kutatások értelem-

szerűen fordultak a problémáikat megoldó eszköz- és módszertanok felé.³ Amiben a számítógép segíteni tudott, az az adatbázis-kezelő szoftverben rögzített adatok fogadása és tárolása, visszakeresése és feldolgozása, a feldolgozás eredményének grafikonos megjelenítése. A létrejövő alkalmazott történeti adatbázisok egy-egy kutatási témát szolgáltattak ki, a bevitt végző kutatócsoport tagjai fértek hozzá. A történeti munkát az általuk feltárt forráscsoportokból kinyerhető adatok rögzítésének kiszervezése (vagy megosztása) könnyítette meg, az egyszerű hozzáférés és a feldolgozást támogató szoftveres megoldások használata pedig gyorsabbá és egyszerűbbé tette az adatokból kinyerhető összefüggések és relációk feltárását, majd az arra ráépülő elemzést. A gépről tipikusan floppyra, később CD-re mentett állományok jelentették a hordozhatóságot, vagy tették lehetővé mások hozzáférését. Az adattáblák hasznos mellékleteknek (olykor forrásközlésnek) számítottak az eredmények megosztásakor, a statisztikává párolt nyersanyag bizonyos halmazainak szerkesztett változatai pedig színes illusztrációkká tudtak válni.⁴

Az 1990-es évek közepétől jelentett nagy ugrást mindehhez képest az online közzététel, az internetes megosztás gyakorlata, s mögötte a feldolgozási kapacitás megnövekedése, amelynek köszönhetően a korábbiakhoz képest nagyságrendekkel nagyobb állományok váltak gépi közvetítéssel kezelhetővé. Sok történeti műhely ismerte fel, hogy milyen plusz lehetőségek rejtőznek a hálózati kultúrába tagozódásban. Az adatbázisok a gépek merevlemezeiről és a CD-kről – korlátozásokkal⁵ vagy anélkül, ingyenes vagy fizetős eléréssel – kiszabadultak a World Wide Webre, és evvel a fókusz is elkezdett eltolódni az alkalmazott adatbázisoktól a teljes körű digitális forrásközzététel irányába. A papír-, illetve mikrofilmalapú forrásokról alkalmi projektek részeként kézi erővel adatbázisba vitt numerikus világ helyét komplett forráscsoportok (régii újságok és folyóiratok, kéziratok és levelek, fotó- és térképgyűjtemények, levéltári őrzési egységek), terv- és iparszerű, szisztematikus, központilag támogatott digitalizálása vette át, a memóriaintézményekkel az élen, amelyek felismerték, hogy a digitális állományok részben

³ A részletekre magyarul lásd Evan Mawdsley és Thomas Munck könyvét (1996), és benne a Benda Gyula és Halmos Károly által összeállított szakirodalmi szemlét (*Számítástechnika, kvantifikáció és történelem. A magyar irodalom bibliográfiája*. 279–286.).

⁴ Ennek remek példája a görög poliszok társadalomtörténetének Németh György vezetésével Apple Macintosh számítógépre készült adatbázisa (Németh, 1998), amely a felhajtóerőt biztosította a téma szintetikus összegzéséhez (Németh, 1999), és számtalan kisebb közleményhez.

⁵ A Kominternnek az Orosz Állami Társadalom- és Politikátörténeti Archívumban őrzött 22 millió oldalas iratanyagának egymillió, leggyakrabban használt darbjáról készült nemzetközi együttműködéssel digitális másolat. Ezekhez egy ideig csak a moszkvai anyaintézet olvasótermében, később a partnerintézmények (köztük a latin átírást végző amerikai Kongresszusi Könyvtár) dedikált munkaállomásain lehetett ingyenesen hozzáférni (Magyarországon 2003 vége óta az Open Society Archive-nál, OSA). Az internetes megosztásról azóta folynak a viták, de a gyűjtemény még nem nyílt meg a hálózati polgárok számára.

mentesítik az őrzött példányokat a felhasználói terheléstől⁶, részben új utat nyitnak a tartalomban való kutakodásnak.

A digitalizálás és a szövegek (később: képek) kereshetősége olyan technológiai lehetőségekkel gazdagították a korábbi gyakorlatot, amelyek szintén csak a kilencvenes évek közepén váltak elérhetővé. A források digitális kópiája az esetek legnagyobb részében az eredeti állományok teljesen identikus, információvesztés nélküli megismerését teszi lehetővé. A releváns tartalom megtalálásának pedig ugrásszerűen megnő az esélye: részben az állományok pusztá beolvasásán túlmenő szakszerű, szabványokon alapuló *metaadatolásnak*, részben a szövegekben megnyíló kulcsszavas keresésnek köszönhetően. (Emiatt kellett sokszor a sebtében és ötletszerűen beszkenneletett állományokhoz másodszor vagy harmadszor is hozzájárulni, hogy megfelelő formátumban készült változatokkal lehessen kicserélni és használhatóvá tenni azokat.)

A jó metaadatok révén különböző őrzési helyeken tárolt állományok vonhatóak össze virtuális gyűjteményekké (ilyenek például a – főleg középkori anyagra szakosodott – képkönyvtárak) (lásd URL2 vagy URL3), és a forrásokhoz linkkompozíciókkal kapcsolható a könyv vagy tanulmány formájában elektronikusan elérhető elsődleges szakirodalom.

A 'nagy adat' azonban nem írható le és érthető meg pusztán nagy „mennyiségként”. Legalább annyira lényeges, hogy az állomány hatalmas sebességgel növekszik (bizonyos területeken a képződéssel párhuzamosan, valós időben követhető és feldolgozható módon), s a létrejövő állomány elemeinek kapcsolódása pedig akkora mennyiségű variációt eredményez, hogy magasabb rendű összefüggések kinyeréséhez, felismeréséhez és következtetések levonásához új feldolgozási formákra van szükség. A technológiai fejlődés ma már elsősorban ezt a legutolsó szakaszt támogatja, hiszen az adattá tétel és az adatkezelés eljárásai régóta konszolidálódtak. Az újdonság így egyre inkább abban van, miképpen jeleníthetők meg úgy az adatok, hogy annak heurisztikus értéke legyen a megismerő elme számára. A nagy adat forradalma elválaszthatatlan a vizualizálás elegáns, látványos és rohamtempóban fejlődő alaprendszereitől. Elsősorban az információk térképes ábrázolására (a földrajzi információk rendszerek más adatkörökkel való termékeny összekapcsolásával), a háromdimenziós adatmegjelenítés eszközeinek az animációval való összekapcsolására, a kronológiai elrendezés konvencionális időegyenesen túllépő számtalan variációjára és az interaktív felületekre gondoljunk. Egészen különleges felhasználói élmény, amikor ki-ki egy egységben látott állomány számára releváns részletére „zoomolva” csak azt emeli ki és jeleníti meg, amire neki szüksége van. A szöveghez, a történelmi munka hagyományos narrációjához képest felértékelődik a kép, és minél inkább makrostruktúrákat jel-

⁶Norvégia például minden más országot megelőzve tűzte ki stratégiai célként, hogy teljes levéltári gyűjteményét minél hamarabb digitalizálja.

lemeznek az adatok, annál inkább az arányok, a ritmusok, a rejtett szerkezetek megelevenedése a megismerő élmény forrása. Különösen érdekes a vizuális rekonstrukciók, hajdanvolt települések, épületek megelevenítése grafikai eszközökkel, Trójától az alexandriai könyvtárig.

Az ismerkedést olyan anyagokkal érdemes kezdeni, mint a University of Dallas kutatóinak ötperces filmje az emberiség 2600 évének kulturális centrumairól – amelyek tér- és időbeli váltakozása 120 ezer „történelmi személyiség” születési és halálozási helyszínének adatbázisba építésével vált mozgóképes formában megjeleníthetővé, olyan izgalmas tanulságokra való rácsodálkozással, hogy Párizs csak 1789-ben vette át Rómától a csomóponti szerepet (URL4). Vagy a közelmúltban elhunyt Hans Rosling Gapminderének (bárki által használható statisztikageneráló oldalának) talán leghíresebb videoetüdjé, a *200 év, 200 ország, 4 percben*. Ebben a rendkívül látványos és meggyőző animált infografikai csúcsteljesítményben a kép és az emberi magyarázat együtt teljesíti ki a különleges élményt. Egyetlen mozgóképben kel életre az az elképesztő statisztikai anyag, amely az átlagéletkorra és jövedelemre vonatkozó adattömegből megrajzolja az egyes országok és országcsoportok jóléti mozgását 1800-tól napjainkig (URL5). S korábban szintén elképzelhetetlen volt olyan méretű kapcsolati hálózat feltárása és megjelenítése is, mint a kora modern (16. és 18. század közötti) Anglia 13 ezer nevezetes szereplője között megrajzolható 200 ezer összeköttetés (URL6) – vagy az e sorok írásakor 12 217 személy leveleit tartalmazó Early Modern Letters Online (EMLO), amelyre az Oxfordi Egyetem Cultures of Knowledge (Networking the Republic of Letters, 1550–1750) és a Stanford Egyetemnek az összefüggéseket térképen ábrázoló Mapping the Republic of Letters című projektje épül (URL7, URL8).

Ahhoz azonban, hogy a nagy adat és a digitális történelem metszéspontján kirajzolódó leglényegesebb változásokhoz közelebb kerülhessünk, újra hozzá kell fognunk a történetmeséléshez, de immár egészen máshonnan kezdve.

(ÉLET)IDŐ, KUTATÁSI ERŐFORRÁSOK ÉS SZAKMASZOCIOLÓGIA. A TÖRTÉNÉSZ ÉS AZ Ő MUNKÁJA

„Ne higgyetek a történetírásnak, ha nem a legkivételesebb szellemekből fakad, [...] (de) ne becsüljük le a történettudomány fuvarozó, főlhalmozó, rendezgető munkásait csak azért, mert bizonyára nem válhatnak nagy történészé.”

(Nietzsche, 1989, 66.)

A nagy történészeket és régészeket mindig egyedül látjuk a fényképeken, ahogy galambósz (jellemzően hátrafésült) hajjal, kedves könyveik, kézírataik és tárgyaik között szigorúan tekintenek a nyugalmukat megzavaró kamerába. Néha feltűnnek a cédulásdobozok is, amelyekben az évtizedek alatt hangyaszorgalommal

összegyűjtött feljegyzéseik pihennek. Szinte kézzelfoghatóan érezzük, hogy amikor a tudós megszűnik majd alkotni, óriási űr keletkezik a helyén: hosszú időnek kell eltelnie még, amíg valamelyik tanítványa majd a helyére lép.

A történezmesterség mindig is feltűnően magányos, individuális tevékenységet jelentett. A levéltár vagy a könyvtár csendjében, kedves segítőkkel, de mégiscsak egyedül. Szeretett Mester(ek) és legendás szemináriumok ugyan szinte mindig akadnak az egyetemen (aki/k/re még sokáig jólesően és tiszta szívből lehet hivatkozni), de a forrásokkal folytatott csatában és az alkotás, a narratívák összeállításának pillanataiban a kutató tartósan és jellemzően önmagára van utalva. A szakmai találkozók, a tanulmányok és a könyvek megjelenése alkalmából elinduló viták, a Mesterré válással megjelenő igény a tanításra, a tudás átadására és felépítésére – mindezzel rövid időre megjelenik ugyan a történezt körülvevő közösségi tér is, de ennek jellemzően nem az új tudások létrehozásában, hanem az új tudások létrehozásához elengedhetetlenül szükséges szakmai közélet megteremtésében és életben tartásában van szerepe.⁷

Ez a békeidőket felidéző, részben idilli kép a múlté. Az a korszakváltás, amellyel a 19. század megteremtette az egyszerű eseménytörténet helyére lépő problémaközpontú elemzés⁸ (s ennek révén a téren és időn keresztül is diskurzusképes, egymásra épülni tudó történeti vizsgálódások) szakmai-módszertani standardjait⁹, eltörpül a 21. század elején, szemünk láttára formálódó minőségi váltás mögött. A nagy adat- és a digitális eszközkészlet ugyanis nemcsak a történelmi munka minden eddiginél hatékonyabb infrastruktúráját kínálja: segítségükkel az *a mód* alakul át, ahogyan a történeti kutatás alapjául szolgáló forrásaink elrendeződnek, ahogyan kereshetőek, ahogyan viszonyulunk hozzájuk, ahogyan értékeli őket, és ahogyan további feldolgozásra elrendezhetőek. Ráadásul avval, ahogyan egyre több forrás, dokumentum és szakirodalom áll rendelkezésre az azonnaliságot biztosító *online* térben, ezek elérhetővé tétele, áttekintése, előfeldolgozása, megfelelő forráskritikai apparátussal való ellátása, az indexelt hozzáférés folyamatos biztosítása *hatalmas emberi erőforrásigényt*

⁷ Szépen mesél erről Georges Duby és Guy Lardreau (1993, 36.): (a nyomok mellőzése és felszínre hozása) „nem egyetlen egyén ítélete, hiszen nyilvánvaló, hogy az én tevékenységem nem különülhet el néhány kortársamtól, elődömetől, akikkel tökéletes nézetazonosság köt össze. Nemcsak azokról van szó, akik körülöttem végeznek kutatásokat, akikkel hetente találkozom, hanem másokról, tőlem igen távol dolgozó pályatársakról is. Nemcsak közvetlen tanáiraival [...] vállalom a közösséget, hanem többi mesteremmel is. Választásom nem szabad... én is egy közösségbe tartozom...”

⁸ Ami természetesen nem jelenti azt, hogy Ibn Khaldún vagy Condorcet ne lépett volna fel evvel az igénnyel – csak azt, hogy nem tudtak diskurzusképzővé válni, életművük egyfajta historiográfiai torzó.

⁹ Tegyük hozzá: a szintén a 19. században létrejövő szakmai testületek és társaságok is magát a szakmát, illetve annak normáit és infrastruktúráját termelik. Mindennek a történelmi tudás termelése felőli korai megközelítésére lásd Jacob Burckhardt (1943, 25–30.).

teremt. A digitalizálással, metaadatulással, webprogramozással kapcsolatos munkákhoz, majd a bevitel, az áttekintés, az elolvasás, a feltárás vagy a kivonatolás műveleteihez nagyon sok eszközre és kutatói életidőre van szükség – és akkor még nem szóltunk a rendezés, a feldolgozás, az értelmezés, az értékelés, kontextusba helyezés feladatairól. Az új eredmények mögött így egyre inkább a hagyományos földrajzi és szakmai határokon átívelő kutató közösségek (Lewis Mumfordot parafrázálva: tudománytermelő *megagépezetek*) állnak, magát az alkotás folyamatát is kooperatív tevékenységgé változtatva, a szakmai információk mind hatékonyabb cseréjével és folyamatosan újrendezett munkamegosztással.

Mindez valóban arányban áll a megoldandó feladatok nagyságával. A figyelembe veendő források, adatok, szempontok, szakirodalmak és rokon területek óriási száma miatt valódi (vagy akár csak részleges) feldolgozási teljességig a legnagyobb történészek egy élet munkájával is csak ritkán tudtak eljutni – miközben a legnagyobb, leginkább maradandó monográfiák és tanulmányok a megformáltság, a „megoldottság”, a megszüntetett kérdőjelek, a megnyitott dimenziók élményével természetesen ugyanúgy a kerek Egész érzését közvetítették, mint mondjuk a műalkotások.¹⁰ S noha egy-egy nagy összegzést zajosan ünnepelt a szakmai és „társasági” közélet, az eredendő, lényegi hiányérzet megformálására (sokszor ugyanazoktól a szerzőktől) a történetfilozófiai reflexiók és a történelemszűrés végén írott módszertani útravalók, illetve számvetések rejtett vonulataként került sor. A történész legszűkösebb erőforrása ugyanis – kimondva-kimondatlanul – mindig *az idő* volt: a levél- és könyvtári források felkutatása, feldolgozásra előkészítése, (kézirásos) másolása. A releváns részek keresése, rögzítése, visszakeresése. A megtalált (sokszor óriási mennyiségű) szöveg, kép, tárgy elolvasása, végignézése. A problémák megoldásához esélyt kínáló társtudományok irodalmának fürkészése. A teljesítmény garanciájává (az invención felül) így vált a történész szorgalma, kitartása, a kutatásra fordított idő mértéke.

Technológiai oldalról – bármilyen meglepő is – a 80-as évek közepétől nem is a számítógép, hanem még a tömegszolgáltatássá lett *fénymásolás* megjelenése kezdte enyhíteni a levéltári és könyvtári munka keserveit. Az ekképpen szerzett időnyereség teljesítménynövekedésbe fordult: a „megnyert” időt szélesebb spektrumú forráskeresésre lehetett felhasználni. A *számítógép* esetében pedig a kvantitatív kutatások során a nagy mennyiségű adat feldolgozhatóvá tétele váltotta ki azt az időt, amelyet a hagyományos „kézi” módszerekkel kellett volna a gondozásukra fordítani. A rendkívüli méretű digitális állományokon végzett szöveg-bányászati-analitikus eljárások esetében azonban már nem csak az időnyereség

¹⁰ „Mint a nagy műalkotást, a nagy történelmi művet is átélheti más ember” (Braun, 1922, 82.)
Kicsit később: a történelem újra átélése szoros rokonságban van a világ művészi felfogásával (88.).

a célfüggvény: ezek új összefüggések felismerését teszik lehetővé hagyományos kutatói megközelítéssel nehezen felderíthető anyagon. Ehhez azonban csoportmunkára van szükség. Ami nem volt elvégezhető nagy, individuális tetteként, az most lépésről lépésre megvalósíthatóvá válik az azonos kérdésekkel foglalkozó és tevékenységüket munkamegosztás-szerűen összehangoló történészek és a mind professzionálisabb háttértámogatást nyújtani képes kutatási asszisztencia összekapcsolásával kiterjesztett cselekvési térben. De nem csak egy megnövelt méretű és a korábbi időknél kooperatívabb történészcéh tagjai a részesei az új tudások előállításának. Onnan is érkeznek a segédcsapatok, ahonnan a 19. század nagy pozitívista iránymutatói elképzelni sem tudták volna.

MICROTASKING, CROWDSOURCING – ÚJ ERŐFORRÁS A TÖRTÉNETI KUTATÁSBAN

„Mint mindig, most is egy csoport középpontjában vagyok, a csoporttal együtt haladok előre [...] már ők teszik fel a kérdést. Nem nekem, hanem nekik van esélyük arra, hogy a kérdést megválaszolják.”

(Duby, 2000, 155.)

A nagy adat világában a számolásteljesítményt elvégzi a brutális processzorero. De hogyan lehet minden egyes rekordhoz értelmezésre képes aggyal összekapcsolt emberi szemet rendelni? Miképp lehetne elvárni, hogy a szaktörténészek egyenként szembesüljenek a gigászivá nőtt adatuniverzum megszámlálhatatlan egyedi objektumával? Hogy kódolják, értelmezzék, ellenőrizték, metaadatulják, más adatokkal összekapcsolják őket?

Ott, ahol egy nagy volumenű feladat elvégzése sok-sok kicsi részfeladatra bontással megoldható, nem egy embernek kell embertelenül sok feladatot elvégeznie, hanem nagyon sok ember teljesít fejenként csekély mennyiségű munkát. Ez a *microtasking* világa, ahol a hálózati térben a feladat elvégzésétől remélt előrelépés ígéréteben önkéntesek ezrei (nagyobb projektek esetén milliói) kínálják fel saját életidejük kis részét, hogy számukra fontos ügyeket előrevigyenek. A más tudományterületeket is mind markánsabban jellemző tömeges erőforrásszerzés, a *crowdsourc*e a történeti tudás termelésének értékláncában szinte minden ponton feltűnhet.

Önkéntesek vesznek részt dokumentumok, fényképek vagy akár folyóiratok digitalizálásában. (Egyetlen nyugdíjas amerikai mérnök a Kongresszusi Könyvtár teljes folyóirat-digitalizálási teljesítményének harmadával bír.) Mindennek neve is van már: *civil archiválás*. Históriaját 2009-ig szokás visszavetni, amikor az Ausztrál Nemzeti Könyvtár a nemzeti történelmi dokumentumok interaktív portáljának (Trove) építéséhez programszerűen vette igénybe a hálózati polgárok segítségét. Azóta száznál is több ilyen projekt indult már, az önkéntesek tipikusan az archívumok építésében, a meglévő gyűjtemények

kiegészítésében, a hibaigazításban és a metaadatulásban segítenek. A leginkább jellemző a nyilvánossá tett iratok tömegének feldolgozásában nyújtott segítség. A British National Archives 1,5 millió oldalnyi feljegyzés közzétételére vállalkozott a honlapján, kivétel nélkül az első világháborúban harcolt katonák feljegyzéseiből, akik sok dokumentumot kézzel, a fronton írtak meg. Az archívum önkénteseket kért fel, hogy segítsenek a történészeknek feldolgozni (sok esetben a gyorsírás, illetve az olvashatatlan kézírás miatt: egyáltalán elolvasni) a naplókát és leveleket, hogy minél több ember megismerhesse a fronton harcoló rokonát. A *Moving Here* oldalon harminc helyi, regionális és országos brit múzeum gyűjteményéből több mint 150 000 forrásanyag érhető el digitálisan, és a gyűjtemény azáltal is gyarapodik, hogy a látogatók feltölthetik saját családi emlékezetük témába vágó darabjait. A levéltárakba zárt feldolgozatlan kéziratok egyes oldalainak „kiosztását” segítő, bármilyen kutatási programhoz ingyenesen igénybe vehető szoftvereszközt az „Írd át Benthamet” (Transcribe Bentham) projekt oldalvén fejlesztették ki, amelyik 2016. április 18-án 15 788, önkéntesek által elolvasott és számítógépes szövegszerkesztőbe bevitt, ellenőrzött kéziratoldalnál tart. Magyarországon az OSA, a Nyílt Társadalom Archívuma reméli a második világháború „csillagos háza” történetének megismerését az érintett lakosság adatközléseinek a segítségével előbbre vinni (a 2000 épületből 1600 ma is létezik) (URL9, URL10, URL11).

A webre feltöltött műholdképek százazreire vagy a Google Earth megadott szelvényein belül fürge önkéntesek ezrei próbálnak megtalálni nevezetes objektumokat (az érdeklődők látogassanak el a Field Expedition: Mongolia – Valley of the Khans Project oldalára [URL12], hogy képet kaphassanak arról, hogyan működik a Lengyelországtól Japánig terjedő mongol birodalomhoz köthető, ma is látható felszíni képződmények – egykori folyók, utak, ősi építmények – azonosítása).

Ez a lendület nemhogy nem látszik kifulladásra, hanem szinte naponta kapunk híreket régi és új szereplők friss projektjeiről. Az egyelőre láthatatlan (már létező, de digitálisan elérhetetlen) úgynevezett „sötét adat” (dark data) birodalmából is újabb óriásállományok felszabadulása és megosztása remélhető, sokszor a legváratlanabb helyekről. Ilyenek voltak legutóbb például a klímátörténészek számára felbecsülhetetlen jelentőségű 1964-es képek a Földről, amelyeket a NASA Nimbus nevű műholdja készített. A mágnesszalagra rögzített felvételeket tévéképernyőn játszották egykor vissza, s ekkor készítették fényképeket róluk, amelyeket a sorozatjelleg miatt filmszalagra vittek. Az azóta is ömlesztve, rendezetlenül tárolt anyag talán soha nem lett volna közkinccsé, ha egy elkötelezett kutató, David Gallagher nem szervezi meg az irtózatlan adatmennyiség digitalizálását. A több mint 200 ezer fotó ma szabványosított formában hozzáférhető és kereshető. (Jellemző, hogy ez a több gigabájtnyi anyag elfér egy pendrive-on, de a korban nem volt akkora tárolási kapacitás, amely képes lett volna kezelni, ezért kellett a fotókat elkészíteni; URL13.)

ÖSSZEGZÉS, KITEKINTÉS

Foglaljuk össze, immár pontokba szedve, hogy a nagy adat, a digitális történelem és a crowdsourcing hol és mit változtat *s mit nem* a történeti kutatásban.

1. A korábbi kutatási feltételrendszerben elképzelhetetlen méretű adattömeg egyidejű kezelése vált praktikusán megoldhatóvá, a megértést szokatlan vizuális erővel támogató megjelenítési eljárásokkal karöltve. Mindez egy új kooperatív térben zajlik: kutatóközösségek határokön átívelő munkamegosztásával és önkéntesek tömegének bekapcsolásával kialakuló „tudástermelő óriásgépek” létrejöttével.

Mérlege: az új kutatási eredményekhez való eljutásnak egy új osztálya jött létre, a jelen történetének kutatása pedig olyan instrumentumokkal gazdagodik, amelyek későbbi korok történészei számára majd különleges felbontásban teszik lehetővé a retrospekiót.

2. A kutatásokat tervező és lebonyolító történészi munka szempontjából az egyéni eredmény eléréséhez szükséges időteher nagy része átkerül a gépi számolásteljesítmény és a spontán munkaszervezetbe tömörült emberi elmék oldalára.

Mérlege: részben megnő az immár reálisan tervezhető kutatások száma és formagazdagsága, másrészt a történészi munkaidő felszabadul a nagyobb hozzáadott érték, a magasabb rendű műveletek (absztrakciók, kontextusok, összehasonlítás, értékelés, diskurzusképzés) számára.

3. A memóriaintézmények forrástömegének esetében, s főleg az ókori és középkori anyagnál messzemenően felértékelődik a „klasszikus” forráskritikai és segédtudományi (a digitalizáláshoz szükséges magas szintű diplomatikai, paleográfiai, idegen nyelvi, ikonológiai és más) tudás.

Mérlege: a digitalizálás intenzív szakaszában a jelenlegi kibocsátásnál nagyobb mértékben volna szükség felkészült szakemberekre, hogy a következő tudósgeneráció megbízhatóan rendszerezett, feltárt és bővíthető állományokra mint alapra építhesse feldolgozó munkáját. Ennek messzemenő tudomány- és felsőoktatás-politikai következményeiről azonban még nem indult el a párbeszéd.

4. Az új emberi és gépi erőforrások megjelenése elkezdte szolidan átrendezni azt a hatalmi teret, amely részben a tudománypolitikával párosult fiskális eszközök, részben az intézményi és tekintélystruktúrák révén meghatározta azt, hogy mikor, milyen kutatási programok és milyen történészek által irányítva élveznek támogatást.

Mérlege: a társadalomnak a történeti kérdések iránt érzékeny és elkötelezett tagjai a történeti eredmények pusztá fogyasztóiból a kutatások tematizálójává

(agenda setter) tudnak válni azáltal, hogy milyen programok mögé sorakoznak fel. Evvel összességében erőforrás-bevonás történik a történettudomány művelésébe, amely megnöveli az alternatív, kísérleti programok elindíthatóságának esélyét is.

5. A korábban a társadalomtól elkülönült, arisztokratikus *céh*be tömörült történészközösség és a történelemfogyasztó nagyközönség közti határvonal így számos formában elmosódik. Közelebb kerül egymáshoz családtörténet és köztörténet, nemzeti és családi emlékezet. A személyes és a köztörténeti vonatkozások.

Mérlege: a részvétel kultúráján és ethoszán keresztül a társadalomban újfajta (részben emancipatorikusnak tekinthető) érzékenység bontakozik ki a történelmi múlt iránt, s ez a tudományos műhelyeket egyúttal arra is készíti, hogy a korábban is hangsúlyosabban formálják meg eredményeiket a tudományos ismeretterjesztés csatornáin.

6. A digitális eszköztár, az attraktív megjelenítés és a népszerűsítő történelmi tárgyak megállíthatatlan beáramlása a hálózati világ népszerű tartalomgyáraiba oda vezet, hogy a történelem tanítása és tanulása eltolódik a hagyományos (premediális, frontális) műfajoktól, s a történelmi tudat formálódását alakító csatornák, szereplők és hatások száma is megnő (Kee, 2014).

Mérlege: a történelemhez való viszony, a történelmi gondolkodás is átalakul. (Mindennek az is része, hogy a számítógépes és hálózati forradalom története mint megélt közelmúlt már maga is történelmi tárgy.)

7. A fentiek együttesen azt ígéri, hogy *bizonyos kutatási kérdések esetén* a műkedvelő és a szakember közti határok is máshová kerülnek. Egykor a helytörténetírásban vagy a gyógyítás- és technikatörténeti tárgyak kapcsán a minőségi kritériumoknak megfelelni tudó iskolaigazgatók, papok, orvosok és mérnökök minden további nélkül válhattak teljes értékű történelmi művek létrehozóivá, a „hobbytörténészek” kasztjából kiváló professzionális amatőrre (professional amateur, ProAm). Ma egy egészen más történelmi szocializációs térben felnövekvő nemzedék egyre több tagja számára nyílik meg az esély, hogy ne csak önkéntessé, hanem megfelelő kompetenciák megszerzése esetén az állampolgári tudomány (citizen science) képviselőjévé is váljon.

Mérlege: a történelmi kutatások világába az elemi szintű adatműveleteken túl is vezethet út. A nyilvánosság, a megosztás és a participáció új közösségi kultúrájában a párbeszéd, a vita, a kritika, a hipotézisgenerálás és a hipotézisvizsgálat is megnyílik olyanok számára, akiknek eddig ez nem volt lehetőségként adott (Rosenzweig, 2010). A történész szakma demokratizálódik, a szakmai közélet új formái jönnek létre.

8. *Nem változik* a szakmai standardoknak az a hosszú idő alatt kiformált együttese, amelyekhez megfelelő előképzettséget társítva az egyetemi és akadémiai minőségbiztosítás rendszerén átjutóknak, a történész munkát életpályaszerűen folytatóknak igazodniuk kell. A forráskutatás, feltárás, kezelés rutinműveletei, a filológiai pontosság, a forráskritika, a verifikálhatóság és falszifikálhatóság kritériumának való megfelelés, a meghaladni kívánt diskurzusok elmélyült (historiográfiai) ismerete, a kellő mélységben feltárt szakirodalomra épülő következtetések, az állítások plauzibilitásának vizsgálata és számos más, a gyakorlat sodrában normaként kialakult eljárás továbbra is az új történeti ismeret megtermelésének aranyfedezetét jelenti. Ezek a minőségi követelmények mindenkire vonatkoznak, a tudományos újságíróktól a professzionális amatőrökig.

Mérlege: A történelmet hivatásrendként művelők esetében a tények kompozícióba rendezése, a szisztematizálás, a táguló témauniverzumok monográfiákkal való időszakos összebroncsolása, új modellek, absztrakciók és kontextusok keresése továbbra is az egyéni szorgalom, tehetség és invenció kérdése marad – ám a közösségi beágyazás és a megosztás erősödő imperatívuszával.

IRODALOM

- Aiden, E. – Michel, J.-B. (2013): *Uncharted: Big Data as a Lens on Human Culture*. Riverhead
- Braun, O. (1922): A történettudomány ismeretértéke. In: Braun, O.: *Bevezetés a történetfilozófiába. (Filozófiai Könyvtár)* (ford. Pukánszky B.) Budapest: Pfeifer Ferdinánd (Zeidler testvérek) Nemzeti könyvkereskedésének kiadása, http://mtdaportal.extra.hu/books_kulf/braun_otto_bevezetes_a_tortenetfilozofiaba.pdf
- Burckhardt, J. (1943): The Qualifications of the Nineteenth Century from the Study of History. In: Burckhardt, J.: *Reflections on History*. London: George Allen & Unwin Ltd.
- Carr, E. H. (1993): *Mi a történelem? (Századvég Könyvtár)* (ford. Bérczes T.) Budapest: Századvég–Osiris Kiadó
- Duby, G. (2000): *Folytonos történelem.* (ford. ifj. Benda K.) Budapest: Napvilág Kiadó
- Duby, G. – Lardreau, G. (1993): *Párbeszéd a történelemről.* (ford. Szilágyi G.) Budapest: Akadémiai Kiadó
- Galgano, M. J. – Arndt, C. – Hyser, R. M. (2012): *Doing History: Research and Writing in the Digital Age.* Cengage Learning; 2nd edition
- Kee, K. (2014): *Pastplay: Teaching and Learning History with Technology.* Ann Arbor: University of Michigan Press
- Mawdsley, E. – Munck, T. (1996): *Számítógép a történettudományban.* (ford. Turi László) Budapest: Osiris Kiadó
- Nawrotzki, K. – Dougherty, J. (2013): *Writing History in the Digital Age. (Digital Humanities Series).* Ann Arbor: University of Michigan Press, DOI: 10.3998/dh.12230987.0001.001, <https://quod.lib.umich.edu/cgi/t/text/text-idx?cc=dh;c=dh;idno=12230987.0001.001;rgn=full%20text;view=toc;xc=1;g=dculture>
- Németh Gy. (1998): A POLIS-program. *Ókortudományi Értesítő*, 2, 33–34.
- Németh Gy. (1999): *Polisok világa. Bevezetés a görög archaikus és koraklasszikus kor társadalomtörténetébe.* Budapest: Korona Kiadó

- Nietzsche, F. (1989): *A történelem hasznáról és káráról.* (ford. Tatár Gy.) Budapest: Akadémiai Kiadó
- Pentland, A. (2014): *Social Physics: How Good Ideas Spread - The Lessons from a New Science.* Penguin Press
- Pentland, A. (2015): *Social Physics: How Social Networks Can Make Us Smarter.* Penguin Press
- Rosenzweig, R. (2010): *Clio Wired: The Future of the Past in the Digital Age.* Columbia University Press
- Weller, T. (2012): *History in the Digital Age.* Routledge
- Z. Karvalics L. (2015): A nagy adat-jelenség társadalomtudományi lehorgonyzásához. *Replika*, 3–4, 92–93., 189–202. http://replika.hu/system/files/archivum/92-93_14_zkl.pdf
- URL1: <https://datascience.berkeley.edu/erez-lieberman-aiden-and-jean-baptiste-michel-what-we-learned-from-5-million-books/> (Letöltve: 2016. 04. 14.)
- URL2: www.bl.uk/catalogues/illuminatedmanuscripts
- URL3: <http://utu.morganlibrary.org/index.htm>
- URL4: <http://www.nature.com/news/humanity-s-cultural-history-captured-in-5-minute-film-1.15650>
- URL5: <https://www.youtube.com/watch?v=jbkSRLYSojo>
- URL6: <http://sixdegreesoffrancisbacon.com/>
- URL7: <http://www.culturesofknowledge.org/>
- URL8: <http://republicofletters.stanford.edu/>
- URL9: <http://blogs.ucl.ac.uk/transcribe-bentham/>
- URL10: <http://www.movinghere.org.uk>
- URL11: <http://www.csillagoshazak.hu/>
- URL12: <http://exploration.nationalgeographic.com/mongolia>
- URL13: <http://barentsobserver.com/en/2014/10/american-scientists-unearth-lost-1960s-polar-satellite-images-worth-billions-14-10#VD1bCUcp6oU.twitter>

A SZOCIOLÓGIA HELYE A BIG DATA-PARADIGMÁBAN ÉS A BIG DATA HELYE A SZOCIOLÓGIÁBAN

ROLE OF SOCIOLOGY IN BIG DATA PARADIGM, AND ROLE OF BIG DATA IN SOCIOLOGY

Kmetty Zoltán

PhD, egyetemi adjunktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Kar, Szociológia Intézet
zkmetty@tatk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A digitális adatrögzítés, a közösségi média, a dolgok internete (Internet of Things, IoT) és összességében a digitalizáció olyan mennyiségű adatot generált, ami korábban elképzelhetetlen lett volna. Az adattudomány teljesen új perspektívája nyílt meg, amelynek a lehetőségei és a határai sem láthatóak még. Mivel a nagy adatbázisok (Big Data) feldolgozásának képessége nem része általában a szociológusok standard eszköztárának, más tudományterületek képviselői (például a fizikusok), aktív résztvevőivé váltak a társadalomtudományi Big Data-kutatásoknak, továbbá olyan új szakmák is kialakultak, mint az adattudósé. De az adatok keletkezésének megértése és a jó kutatási kérdések feltevése a Big Data-paradigmán belül is elengedhetetlen ahhoz, hogy új tudományos eredményekhez jussunk. A társadalomtudósok rengeteg tudást felhalmoztak a világról, tudják mik a társadalom strukturálódásának mozgatórugói, sokat tudnak az emberi viselkedésről is. Ezt a tudást fel kell használni a kutatási kérdéseink megfogalmazásához, annak érdekében, hogy a társadalom Big Data-alapú vizsgálatában előre tudjunk lépni.

ABSTRACT

Digital data recording, social media, IoT (Internet of Things) and the entire digitalisation produce such amount of data that was unimaginable in the past. It opens entire new perspectives for data science, but its potential and limitations are hard to see know. As the techniques of data processing at large scale databases (so-called 'Big Data') are not always the part of the basic inventory of sociologists, scientists of other fields (like physicists) became active participants of Big Data analysis in social researches and new professions like data scientists have emerged. But understanding the data generating mechanisms and asking the good questions is essential, if we would like to create new scientific knowledge based on this kind of data. Social Scientist have gathered a lot of knowledge about the world, they know how societies structure, and they know a lot about human behaviour. This knowledge has to be used to shape our research questions in order to reach further in studying the society based on Big Data.

Kulcsszavak: Big Data, szociológia, adattudomány, érvényesség, konfirmatív logika

Keywords: Big Data, sociology, data science, validity, confirmative logic

BEVEZETÉS

A digitális adatrögzítés és adattárolás felfutása és a digitalizáció általános elterjedése önmagában olyan adatmennyiséget generált az elmúlt években, ami korábban elképzelhetetlen lett volna. Az adatokkal foglalkozó és dolgozó tudományokban ez egy olyan új perspektívát nyitott meg, amelynek a lehetőségeivel és korlátaival csak most kezdenek el ismerkedni az ezzel foglalkozó kutatók. Az adatmennyiség nemcsak a nagysága miatt érdekes (persze ez is számos következménnyel jár), hanem a keletkezés módja is újszerű, főleg a társadalomtudományok számára. A számokkal és kvantitatív elemzéssel foglalkozó szociológusok többsége abban a paradigmában élt eddig, hogy hivatalos adatgyűjtésekre vagy speciális *survey* kutatásokra támaszkodva próbáljon eredményekre jutni. Ezekben a típusú adatgyűjtésekben alapvetően az volt a közös, hogy tervszerűen elemzési célokra készítették ezeket az adatokat, legalábbis az adatok magas struktúráltággal rendelkeztek. Ezzel szemben a digitális térben keletkező adatok nagy része nem adatgyűjtési célból készül, és emiatt csak részben vagy egyáltalán nem strukturált (Dessewffy–Láng, 2015). Itt tehát rögtön két kihívással kell megküzdeni a kutatóknak, valahogy meg kell birkózni azzal az adatmennyiséggel, amin a korábban használt programok és rutinok már nem működnek, és valahogy „rendet is kell vágni” a strukturálatlanságban. A rendteremtésre sokan bejelentkeztek, a természettudósok egy része kimondva-kimondatlanul helyet követel magának az ezen adatok értelmezéséről szóló vitákban. A társadalomtudományoknak és ezen belül a szociológiának azonban nem szabad ijedten tekintenie erre az adatforradalomra, sőt inkább lehetőségként kell felfognia, mert számos olyan kérdés merül fel a rendteremtés és értelmezés közben, amelyre elsősorban a szociológia felől tud adekvát választ érkezni. A szociológiának megvan a helye a Big Data-paradigmán belül, és a Big Datának is megvan a helye a szociológián belül.

A SZOCIOLÓGIA HELYE A BIG DATA-KUTATÁSOKBAN

Mivel foglalkozik egy szociológus? Akár furcsának is tűnhet ez a kérdés, egy Big Data-témájú tanulmány alcímében, de ha a Big Data és a szociológia kapcsolatát meg szeretnénk érteni, akkor nem hagyhatjuk ezt az aspektust figyelmen kívül. Arra, hogy mi a szociológia, és mit csinál, egy szociológus biztos nem tudna egyszerűen egy konszenzusos definíciót találni, abban azonban valószínűleg a

legtöbbször egyetérteneink, hogy ezek a definíciók időben és valamennyire térben is (utóbbi talán most már kevésbé releváns), változtak, változnak. A szociológia változását a survey kutatási módszer megjelenésén keresztül mutatom be.

A survey megjelenése és tömegessé válása egészen biztosan jelentősen átrendezte a szociológiai mezőt, hiszen olyan, korábban nem használt tudáselemeket kellett, hogy beépítsen a szakma, amelyek addig kívül voltak a határain. A survey megjelenése jelentősen felértékelte a statisztika szerepét, hiszen mintákat kellett tervezni, hibákat kellett számolni, statisztikai modelleket kellett alkotni. *A kellett* persze erős szó, hiszen az elméleti és történeti szociológusok vagy a kvalitatív kutatásokra koncentrááló kutatók ideig-óráig elkerülhették ezt a kérdést, de ma már nem nagyon lehet anélkül a szociológia szakot elvégezni, hogy valaki legalább minimális mértékben ne sajátítsa el a statisztikai alapokat, és a kvantitatív adatelemzési technikákat. Az 1930–60-as években a survey-jellegű kutatások felfutása (Groves, 2011) valószínűleg megrémítette az akkori statisztikailag még nem képzett társadalomtudós-generációt, hiszen olyan tudásra lett volna szükségük, amellyel általánosságban nem rendelkeztek. Sokakban akkor fel is merülhetett, hogy az ezzel a tudással viszont rendelkező statisztikusok átvehetik majd a „hatalmat” a társadalomértelmezés addigi szociológia dominanciája fölött. Több mint ötven évvel később, bátran kijelenthetjük, hogy ez nem történt meg, csak azok a statisztikusok, „módszertanárszok” lettek fontosak a társadalomértelmezés szempontjából, akik maguk is releváns szociológia tudást vettek magukra. A tanulság az, hogy külön kell választani a módszert, és külön az értelmezést, ha valaki jó az elsőben, még nem lesz jó a másodikban. Ezt az előbb bemutatott példát analógiaként használhatjuk a Big Data esetére. A hatalmas mennyiségű digitális tartalom kezelése olyan tudást igényel, amellyel a legtöbb szociológus nem rendelkezik. Az adatok „megszerzése”, mozgatása, elemzése olyan programokat, elemzői rutinokat kíván meg, amit nem egyszerű elsajátítani. A korai statisztikusok helyére ebben a mostani helyzetben az „adattudósok” érkeznek, statisztikai tudás helyett különböző programozási nyelvek és adattárolási technikák ismerői. De ők továbbra is csak a módszert tudják nyújtani. És ez igaz azokra a természettudósokra, akik sokéves Big Data kezelési tapasztalattal a hátuk mögött kiváltják az adattudósokat, és a maguk útját járva elkezdik a társadalmi folyamatokat értelmezni. Ha nincs meg a jó kérdés, és nincs meg az értelmezési keret, akkor nem lesz meg a jó válasz sem. A számok bármekkora sokaságból, és bármilyen bonyolult módon is keletkezzenek, magukban nem fognak sok mindent jelenteni, nem lesz társadalomtudományi relevanciájuk. Az adatok pusztán induktív feldolgozásából nem fognak szociológiai szempontból izgalmas eredmények kijönni, pusztán olyan állításokig fogunk eljutni, hogy az emberek idejük nagy részét otthon és a munkahelyükön töltik, ezért egyszerűen megjósolható a térbeli helyzetük (Barabási, 2010). Nem akarom elvetni (és nyilván a szociológusok többsége sem veti el)

az induktív tudásfelhalmozást (lásd ezt támogatva a Big Data-paradigmán belül: Lee–Martin, 2015), de amellett mindenképpen érvelnék, hogy a Big Data-elemzésekben is fontos lenne érvényesíteni a konfirmatív logikát. A konfirmatív logikai munkákhoz viszont kérdések és társadalomtudományi értelmezések keltenek, és ez már a szociológusok terepe. És itt vissza is kanyarodhatunk a fejezet címéhez – mivel foglalkozik a szociológus? Vagyis pontosabban a Big Datával foglalkozó szociológusok (hiszen nyilván lehet majd e nélkül is szociológiát művelni, akárcsak statisztika nélkül), milyen tudással kell, hogy rendelkezzenek?

Az adattudósokra jellemző tudás hasznos lehet, de nem előfeltétele a Big Datával való foglalkozásnak. Sok szociológus dolgozik úgy (a kutatóintézetek is így épülnek fel), hogy vannak a társszerző kollégák között survey-statisztikusok, akik speciális módszertani és adatelemzési tudással rendelkeznek. A Big Data-paradigmán belül ezt a pozíciót veszi át, vagy ezen pozíció mellé épül be egy adattudós is, aki képes nagy mennyiségű adathalmazokkal jól és hatásosan bánni. A szociológus szerepe azonban egy ilyen munkában nemcsak az, hogy a releváns társadalomtudományi kérdést megfogalmazza (és az adatok alapján megválaszolja), hanem az is, hogy eldöntse, hogy a nagy mennyiségű, sokszor strukturálatlan adatból megválaszolható-e egyáltalán az a kérdés, és ha igen, akkor milyen érvényességgel. Az érvényesség itt minimum három szempont mentén érdekes.

Az érvényesség kérdése

A strukturálatlanság bár nem szinonimája a „zajnak”, de gyakran együtt jár vele. Legyen szinte bármilyen adatunk, mindig valamennyire „zajos” lesz, még egy jól kivitelezett surveyben is van bizonytalanság. Ugyanaz a válaszadó már egy órával később máshogy töltené ki a kérdőívet, kérdéseket félreértene a válaszadók, lankadhat a figyelmük a kitöltés közben. Ez a zajszint egy strukturálatlan adathalmazon még magasabb, nehezebb kihámozni a „valóságot” az adathalmaz mögül. A szociológus egyik feladata annak az eldöntése, hogy vajon a zaj nem nyomja-e el teljesen a vizsgálni kívánt kérdést, lehet-e érvényes válaszhoz jutni? A zaj szűrése pedig nem egyszerű, akár néhány kezdeti kis (de rossz) döntés is teljesen romba döntheti az elemzésünket (Diesner, 2015).

A zajnál picit komplikáltabb a második érvényességet érintő aspektusunk, ami a Big Data-adatok keletkezési körülményeit érinti. Akárcsak egy kérdőívre adott válaszok, a Big Data-adatok is valamilyen kontextusban keletkeznek, nem semlegesek (Lewis, 2015). Kontextuson nemcsak a dinamikai kontextust értjük (például egy bejegyzés milyen más bejegyzésre reagál), hanem legalább ennyire fontosnak gondoljuk a makrokontextust, vagyis azokat a kereteket, normákat és szabályokat, amelyek például egy adott oldal használóit szabályozzák. Ilyen normatív keret például az, hogy mik az elvárt viselkedési minták egy oldalon. Megmondhatjuk-e Facebook-használók posztjai alapján, hogy az emberek hány

százaléka boldog, ha feltételezzük azt, hogy a boldogságot tökéletesen tudjuk definiálni a felhasználói aktivitás alapján? A válaszuk természetesen nem. Még csak a Facebook-felhasználókra sem tudunk ilyen állítást megfogalmazni. A közösségi oldalakon a „jó” oldalunkat szeretjük megmutatni, ebből következően inkább a boldogságot jelző üzenetek fognak dominálni. A normatív mozzanatoknál még erősebb cezúrát jelölnek ki, a letiltási, kitiltási, moderálási szabályok. Mivel a legtöbb oldal igyekszik valahogy meggátolni, csökkenteni az uszító tartalmak arányát, megjelenését, ezért ilyen jellegű téma elterjedtségének vizsgálata valószínűleg nem tud érvényes tudáshoz vezetni minket.

Dinamikai folyamatok vizsgálatánál még inkább fontos az adatkeletkezési környezet ismerete, mivel ezekben az esetekben azzal is tisztában kell lennünk, hogy történt-e változás az adatkeletkezést befolyásoló szabályrendszerben. A keletkezési körülmények kapcsán a normán és a szabályrendszeren felül az oldalakat működtető algoritmusokban is lehetnek olyan pontok, amelyek torzíthatják az adatstruktúrát (Shaw, 2015). A Facebook-falat (feed) generáló algoritmus például ilyen, hiszen ismerőseink posztjai nem véletlenül jelennek meg, hanem azokat látjuk gyakran, akik/amik az algoritmus szerint érdekesek nekünk. Azt, hogy az „érdekes” milyen számítások alapján generálódik, nem lehet tudni, és igazából most számunkra nem is fontos. Azt viszont szem előtt kell tartanunk, hogy ha Facebook interakciós gráfot szeretnénk elemezni, akkor ez a típusú torzító mechanizmus ott lesz az adatok mögött. Ha megváltozik az algoritmus, megváltozik az interakciós gráf is. Tehát nem a „valóságról” tudunk meg valamit, hanem az adatfolyam-generáló mechanizmus természetéről vagy legalábbis a kettő valamilyen kihámozhatatlan egyvelegéről.

A problémát szemléltetem egy telefonhálózatos példán is. „A” körzet lakói gyakran telefonálnak településen belül, „B” körzet lakói kevésbé gyakran. Ebből vajon következtethetünk arra, hogy „A” körzetben erősebb a lakóhelyi közösségi háló? Talán. Ha azonban tudom azt, hogy az „A” körzetben működő telefonszolgálatnál már hosszú évek óta ingyen van a helyi beszélgetés, míg „B” körzetben lévő másik telefonszolgálatnál ez a kedvezmény nem létezik, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a nagyobb helyi interakciós sűrűség csak a kedvezményre vezethető vissza. Itt is az adatgeneráló mechanizmusok torzítási hatását kell megértenünk és mérlegelnünk, különben búcsút inthetünk a szociológiai szempontból is érvényes állításoknak.

Az érvényesség harmadik sarokköve a mintaszelekció, illetve az önszelekció kérdése. A „kikről” van adatunk ezen paradigmán belül még égetőbb kérdés, mint általában a survey kutatások esetében, mivel a mintákat nem mi tervezzük, hanem készen kapjuk őket. Kik tweetelnek, kik facebookoznak rendszeresen, kik használnak helymegosztó szolgáltatásokat? Ha ezekre a kérdésekre nem tudunk megnyugtató választ adni, akkor nem beszélhetünk érvényes eredményekről, legyen bármennyi adatunk is.

Tehát a szociológusnak nemcsak az a feladata ezen paradigmán belül, hogy társadalmi szempontból releváns kérdéseket tegyen fel, és válaszokat fogalmazzon meg, hanem az is, hogy az eredmények érvényességéről is meggyőződjön. Ehhez pedig értenie kell az adatgeneráló mechanizmusok természetét, és tudnia kell, hogy milyen adatforrásnak hol vannak az értelmezési határai. Egy Big Data-szociológusnak ezzel is kell foglalkoznia...

A BIG DATA HELYE A SZOCIOLÓGIÁBAN

Az előző rész azzal foglalkozott, hogy hol van a szociológusok helye a Big Data-kutatásokban. Ezen most fordítunk egyet, és arra próbálunk választ adni, hogy hol van a helye a Big Data-paradigmának a szociológiai kutatásokban, és részben arra is, hogy mit változtathat meg a Big Data a szociológiában. A következő felsorolás nyilvánvalóan nem lesz teljes, de igyekszem azokat a területeket megvilágítani, amelyekben a Big Data nagy szerepet kaphat, és azok közül is néhányat, ahol nem várható nagy változás.

Az idő szerepe

A szociológiai kutatásokban az idő általában nem játszik szerepet, vagyis pontosabban fogalmazva inherens a szerepe. Ez abból adódik, hogy a survey kutatások nagy része keresztmetszeti kutatás, ritka, amikor panel és/vagy trend-adatok állnak rendelkezésre. Összességben ritka a több időpontot átfogó kutatás, ha van is ilyen, az időpontok száma véges, ritkán haladja meg a kettő-hármat. A Big Data átforgalmazza az időérzékelést (Nooy, 2015), hiszen folyamatos adatgenerálás működik. Az idő, a dinamika így kulcskérdéssé válik. Nem a mi és a mennyi, hanem a mennyit változott, milyen gyorsan változott kérdések lesznek érdekesek. Ez az új adatfolyam megnyithat korábban már lezárt témákat, új aspektusba helyezve őket. Az idő az adatok „frissességét” is érinti. Nem kell feltétlenül kettő-öt-tízéves survey kutatásokhoz nyúlnunk egy adott probléma kapcsán, hanem akár az elmúlt órák, napok, hetek, hónapok eseményeinek elemzése is lehetővé válik (Csepeli, 2015). Lerövidül az adatgenerálás és az adatelemzés közötti szakasz, a mai társadalomról a mai adatok alapján tudunk állításokat megfogalmazni. A szociológia sosem tudott olyan friss és mai lenni, mint amilyen a Big Data által lehet.

Kiscsoportok, ritka események

A kvantitatív szociológusok nagy része a survey kutatások által teremtett kereten belül tud működni. 1000–2000 fős kutatásokból próbáljuk megérteni a társadalmat. Ez óhatatlanul oda vezet, hogy a „nagyon kicsi” csoportokról vagy a nagyon

ritka eseményekről a szociológusok nehezen tudnak állításokat megfogalmazni. A nagyon kicsi és a nagyon ritka itt survey mintaméret nagyságrendben érthető. Egy 1 százalékos csoport egy standard 1000 fős surveyben 10 fő – ez nehezen elemezhető. A rétegződéssel foglalkozó szociológusok előszeretettel hivatkozzák David B. Gruskyt (Grusky–Wedden, 2005), aki a mikroosztály kutatások mellett tört lándzsát, szembemelve az 5–20 osztályos modellekkel, ő 100 feletti társadalmi/foglalkozási osztályt is relevánsnak gondolt. Ilyet persze lehet csinálni egy népszámlálásból, de ha kisebb adatforrás áll a rendelkezésünkre, akkor nem fog sikerülni egy ilyen vállalkozás. Ha Big Data-jellegű adatforrásunk van, más a helyzet, szinte bármilyen kis csoportot vizsgálhatunk (ha megjelenik a populációs keretben), ezeket tetszőlegesen kombinálhatjuk, összehasonlíthatjuk. És ehhez nem is kell nagyon speciális mintákat tervezni, elég csak a megfelelő csoportokat leszűrni. A méretnövekedés magával hozza azt is, hogy a megértés is mélyebb lehet. Egy 50 fős mintaszületet egy maximum 5 változós modellel célszerű/illik vizsgálni, elkerülve a túlillesztés problémáját. Ha 5000 fős csoportunk van, ilyen problémák már nem jelentkeznek.

A kis csoportok mellett a ritka események is jobban vizsgálhatóvá válnak. Meg lehet-e válaszolni azt a kérdést egy surveyből, hogy a szülinaposok boldogabbak az életükkel? Aligha. Egy Big Data-adatforrásból ez a kérdés viszont akár meg is válaszolható.

Kétségkívül ezek a lehetőségek megnyitnak számos olyan területet a kvantitatív szociológia előtt, ahova eddig csak a kvalitatív szociológia tudott bejutni. Ez olyan lehetőség, amit nem szabad kihagyni.

Régi módszerek, új lehetőségek, új dilemmák

Az adatelemzési módszerek mindegyike többé-kevésbé érzékeny az elemszámra. A regressziós modellekben ez például a bevonható változók számában és a becslések standard hibáiban manifesztálódik. A regressziós módszereket mégsem gondoljuk kifejezetten elemszám érzékenynek, akár egy 500 fős mintából is lehet viszonylag alacsony standard hibájú becsléseket adni, akár sok változó bevonásával. Ezzel szemben például a keresztábra-elemzés kifejezetten elemszám érzékeny. Nem is feltétlenül a kétdimenziós keresztábrákra kell gondolni (bár ott is jelentkezhet a probléma), hanem a három vagy több dimenziót magában foglaló modellek esetére. Általában ezek elemzése valamilyen loglineáris modell segítségével történik, legtöbbször egy sokdimenziós interakciós térben leképezve az összefüggésrendszert. Ez három-négyre korlátozza a bevonható változók és kategóriák számát, ami óhatatlanul szegényesebb elemzési keretet tud biztosítani, mint egy regressziós modell (legalábbis a változók sokszínűsége szerint). A Big Data-paradigmán belül ez a probléma is feloldódik, több dimenziót lehet bevonni, nem kell félni az esetek elfogyásától.

Ez várhatóan oda fog vezetni, hogy a loglinéaris modellek használata gyakoribb lesz, és olyan területeken is elkezdik ezt a modellosztályt használni, ahol eddig háttérbe szorult.

A kérdést a másik oldalról is megközelíthetjük – megnehezíti-e egyes módszerek használatát az, ha túl nagy az adathalmaz? A válasz itt is egyértelműen igen. Az adatkezelés nehézségeiről és gépigényéről nem kell beszélnünk, az az adattudósok dolga. Ebben az esetben inkább az érdekel bennünket, hogy a statisztikai módszerek hogyan reagálnak a nagyobb adathalmazokra, vagyis pontosabban fogalmazva, vannak-e olyan módszerek, amelyek rosszul reagálnak a nagy adathalmazokra? Két példát hoznék ezzel kapcsolatban. A hierarchikus klaszteranalízis tipikusan olyan módszer, amelyet viszonylag kis adathalmazon szoktak csak futtatni, mivel a futási idő nem polinomiálisan függ össze az eset számmal, a polinomiálisnál nagyobb a futási idő növekedése. Több tíz- vagy százmillió adathalmaznál a hierarchikus klaszterezés futtatása ellehetetlenül. És ez igaz minden olyan módszerre, ahol a futási idő a polinomiálisnál gyorsabban nő. A másik példa szintén egy csoportosító eljárás, a látens profilelemzés, ami tulajdonképpen egy modellalapú klaszterezési módszer, ami a kevert eloszlások szétválasztásának logikájára épül (Vermunt–Magidson, 2002). Itt a futási idő nem feltétlen jelent gondot nagy adathalmaz esetében sem, viszont a csoportszám meghatározása annál inkább. Mivel modellalapú klaszterezésről van szó, a modellek illeszkedését különféle mutatók segítségével tudjuk vizsgálni (ilyen lehet, többek között, az AIC- vagy a BIC-mutató). A probléma csak az, hogy minél nagyobb az adathalmazunk, annál több a kategóriás szegmentáció, ami a legjobban illeszkedik (Fraley–Raftery, 1998). Ebben az esetben tehát a megszokotthoz képest új kapaszkodókat kell keresnünk az ideális csoportszám megtalálásához.

A szignifikancia rabságában

Az előző két alfejezet bár más-más hangsúllyal, de a mintaméret okozta lehetőségeket, problémákat taglalta, ez a mostani fejezet sem kivétel ebből a szempontból. A kvantitatív szociológusok tipikus kérdése arra vonatkozik, hogy szignifikáns-e az összefüggés, azaz a látott mintázatok a teljes sokaságban is megtalálhatók-e, nem a mintavétel okozza-e az egyes dimenziók együttmozgását. Ha szignifikáns az összefüggés, akkor gyakorlatilag sokan már hátra is dőlnek, a hatásereőről kevés szó esik. Egy Big Data-projektben a szignifikancia-teszteknek nincs általában értelmük, egy többmillió adathalmazon minden összefüggés szignifikánsnak fog bizonyulni. Az eddig sokszor másodlagos kérdés a hatásereőről felértékelődik, hiszen ez tudja a mondanivaló lényegét adni.

Nyertesek és vesztesek

A Big Data-paradigma eltérő módon fogja érinteni a szociológia egyes ágait, vannak olyan szegmensek, amelyek sokat profitálhatnak az újfajta adatokból, míg másokat akár érintetlenül is hagyhat. Mind a kettőre hozok egy-egy példát.

A kultúra-, a fogyasztás- és az ízlésszociológia lehet az egyik nagy nyertes az új paradigmán belül. A mit és hogyan fogyasztunk gyakori témái a közösségi oldalaknak, utazásokról és ételekről teszünk fel leírásokat vagy fotókat a Facebookra, és az Instagramra. A Vivinóra feltöltjük, hogy milyen bort ittunk, a Foursquare-re hogy hol jártunk, a TripAdvisorra, hogy miként értékeltük az éttermet, ahol ettünk, az Amazonra (vagy itthon a Molyra), hogy mennyire tetszett az olvasott könyv. Ez a hatalmas digitalizált adatfolyam teljesen újraírhatja azt, hogy mit tudunk kultúráról, ízlésről, fogyasztásról, olyan komplex mintákat mutathat meg nekünk, amelyek a standard surveyekből sosem bukkanhattak elő. Persze itt ismét nyithatunk egy zárójelet és visszautalhatunk a korábban írtakra a mintaszerkezet kapcsán. Az, hogy kik töltenek fel ételfotókat, kik értékelnek könyveket, kik használnak közösségi alkalmazásokat, egyáltalán nem véletlenszerű, a magasabb státusz mellett (több alkalmazás is implicit módon megköveteli az okostelefon használatát), a digitális tudás vagy akár valamilyen önreprezentációs kényszer is megjelenhet a megosztási minták között, ami megnehezíti azt, hogy az eredményeinket általánosíthassuk.

A szegénység, társadalmi kirekesztettség, kizáródás vizsgálata viszont vélhetően azon szociológiai szegmensek közé tartozik, amit csak kismértékben fog elérni a Big Data-paradigma. Ezeknek a kérdéseknek, problémáknak lenyomatai elsősorban nem az *online* térben keletkeznek (bár akár ott is megjelenhetnek), tehát nem is vizsgálhatók jól digitális adatforrások segítségével. A szegénységgel foglalkozó kvantitatív kutatók tehát többségében továbbra is hagyományos surveyekre fognak támaszkodni, legalábbis a közeljövőben nem várható ide a Big Data-paradigma betörése.

A két kiragadott példa csak szemléltetni hivatott azt, hogy az egyes szakszociológiák nagyon eltérő módon fognak találkozni a Big Data jelentette lehetőséggel, kihívással, ami akár a szakma további differenciálódásához, fragmentálódásához is vezethet.

ZÁRÓ GONDOLATOK

Rövid dolgozatomat azzal a felkiáltással indítottam, hogy a társadalomtudományoknak és ezen belül a szociológiának nem szabad félnie a Big Datától, lehetőségként kell tekintenie rá. Ha a Big Data segítségével szeretne valaki beszélni a társadalomról, nem lehet majd kikerülni a szociológusokat. Nem elég az adathalmaz, tudni kell releváns kérdéseket és válaszokat is megfogalmazni, láttatni kell

az adatok érvényességének korlátait, a minta torzulásait, és úgy összességében a strukturálatlanság mögött megbúvó struktúrát. Ezek mind-mind olyan kérdések és feladatok, amelyekre véleményem szerint a szociológusok tudnak legjobban megfelelni. A másik irányból is hasonló konklúzióra juthatunk. A kvantitatív szociológiának is szüksége lesz a Big Datára, az egyre nehezebbé váló adatgyűjtési környezetben fel fog értékelődni minden más típusú adatforrás. Ez bizonyos szakszociológiákat előtérbe helyezhet majd, mások esetleg háttérbe szorulnak, ez még nem látható most pontosan, csak a körvonalak rajzolódtak ki. Az összességében biztos, hogy a szociológiát sem fogja érintetlenül hagyni a Big Data, abban viszont csak bízhatunk, hogy jól tudja majd szakmánk ezt az „akadályt” venni.

IRODALOM

- Barabási A.-L. (2010): *Villanások: a jövő kiszámítható.* (ford. Kepes J.) Budapest: Nyitott Könyvműhely
- Csepeli Gy. (2015): A szociológia és a Big Data. *Replika*, 92–93, 169–174. http://www.replika.hu/system/files/archivum/92-93_12_csepeli.pdf
- Dessewffy T.– Láng L. (2015): Big Data és a társadalomtudományok véletlen találkozása a műtőasztalon. *Replika*, 92–93, 155–168. http://www.replika.hu/system/files/archivum/92-93_11_dessewffy_lang.pdf
- Diesner, J. (2015): Small Decisions with Big Impact on Data Analytics. *Big Data & Society*, 2, 2. DOI: 10.1177/2053951715617185, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2053951715617185>
- Fraley, C. – Raftery, A. E. (1998): How Many Clusters? Which Clustering Method? Answers via Model-based Cluster Analysis. *The Computer Journal*, 41, 8, 578–588. DOI: 10.1093/comjnl/41.8.578
- Groves, R. M. (2011): Three Eras of Survey Research. *Public Opinion Quarterly*, 75, 5, 861–871. <http://www.uvm.edu/~dguber/POLS234/articles/groves.pdf>
- Grusky, D. B. – Weeden, K. M. (2005): The Case for a New Class Map. *American Journal of Sociology*, 111, 1, 141–212. https://inequality.stanford.edu/sites/default/files/media/_media/pdf/key_issues/social%20class_research.pdf
- Lee, M. – Martin, J. L. (2015): Surfeit and Surface. *Big Data & Society*, 2, 2, DOI: 2053951715604334, <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053951715604334>
- Lewis, K. (2015): Three Fallacies of Digital Footprints. *Big Data & Society*, 2, 2, DOI: 2053951715602496 DOI: 10.1177/205395171560249, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2053951715602496>
- Nooy, W. (2015): Structure from Interaction Events. *Big Data & Society*, 2, 2, 1–4. DOI: 10.1177/2053951715603732, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2053951715603732>
- Shaw, R. (2015): Big Data and Reality. *Big Data & Society*, 2, 2, DOI: 2053951715608877, <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2053951715608877>
- Vermunt, J. K. – Magidson, J. (2002): Latent Class Cluster Analysis. In: Hagenaars, J. – McCutcheon, A. (eds.): *Applied Latent Class Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 89–106. <https://pure.uvt.nl/ws/files/487979/hagenaars2002b.pdf>

DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓ A MEZŐGAZDASÁGBAN

DIGITAL TRANSFORMATION IN AGRICULTURE

Bógel György

CsC, a közgazdaságtudomány kandidátusa, Central European University
bogelgy@ceu.edu

ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdaságtudomány egyik fontos területe a technológiai innovációk terjedésének, diffúziójának vizsgálata. 'Technológia' alatt ebben a tanulmányban infokommunikációs technológiát értünk, és azt vizsgáljuk meg, milyen változásokat hoz az *adatrobbanás* jelensége a mezőgazdaságban. A megközelítésünk alapvetően nem technikai, hanem gazdálkodási és irányítási szemléletű. Bemutatjuk, hogy a számítógépeknek és más elektronikai eszközöknek köszönhetően miként terjedtek el a szektorban a precíziós megoldások, milyen eredményeket hoztak a múlt század utolsó évtizedeiben, majd a századforduló után hogyan indított el új innovációs hullámot a Big Data-jelenség. A mezőgazdaság digitális transzformációját szakaszokra bontjuk, és az általános trendek felvázolása mellett a jelen legfontosabb feladataira és eseményeire, a diffúziót befolyásoló tényezőkre koncentrálnak. A cikk végén felhívjuk a figyelmet a legújabb innovációs hullámmal kapcsolatos gazdaságtudományi kutatási feladatok fontosságára, ide értve az innováció egyes társadalmi következményeinek vizsgálatát is.

ABSTRACT

Diffusion of technology innovation is an important subject of economics. We focus on information and communication technology in this study and analyze how Big Data transforms agriculture. Our approach is not technical but managerial paying special attention to decision-making. The study describes how the development of computers and other electronic tools generated favorable conditions for the diffusion of precision solutions in the sector, what kind of results could be observed in the last decades of the 20th century, and how the Big Data phenomenon launched a new wave of innovation at the beginning of the 21st. We separate the main phases of agriculture's digital transformation, analyze key trends and developments, discuss the factors influencing the diffusion of digital technologies, and what stakeholders must do for better and faster adaptation. The importance of further research in the field of digital farming and the social consequences of digital transformation is highlighted at the end.

Kulcsszavak: precíziós mezőgazdaság, innováció, informatika, digitalizálás, mesterséges intelligencia, szenzor, robotika, információrendszer, adatfeldolgozás, térinformatika

Keywords: precision agriculture, innovation, informatics, digitization, artificial intelligence, sensor, robotics, information system, data processing, geoinformatics

A GDP-hez való hozzájárulását tekintve a mezőgazdaság jelentősége az elmúlt fél évszázadban folyamatosan csökkent, világviszonylatban mért aránya ma nem több néhány százaléknál. Ennek ellenére a társadalmi jelentősége óriási: korunk számos társadalmi és politikai jelensége, trendje nem érthető meg a szektorban történtek alapos átgondolása nélkül.

Az említett részesedés nagyon változatos sokaságból áll össze: a mezőgazdaság GDP-hez való hozzájárulása egy sor fejlődő országban magasabb 20%-nál, Afganisztánban például 24% volt 2010 és 2014 között, Burundiban és Etiópiában 40% körül alakult, míg Japánban ugyanez a mutató mindössze 1,2%-ot jelzett.¹ A szektor világszinten a foglalkoztatás 40%-át biztosítja, vagyis milliárdok élnek közvetlenül vagy közvetve mezőgazdasági munkából.

Földünk lakosainak száma folyamatosan növekszik, a 20. században nagyjából megháromszorozódott, az ezredfordulón elérte a hatmilliárdot. Az ENSZ előrejelzői 2050-re 9,7 milliárd emberrel számolnak, vagyis a mezőgazdaságnak ennyi embert kell majd élelmeznie (United Nations, 2015). Változik a lakosság elhelyezkedése és összetétele is. Az urbanizáció ugyanolyan masszív trend, mint a népesség növekedése: az emberiség többsége ma már városokban, köztük sokmillió megapoliszokban él, ahol bonyolult ellátási láncokat kell megszervezni és működtetni. Egyes fejlődő országokban (így elsősorban Indiában és Kínában) új, nagy létszámú városi középosztály emelkedett ki az általános szegénységből, amelynek tagjai magasabb színvonalú élelmezésre tartanak igényt. A helyzetet bonyolítja, hogy míg a demográfiai robbanás egyes fejlődő régiókra jellemző, a világ több fejlett országa lakóinak előregedésével, népességfogyással küszködik.

A fenti számokat és trendeket átgondolva arra a következtetésre juthatunk, hogy a lépéstartás érdekében a mezőgazdasági termelésnek néhány évtized alatt 50–100%-kal kell növekednie, legalábbis az előrejelzések e két szélsőérték között mozognak. Beláthatatlan társadalmi következményei lehetnek annak, ha a kínálat nem tud lépést tartani a kereslettel.

Történik ez akkor, amikor az extenzív növekedés lehetőségei kimerülőben vannak. A mezőgazdasági művelésre rendelkezésre álló földterület csökken, olyan okok miatt, mint például az urbanizáció, az éghajlatváltozás, a vízhiány, az erózió és a környezetszennyezés. A FAO becslése szerint a szárazföld 75%-a eleve nem alkalmas esővizet használó mezőgazdasági művelésre. Ázsia sűrűn lakott részein a terület kihasználtsága gyakorlatilag teljes, de nem jobb a helyzet a Közép-Keleten és Észak-Afrikában sem. Afrika más részein vannak még tartalékok, de ott viszont az alacsony hatékonyság miatt nehéz előrelépni. A termelésbe vont területek nagysága Braziliában is növelhető, de már csak a természetes, a világ biológiai ökoszisztémájának fontos részét adó erdők rovására. A Világbank friss elemzése szerint (Hallegatte, 2016) az éghajlatváltozás több mint százmillió em-

¹ A Világbank 2015 szeptemberében publikált adatai alapján.

bert taszíthat mélyszegénységbe Afrikában és Ázsiában, a szélsőséges időjárási jelenségek több mezőgazdasági ág termését veszélyeztetik.

A mezőgazdaság „ökológiai lábnyoma” igen nagy, az élelmiszertermelés számos káros mellékhatással (negatív externáliával) jár együtt, így például kémiai környezetszennyezéssel, a termőrétegek elhasználódásával, a biológiai sokféleség (biodiverzitás) csökkenésével. A differenciálás nélkül kijuttatott műtrágyák és permetezőszerek súlyosan terhelik a környezetet. Becslések szerint a szektor az üvegházhatású gázok kibocsátásának mintegy harmadáért felelős, így egyszerre lehet elszenvédője és előidézője a klímaváltozásnak. Kínában, a világ egyik legnagyobb és legnépesebb országában a környezet szennyezettsége kritikus méretet ért el. Az élelmiszer-termeléshez rengeteg víz kell, a hasznosítható vízkészletek viszont kimerülőben vannak, napjaink több súlyos társadalmi problémája és fegyveres konfliktusa a vízhiányra vezethető vissza.

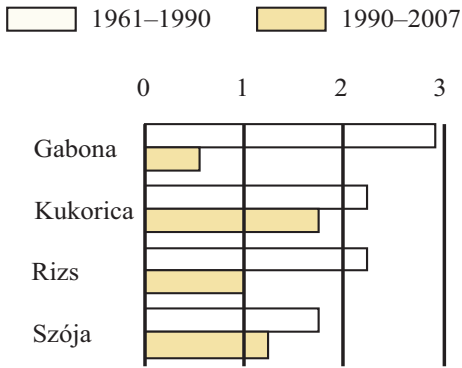
A nagy hozamok iránti igény világszerte koncentráltabbá tette a mezőgazdaságot. Az emberiség élelmiszerigényének túlnyomó részét ma mintegy harminc terményféléből elégítik ki. A szektorban a genetikai sokféleség nagymértékben csökkent a múlt században, ami – előnyei mellett – azt a kockázatot is magában hordozza, hogy valamilyen fertőzés vagy akár a klímaváltozás hatására hatalmas tömegű termés veszt el, és eshet ki az élelmezési láncból.

Ha az élelmiszerkereslet növekszik, a termőföld mennyisége pedig stagnál vagy csökken, a megoldást a termelékenység növekedésében kell keresni, miközben vigyázni kell arra, hogy az új megoldások fenntarthatóak legyenek, és kíméljék a természetes környezetet.

A ZÖLD FORRADALOM ÉS A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS KIBONTAKOZÁSA

A világ mezőgazdaságában a 2. világháborút követő évtizedekben zajlott le az úgynevezett „zöld forradalom”, ami számos kutatás-fejlesztési erőfeszítésnek és oktatási (technológiai transzfer) programnak köszönheti a kibontakozását (Hesser, 2006). A zöld forradalom egyrészt a természet- és műszaki tudományokban, másrészt a gazdálkodásban és a vezetési módszerekben kereste a megoldást a termelékenység problémájára. Hibrid vetőmagokat fejlesztettek ki, modern eszközöket és infrastruktúrát alkalmaztak, szorgalmazták a szintetikus műtrágyák és növényvédő szerek használatát. Gazdálkodási és vezetési szempontból „fordította” átalakulásról volt szó: a munkaszervezésben, az irányításban, az adminisztrációban modern megoldásokat és rendszereket kell alkalmazni, hasonló módon, ahogy az ipari vállalatoknál történik.

A zöld forradalom eredményessége jól látszik a terméshozamok növekedésében az 1960-tól 1990-ig tartó periódusban, ami a tudományban és a gazdálkodásban bekövetkezett változások „aratási időszakának” tekinthető. A *The Econo-*



1. ábra. Terméshozamok évi átlagos növekedése (%)

mist egyik, a terméshozamok témájával foglalkozó cikkében (The Economist, 2011, 8.) szereplő grafikon felhasználásával készített 1. ábrából ugyanakkor az is kiderül, hogy a kilencvenes években és az új évezred elején a növekedés lendülete megtört, a legfontosabb termények esetében határozott visszaesés tapasztalható. Feltételezhető, hogy gazdálkodási szempontból a csökkenő hozadék törvényének érvényesüléséről van szó: a felhasznált *inputok* és gazdálkodási módszerek segítségével növelni lehetett a hozamokat és a ter-

melékenységet, de nem minden határon túl, és egyre több környezeti kárt okozva. Sajátos helyzet alakult tehát ki: miközben sok fejlődő országban különböző okokból a zöld forradalom által kínált előnyöket még ma sem tudják kihasználni, új megoldásokat kellett találni a szükséges (fenntartható) növekedés biztosítására.

A lehetséges új megoldások egyike a mezőgazdaság digitális transzformációja, vagyis a számítógépesítés. A digitális transzformáció számos gazdasági szektorban gyors léptekkel, bár nem egyforma sebességgel és eredményességgel halad előre (Westerman et al., 2014). A mezőgazdaságban ez a folyamat a nyolcvanas években indult el. Fontos eleme volt a hozammérő eszközök megjelenése és elterjedése a GPS-szel felszerelt mezőgazdasági gépeken. Az egyre precízebb hozamtérképek segítségével többet lehetett megtudni a terméseredmények térbeli változatosságáról és annak természetes és egyéb okairól. A korszerű és folyamatos, GPS-es helyazonosítással kombinált hozammérés fontos lépés volt a számítógéppel támogatott precíziós mezőgazdaság felé.

Bár a *precíziós mezőgazdaság* elnevezés a kilencvenes évek elején jelent meg, alapelvei régóta ismertek (Brase, 2005; Tamás, 2001). A régi korok mezőgazdasági munkásai tapasztalatból tudták, hogy a megművelt föld nem homogén, éppen ezért a területet kisebb parcellákra (mai szakkifejezéssel: menedzsment zónákra) bontották, és mindenütt azt és úgy igyekeztek termelni, amit és ahogy a hely adottságai megkívánták. Bár ez a tapasztalati, tudományos háttérrel nélküli eljárás meglehetősen durva és alacsony felbontású volt, felhívta a figyelmet a talaj és a mikroklíma változatosságára. Le lehetett vonni belőle azt a következtetést, hogy a gazdálkodási döntéseket három alapvető dologra kell alapozni: releváns adatokat kell gyűjteni, az adatokból elemzéssel következtetéseket kell levonni, majd cselekvési terveket kell kidolgozni és azokat végrehajtani. A precíziós gazdálkodás logikája azt diktálja, hogy az olyan inputokat, mint a műtrágyák, a növényvédő szerek, az öntözővíz, ott és olyan

mértékben kell használni, ahol és ahogy az adatokkal leírt helyzet megkívánja. Adatokra van tehát szükség, és döntéstámogató algoritmusokra, ez utóbbiak pedig tudományos felismerések és feltárt statisztikai összefüggések alapján fejleszthetők ki.

A precíziós mezőgazdaság technikai eszköztára folyamatosan bővült. Talajminták elemzésével már a múlt század első felében is foglalkoztak, nyilván a kor technikai és tudományos színvonalán. A hetvenes években lendületet vett a térinformatikai rendszerek fejlődése, a következő évtizedben egyes modern mezőgazdasági gépek már számítógépes vezérléssel, térinformatikai adatok alapján adagolták a műtrágyákat, és nagyjából ugyanekkor már szigorú és következetes statisztikai elemzések alapján jelöltek ki homogén menedzsment zónákat. Az ezredfordulón fontos szabadalmak jelentek meg a GPS használatával kapcsolatban, a mérések (és ezzel együtt a vezérlés) pontossága elérte a pár centiméteres nagyságrendet. Automatizált, számítógéppel vezérelt precíziós ösztönzési rendszereket fejlesztettek ki. A kilencvenes években hadrendbe álltak a traktorokra szerelt adatgyűjtő kamerák, a következő évtizedben pedig a kereskedelmi célú, nagy felbontású képeket produkáló műholdak, reagálva az optikai érzékelés területén bekövetkezett fejlődésre.

A precíziós mezőgazdaságot gyakran gazdálkodási és menedzselési filozófiaként emlegetik, ami a hatékonyság, a termelékenység és a jövedelmezőség növelését célozza, miközben minimalizálni igyekszik a káros környezeti hatásokat, és ami a lényegét tekintve a gazdálkodási gyakorlat finomhangolását, az adottságok és a körülmények változatosságához való igazítását jelenti. A „precíziós” jelző más területeken is elterjedt, „precíziós gyógyítás” alatt például személyre szabott gyógyászati eljárásokat kell érteni, amelyeket adatok, elemzések és döntéstámogató algoritmusok segítségével lehet kiválasztani és alkalmazni.

A precíziós mezőgazdaság elterjedése érdekes diffúziós mintát mutat. Az eddigi tapasztalatok alapján elmondhatjuk, hogy a mezőgazdaság digitális átalakulása, az adatalapú precíziós technikák használata folyamatban van, de a transzformáció lassabban bontakozott ki, mint sok más iparágban (Zhang et al., 2002). Az USA kukoricaföldjeiről nemrég kevesebb mint 20%-os penetrációt jelentettek (Lowenberg-DeBoer, 2015), a német mérések alacsonyabb szintet mutatnak (Reichardt et al., 2009, 525.), egy hazai felmérés 2014-ben 11%-ot jelzett, de mintavételi problémák miatt ez a mérték valószínűleg túlbecsült (Lencsés et al., 2014). Kanada és Ausztrália az úttörők közé tartozik, Európában az Egyesült Királyság és Franciaország állnak az élen, Dél-Amerikában pedig Brazília és Argentína. A beruházási kedvet visszafogta a gazdasági válság, a gazdaságossági számításokat és méréseket pedig megnehezíti a piaci terményárak időnként szélsőséges és kiszámíthatatlan ingadozása.

Az eddigieket összefoglalva tehát azt mondhatjuk, hogy a világ mezőgazdaságában két nagy innovációs hullám torlódott egymásra: miközben a zöld forrada-

lom még sok fejlődő országban nem zajlott le, beindult a számítógéppel támogatott precíziós gazdálkodás első hulláma, különböző országokban eltérő elterjedtséggel, sokféle még csak kísérleti-tanulási fázisban, sőt, nyugodtan kimondhatjuk: szerte a nagyvilágban nagyon sok gazdálkodónak fogalma sincs arról, mi az a precíziós mezőgazdaság. Mindeközben az általános technológiai fejlődés nem állt le, az innovációk lehetővé teszik, hogy a precíziós gazdálkodás új fejlődési fázisba lépjen, vagyis a szektorban egy második precíziós hullám is elinduljon.

MEZŐGAZDASÁG AZ ADATROBBANÁS KORÁBAN

Az új, a Big Data világra és az azt megalapozó technológiai fejlődési trendekre és innovációkra (lásd például Bögel, 2015) épülő precíziós gazdálkodás második hulláma a döntéshozatal módja és a működés modellje tekintetében nem hoz újat, a kialakult eljárásokat viszont új mennyiségi és minőségi szintre emeli. A precíziós filozófia változatlanul tekinthető: a szokások, személyes tapasztalatok, általános előírások és differenciálás nélkül alkalmazott megoldások helyett a döntéseket módszeresen, lehetőleg digitális formában gyűjtött adatokra kell építeni, az adatok segítségével minél nagyobb részletettséggel fel kell tárni a termelési feltételekben mutatkozó térbeli és időbeli különbségeket, menedzsment zónákat kell térinformatikai eszközökkel azonosítani, a gazdálkodás konkrét műveleteit ezeknek megfelelően kell optimalizálni, figyelembe véve a fenntarthatósági szempontokat is. Az első hullámban összeállt az a szabályozási kör, ami valamilyen probléma megfogalmazásával indul, majd az adatgyűjtés és a feldolgozás következik, végül meghozzák és végrehajtják a döntéseket, mérik az eredményeket.

Miben hoz újat a technológiai fejlődés általában, illetve konkrétan az új évszázad első évtizedében kibontakozó Big Data-jelenség? A jelen cikk terjedelme nem teszi lehetővé, hogy mindent bemutassunk, de lássuk a legfontosabbakat!

A mezőgazdaság adatosítása gyors léptekkel halad előre. Az új eszközökkel és technológiákkal a korábbinál sokkal több és többféle adat gyűjthető a mezőgazdasági munkát befolyásoló tényezőkről, így a talaj összetételéről, a növények és az állatok állapotáról, az időjárási körülményekről (lásd például Borsiczky, 2015; Reisinger, 2015; Paller et al., 2014). A termőföldeken, állatokon vagy akár azok szervezetében elhelyezett miniatűr szenzoroknak megfelelő energiaellátásra és kommunikációs kapcsolatra van szükségük – ezekre is vannak már jó megoldások. Rádiós kommunikáció révén az adatok nagyon gyorsan modern adatközpontokba, vagyis a számítástechnikai felhőbe juttathatók, ahol nagy teljesítményű gépeken dolgoztatják fel azokat.

Az adatfeldolgozásban és a döntéstámogatásban a hagyományos statisztikai, illetve adatbányászati eljárások mellett növekvő szerepet játszik a gépi tanulás

és a mesterséges intelligencia. Az elmúlt években ezek új lendületet kaptak, az eredmények számos esetben kifejezetten látványosak. A mesterséges intelligencia fejlődése időben hullámzó trendet mutat, nekirugaszkodások után többször stagnálás vagy visszavonulás következett már, most azonban minden jel szerint egy határozott fellendülési periódusban vagyunk, amit a mezőgazdaságban is érzékeltetni lehet például olyan területeken, ahol alakfelismerésre, összetett és változékony szituációk felmérésére van szükség.

Az adatgyűjtés és -feldolgozás célja a gazdálkodási döntések támogatása. A számítógép döntési javaslatokat dolgozhat ki a döntéshozó ember számára, de az ember sok esetben akár ki is kapcsolható, vagyis a végrehajtás automatizálható. A mezőgazdaságban is megjelentek a robotok, illetve a robotszerűen működő, mobil kommunikációra képes automatizált gépek. Az automatizálási kísérletek olyan gazdálkodási műveletekre – például a metszésre vagy a gyümölcszedésre – is kiterjednek, amelyek mindezáig ellenálltak a gépesítésnek, mivel a gépek az emberek optikai felismerési és szenzomotoros képességeivel nem tudtak versenyezni; a gépekbe (vagy a felhőbe) épített, nagy tömegű és változatos adat gyors feldolgozására, komplex helyzetek felismerésére és értelmezésére alkalmas intelligencia azonban ma már képes versenyre kelni az emberekkel.

Az első precíziós hullámhoz képest fontos előrelépés az általános valós idejűség: az adatok gyűjtése, feldolgozása, a döntési javaslatok kidolgozása, sőt, mint láthattuk, végrehajtása időben nem válik el egymástól, a döntéshozó nem a korábbi, hanem a mindenkori aktuális helyzet alapján cselekedhet. Számos olyan mezőgazdasági gép, illetve több, egymással digitálisan kommunikáló eszközből álló mezőgazdasági rendszer létezik már, amelyek egyszerre, zárt körben végzik ezeket a műveleteket, sokszor emberi beavatkozás nélkül. Vezetési szempontból ennek igen nagy jelentősége van, ahogy azt más gazdasági ágakban is jól láthatjuk.

A Big Data-jelenség, a friss technológiák és eszközök új vállalkozási teret rajzolnak fel a mezőgazdaságban. A szektor kisebb-nagyobb cégei és más szervezetei itthon és külföldön ebben keresik a helyüket, és igyekeznek fenntartható és jövedelmező pozíciót elfoglalni. Egyes nagy cégek a teljes teret igyekeznek betölteni, vagyis belső fejlesztéseikkel, felvásárlásaikkal, szövetségi politikájukkal arra törekednek, hogy az adatgyűjtéstől a döntések végrehajtásáig minden tevékenységet fel tudjanak vállalni, teljes, integrált megoldásokkal tudjanak szolgálni. Mások, köztük kis- vagy közepes méretű vállalkozások, egyes tevékenységekre, technológiákra, termékekre, szakterületekre, művelési ágakra² szakosodnak.

² Ebben a cikkben növénytermesztési példákat használtunk, de a precíziós gazdálkodás modellje értelmezhető az állattenyésztésre is, ahol szintén folyamatban van a digitális transzformáció és az adatrobbanáshoz való alkalmazkodás.

Ebben a körben szép számmal akadnak új, innovatív technológiákat fejlesztő, a nemzetközi piacot megcélzó vállalkozások, úgynevezett *start-up* cégek is. A kockázati tőke áramlását bemutató elemzésekből láthatjuk, hogy a befektetők érdeklődése nő, a közelmúltban több nagy összegű finanszírozási megállapodás született.³

Az innovációk diffúziója szempontjából természetesen döntő szerepük van a mezőgazdasági vállalkozóknak, gazdálkodóknak. A mezőgazdasági szektor közismerten konzervatív, más iparágakban a fejlődés sokkal gyorsabb. E cikkben leírtuk, hogyan jelent meg, illetve hogyan torlódott egymásra több innovációs hullám. Vezetési, gazdálkodási szempontból a zöld forradalom fordista jellegű fordulatot hozott, napjainkban pedig az első és a második precíziós hullám feltételeinek és következményeinek alakulását figyelhetjük meg. A következmények várhatóan kiterjedtek lesznek, túllépik a szervezeti kereteket, társadalmi szinten is megjelennek majd olyan területeken, mint például a foglalkoztatás, az oktatás, a szakmák átalakulása. Követésük és értelmezésük kiterjedt és interdiszciplináris kutatómunkát követel majd, hiszen, ahogy e cikk elején leírtuk, a tét nagy.

IRODALOM

- Borsiczky I. et al. (2015): Study of the Use of N Sensor in Weed Covered Fields of Winter Wheat. *Herbologia*, 15, 1, 99–109. DOI 10.5644/Herb.15.1.10, <http://www.anubih.ba/images/publikacije/herbologia/herbologija%20vol%2015%20no%201/10%20Boriczky.pdf>
- Bögel Gy. (2015): *A Big Data ökoszisztémája*. Budapest: Typotex Kiadó
- Brase, T (2005): *Precision Agriculture*. Independence, Kentucky: Delmar Cengage Learning
- Hallegatte, S. et al. (2016): *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington: The World Bank, <http://documents.worldbank.org/curated/en/260011486755946625/Shock-waves-managing-the-impacts-of-climate-change-on-poverty>
- Hesser L. (2006): *The Man Who Fed the World: Nobel Peace Prize Laureate Norman Borlaug and His Battle to End World Hunger*. Dallas: Durban House
- Lencsés E. – Takács I. – Takács-György K. (2014): Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. *Sustainability*, 25 November, 8452–8465. DOI:10.3390/su6128452, <http://www.mdpi.com/2071-1050/6/12/8452/pdf>
- Lowenberg-DeBoer, J. (2015): The Precision Agriculture Revolution. *Foreign Affairs*, May-June, <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2015-04-20/precision-agriculture-revolution>
- Paller G. – Szármas P. – Élő G. (2014): Az AgroDat.hu szenzorhálózat kommunikációs/távközlési rendszerének tervezési tapasztalatai. *Híradástechnika*, HTE Infokom különszám, 58–63. http://www.hte.hu/documents/10192/1023270/HT_2014_1_11_Paller-Szarmas-Elo.pdf

³ Érdekes példák találhatóak például az AgFunder nevű szervezet évente kiadott *AgTech Investing Report* című szektorális jelentéseiben.

- Reichardt, M. et al. (2009): Dissemination of Precision Farming in Germany: Acceptance, Adoption, Obstacles, Knowledge Transfer and Training Activities. *Precision Agriculture*, 10, 525–545. <https://goo.gl/qeZhCZ>
- Reisinger P. (2015): Digitális növényvédelem. *Növényvédelem*, 51, 1, 45–47.
- Tamás J. (2001): *Precíziós mezőgazdaság*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Rt. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_tamas/adatok.html
- The Economist (2011): *How Much Is Enough?* A Special Report on Feeding the World. *The Economist*, 26 February, 5–9. <https://www.economist.com/node/18200702>
- United Nations (2015): *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Working Paper ESA/P/WP.241. https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf
- Westerman, G. – Bonnet, D. – McAfee, A. (2014): *Leading Digital*. Boston: Harvard Business Review Press
- Zhang, N. – Wang, M. – Wang, N. (2002): Precision agriculture – A Worldwide Overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 113–132. DOI: 10.1016/S0168-1699(02)00096-0

AZ ÚJ ADATKEZELÉS LEHETŐSÉGEI ÉS KOCKÁZATAI A TÁRSADALOMKUTATÁSBAN

POSSIBILITIES AND RISKS OF NEW DATA MANAGEMENT IN SOCIAL RESEARCH

Nagy Péter Tibor¹, Veroszta Zsuzsanna²

¹egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Kar, Wesley János Lelkészképző Főiskola
nagypetertibor@gmail.com

²tudományos főmunkatárs, Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Kutatóintézet
veroszta@demografia.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A legtágabb perspektívában minden olyan „új adatról” gondolkodunk, amely a jelenben folyamatosan termelődik, és kezelhetővé tételük strukturálásra vagy újrastrukturálásra készíti a kutatót, átalakítva ezzel a kutatási eljárásmodokat is. Szűkülő fókuszunk ezután a nem kutatási céllal létrejött, ám strukturált mikroadatokra helyeződik át, melyeknek kutatási célú felhasználása egyfelől megköveteli a maga tudományos validációs eljárásait, másfelől azonban az adatfelhasználás új lehetőségei felé mozdítja el az empirikus vizsgálatokat. Legsűkebb perspektívában ezen lehetőségek megmutatása írásunk célja.

ABSTRACT

In the broadest perspective we are thinking of any kind of “new data” that is constantly produced in the present forcing the researcher to structure or re-structure them, to modify the research methods too. Our shrinking focus concentrates for micro data, which are produced definitely for non-research purposes. Using them for research purposes on the one hand, require their own scientific validation procedures, on the other hand open new perspectives. In the narrowest perspective the goal of our paper is to show these new opportunities.

Kulcsszavak: társadalomkutatás, Big Data, mikroadat, adatkapcsolás, longitudinális

Keywords: social science, Big Data, micro data, data-merging, longitudinal

Évszázadok óta termelődnek olyan adatok, melyeket a kutató kigyűjtött, de a számítástechnika előtti korban csak egyediségüktől megfosztva és csak aggregált formában kerülhettek tudományos felhasználásra. Az aggregáció a „változók”

kombinálhatóságának természetes határt szabott. Más esetekben az adatok „a változók kombinálhatóságát” megőrző helytörténeti elemzések formájában dolgoztathattak fel. Ez utóbbi viszont kizárta az általánosíthatóság reális igényét. Voltak ugyan olyan történeti programok, melyek szisztematikus helytörténeti elemzések utólagos összekapcsolhatóságát vették célba – az Ila Bálint kezdeményezte megyei monográfiásorozat, vagy az 1929-es Zsidó Lexikon hitközség címszósorozata példa erre –, de részben e szakirodalom korabeli szisztematikus feldolgozásának gyakori elmaradása, részben az utólagos – napjainkban folyó – adatbázisba szervezés nyomán egyértelművé váló adathiányok jelzik e törekvések tényleges korlátait. Ha pedig az adattömeg felhasználásának célja nem egyes jelenségek gyakoriságának megragadása volt – például jelentős életpályákra vonatkozó adatgyűjtések esetében –, a kutatóknak eleve le kellett mondaniuk arról, hogy konkrét tárgyakra vonatkozóan „minden” adatot összeszednek. Hiszen a „jelentős” életpályák, „jelentős” egyszerű történések épp azért minősítették önálló feldolgozásra méltónak, mert mind kortársaikra, mind az utókorra olyan hatást gyakoroltak, hogy távoli levéltárakban, félreeső sajtótermékekben is maradtak velük kapcsolatos adatok. Az újkori levéltári és könyvészeti termelés nagyságrendje pedig gyakorlatilag kizárta, hogy a kutató – egy konkrét személy vagy esemény nyomai után kutatva – *minden* olyan adatforrást átnézzon, ahol semmilyen logikus előfeltevés nem valószínűsítette vonatkozó adat felbukkanását. A személyekkel vagy egyedi történésekkel kapcsolatos különböző forrásokban megőrzött adatok feltárása és összekapcsolása csak a források tömeges digitalizálása nyomán vált lehetségessé, amit az olvasó akkor tapasztal meg leginkább, ha sok millió oldalas szövegtárakban – mint az Adtplus vagy az országos levéltár honlapja – indít el egy-egy névre vagy évszámra vonatkozó keresést. A kutatási célra felvett modern személysoros szociológiai adatbázisokhoz szokott, korrelációs vagy oksági hipotéziseket feltevő kutató számára a régi szövegek vagy táblázatok egyszerű szkennelésen alapuló digitalizált változata nem elégséges: ezek csak alapanyagul szolgálhatnak a kutatásra alkalmas adatbázisok felépítéséhez. E régi források vagy régi feldolgozások adatbázisba szervezése után azonban már az egyedi adatok tömeges összekapcsolása – avagy kis aggregátumok valószínűségi összekapcsolása – is lehetségessé válik. A régi adatok egy része a kortársak számára is adatként funkcionált (például adóösszeírások, anyakönyvek). Szociológiai vagy tudományos adattá válásuk az összekapcsolás, a tömegesedés, illetve – kortársak számára elvileg talán ismert, de gép nélkül elképesztő időigényű – matematikai elemzések révén történik meg. Vannak azonban olyan történeti források, melyeket a kortársak semmilyen értelemben *nem adatként* éltek meg: ilyenek a történeti térképek, ahol a települések, az úthálózat, a csatornahálózat adatait önmagában is elemzésnek vetheti alá a számítógéppel felszerelt kutató, de összekapcsolhatja adataikat szöveges forrásokkal, illetve napjaink térképadataival is. Ilyen a templomképek, családi fotók millióinak elemezhetősége is. De

nem élték meg „adatteremtésként” a szavak és kifejezések megválasztását az írók és újságírók, a magánleveleket írók, és az államigazgatási szövegeket, vállalati ügyiratokat termelők sem. Mindezeknek a forrásoknak a használata, „adattá alakítása”, adatként elemzése a következő évtizedek történészei számára olyan lehetőségeket nyit a számítástechnika előtti évszázadok elemzéséhez is, amelyek folyamatosan újraalkotják a múltból szóló képünket.

A kutatás számára rendelkezésre álló „régai adatok” mellett napjaink jelenségeiről a számítástechnika tömeges alkalmazása következtében korábban elképzelhetetlen mennyiségű új adat keletkezik, melyek egyrészt befolyásolják a régebbi dolgok, párhuzamos trendek „kifutásáról” való tudásunkat – miáltal a napjainkról szóló adatok robbanásszerű bővülése a közelmúlt történetének folyamatos átírására készíti bennünket –, másrészt a „gyorsuló időben” maguk is hamar történeti forrássá válnak. Nyugodtan feltételezhetjük, hogy amiképpen az első adatrobbanás korának történészei és levéltárosai nem látták át mindazokat a módszereket, ahogyan koruk adattömegét – például a frissen megszületett napisajtót, az alfabetizmus általánossá válása következtében nagyságrendekkel megnövekedett magánlevelezést, a városias ügyintézés, üzemszerű termelés exponenciálisan megnőtt írásbeliségét – a jövő tudósai használni fogják (vagy használhatnák, ha megőrizték volna...), úgy valószínűleg ma sem látjuk pontosan, hogy a spon-tán keletkező digitális adattömeg hogyan hasznosul majd a jövőben. Mint ahogy azt sem, hogy az *evidence based* döntéshozás korában az egymással konkuráló álláspontok alátámasztására felépített strukturált, „tudományos” adattömegrész mennyire éli túl az alátámasztandó álláspont kisebbségben maradását.

E gondolatmeneten haladva tovább elméleti fejtegetésünk során a „jövő történészeire gondolva” az új adatok természetéről és kezeléséről két fő momentumot emelnénk ki. Egyfelől az új dolgokról szóló új, de strukturálatlan adatok keletkezésének társadalmi természetét, másfelől a strukturált, illetve „tudományos” adat születését és visszatöltődését az adatok körforgásába. Ezt követően a szakadatlanul keletkező „új adatok” újrastrukturálásának gyakorlati kutatási szempontjait, lehetőségeit és elemi szabályait gondoljuk át, a folyamatosan frissülő nyilvántartási – regiszter – adatok tudományos célú felhasználásának konkrét példáin.

ÚJ, STRUKTURÁLATLAN ADATOK ÚJ DOLGOKRÓL

A régi adatok digitalizálásának, történeti adatbázisba szervezésének valamilyen tudományos motivációja van. Az adatbővítési folyamatok teljesen más típusát jelenti az a napról napra az interneten megjelenő adattömeg, melyet termelője közigazgatási, politikai, üzleti, társadalmi vagy „társasági”, esetleg magánéleti célból tesz nyilvánossá. Ez az adattömeg a közigazgatási, politikai, üzleti stb. valóságot soha nem látott mértékben teszi kutathatóvá. Az egyedi konkrét ese-

ményekre irányuló tudományos kutatás szempontjából – a gyakorlatilag korlátlan ingyenes tárhelykapacitások megnyílása óta – az adattermelődés és hozzáférés legfontosabb korábbi korlátja tovatűnt. Még két évtizeddel ezelőtt is biztosak lehettünk abban, hogy – az anyagi erő különbözőségénél fogva – nem mindenki publikálhatja adatait vagy mondanivalóját, akinek szándéka van azokat publikálni. A nem szöveges, hanem képi, különösen mozgóképi anyagok vonatkozásában ez még tíz éve is igaz volt.

Természetesen az egyedi történésekre vonatkozó kutatásnak továbbra is van négy alapvető korlátja.

Az egyik, hogy semmilyen mód nincs annak ellenőrzésére, hogy egy interneten publikált adat hogyan keletkezik „valójában”, ki vagy kik készítették ténylegesen, az adatot készítőik láthatták-e a kontextust, amelybe az általuk szolgáltatott adat vagy szövegrészlet illeszkedik, hogyan és miért módosult a szöveg, illetve az adat hogyan viszonyul a „valósághoz” (például dolgok ténylegesen a leírtól eltérő darabszámához vagy a tényleg elhangzott, a megjelentnél sokkal keményebb hozzászóláshoz, egy békésen üldögélő közönséget mutató kamera látószögéből gondosan kihagyott – bár az összes jelenlévő számára jól látható – kompromittáló szimbólumhoz stb.). Természetesen az internet előtti adatokkal kapcsolatban is igaz ez, csak az adatpublikáló felületek akkor még korlátozott száma valószínűsítővé tette, hogy a „valóságtól” történő eltérésre valaki azonnal felfigyel, és az eltérés lelepleződik.

A második, hogy az internetes adat használója minden korábbinál nagyobb mértékben ki van téve a hamisításnak. A hagyományos adatokat is lehetett hamisítani – azt a látszatot kelteni, hogy mástól származnak, mint akitől származnak –, de a csalás a Photoshop előtti korszakban jelentős munkabefektetést igényelt, s szakértők általában ki tudták zárni a hamis iratokat, hamis fotókat.

A harmadik, hogy semmilyen mód nincs annak ellenőrzésére, hogy maga az adattermelő nem termelt e belső használatra a nyilvánosan megjelent adattal teljes mértékben szembenálló adatot, akár tömegesen is. Természetesen az internet előtti korszakban is tömeges volt a kettős valóság – azaz voltak „belső jelentések” –, de sosem volt olyan könnyű és olcsó hamis vagy érdektelen adattömegbe „fullasztani” az érdeklődőt.

A negyedik ellentmondás pedig, hogy semmilyen mód nincs annak ellenőrzésére, hogy valamely kérdésben az adott ügyben érdekelt és aktív, de a nyilvánosságban nem érdekelt szereplő milyen adatokat termelt. Természetesen ez is jelen volt korábban, de minthogy az aktív irattárból a levéltárba kerülésre csak sok év után lehetett számítani, a kinyomtatásnak pedig költségei voltak, mindenki számíthatott rá, hogy egy döntésmechanizmusnak vannak a nyilvánosság számára láthatatlan anyagai is. Az e-kormányzás korában bármely döntéshez szükséges adat „láthatatlansága” csak abból eredhet, hogy az adat tulajdonosa *nem akarja* azt megosztani a nyilvánossággal.

Egészen más viszonyok jellemzik a kutatott tömeges jelenségeket. A találat-százezrek összehasonlítása olyan problémákat vet fel, amelyek a hagyományos adatok esetében nem merülnek fel. Ilyen például az adattöbbszöröződés, illetve a keresőmotorok sajátosságai, melyek – egyértelműen üzleti érdekek mentén – „fel-” és „lesúlyoznak” jelenségeket. A hagyományos adattömeg esetében az adatokat létrehozó, tároló, rendelkezésre bocsátó rendszer (például az államigazgatás vagy egy konkrét sajtóvállalat) érdekei áttekinthetők. Az internetes adattömeg esetében a keresőmotorokat vezérlő üzleti és reklámérdekek áttekinthetetlenek.

Az internetes adattömeg „nagy testvére” a „Big Data”, melynek nagy része közvetlenül nem érhető el az interneten, amely a cégek, az intelligens hálózatok, a magánszektor és az egyéni felhasználók által világszerte és napi szinten előállított óriási adatmennyiséget jelenti. Ez közismerten folyamatosan növekszik, nagyságrendjét ma már csillagászati számokkal szokták meghatározni. Ezzel az adattömeggel persze inkább az informatikusok, mint a társadalomtudósok foglalkoznak. Az adattermelődés korábbi állapotával szemben az alapvető különbség, hogy az egyének mindennapi cselekvéseit korábban részben lehetetlen volt tömegesen adattá szervezve regisztrálni, részben csak tudatos előzetes döntések alapján lehetett – jelentős anyagi ráfordításokkal – regisztrálni és akár üzleti, hatósági, titkosszolgálati vagy kutatási célból felhasználni. A Big Data az az adattömeg, amelyet a minket körülvevő digitális eszközök – elvileg előzetes döntés nélkül szinte mindenről szinte mindent – regisztrálnak. Azaz az adattermelésünk legnagyobb része ma már nem tudatos jellegű.

Mindenképpen igaz azonban, hogy azt, hogy az egy adott másodpercben technikai értelemben mindenképpen létező adattömegből a következő másodpercre vagy a következő napra mi őrződik meg, az adatok birtokosainak érdekei határozzák meg. De a kérdés nem csak a megőrződés. Üzleti vagy kormányzati érdekek és igen komoly erőforrások kellene ahhoz, hogy a valamiképpen megőrződő strukturálatlan adattömegből társadalomtudósok által már használható adatok váljanak.¹

„TUDOMÁNYOS”, STRUKTURÁLT ADATOK

Akár az internet, akár a Big Data adattömegéhez képest elhanyagolható nagyságrendű, de a korábbi korok hasonló adattermelésének többszörösét jelenti az a tudatosan strukturált, interneten vagy kiválasztott kör számára zártkörűen hoz-

¹ Úgy tűnik, érdekek a valóság egy lehatárolt darabjának megismerésére vannak csupán: tudomásom szerint még nem történt olyan valódi társadalomtudományi elemzés, mely – valamiféle Új-Ulyssesként – akár valamely társadalmi csoport által (illetve ról) meghatározott időszakban termelt valamennyi adatot feldolgozta volna. Elképzelhető, hogy a New York-i 9/11 után nagyobb titkosszolgálatoknál történtek ilyen feldolgozások, de ezeket a hétköznapi társadalomtudományi gyakorlat még nem ismeri.

záférhetővé tett táblázat-, számítás- és grafikontömeg, amely valamiféle szakértői munka, háttéranyag, tudományos munka.

Az *evidence based decision* gyakorlatilag az egész fejlett világban elterjedt. A már strukturált és emberi fogyasztásra emberi beavatkozással (ha mással nem, egy táblázattermelő *syntax* megírásával és lefuttatásával) előkészített adattáblák és grafikonok „csapnak össze” az ellenérdekelt felek vitáiban, mely ellenérdekelt felek természetesen saját, általuk vagy általuk is ellenőrizhető adatgyűjtő, -feldolgozó és adatértékelő szervezetek fenntartásában érdekeltek. Mi több, „az ellenérdekelt felek” nélkül működő politikai rendszerek is – tervezésre, de ha arra nem, akkor propagandára – tömegesen érdekeltek strukturált adatok létrehozásában.

Az adatgyűjtő, adatfeldolgozó és adatértékelő szervezetek pedig saját erő- és érdekviszonyaikkal alapvetően meghatározzák a tudományos célokból működő társadalomtudós helyzetét is. A strukturált adat, amellyel a társadalomtudós dolgozni kénytelen, magán viseli születésének körülményeit és az előállítók (esetleg szintén valamiféle társadalomtudósok) lét- és tudati viszonyait is. A tanulmányokba „beledolgozott” adatra – tekintettel arra, hogy válogatás és interpretáció eredménye – fokozottan igaz ez.

Nyilvánvaló, hogy számos társadalomtudományi mű esetében elmosódik a határ a politikai, kormányzati, üzleti erőviszonyokat közvetlenül figyelembe vevő alkalmazott kutatási publikációk, jelentések és a „tisztá tudomány” céljait szolgáló publikációk között. A publikációk termelői – finanszírozási vagy más okokból – gyakran érdekeltek abban, hogy konkrét érdekek szolgálatában álló adatközléseiket és adatelemzéseiket „tisztán tudományosként” tüntessék fel, vagy hogy valójában „tisztán tudományos” – azaz kizárólag szerzőjének a tudományos közösségben való előrejutását célzó vagy önkifejezési vágyát kielégítő, illetve a tudományos igazságkeresés transzcendentális igényét kielégítő – munkát alkalmazójuk vagy megrendelőjük érdekeit szolgáló praktikus műnek tüntessenek fel.

Természetesen a „tisztá tudomány” kritériumainak megfelelő és önmagát oda is soroló munkák is objektíve illeszkednek egyfelől a témájával kapcsolatos vagy akár asszociatív kapcsolatba hozható ideológiai és társadalmi viszonyokba, másrészt az adott tudományág mikrotársadalmi viszonyaiba, harmadrészt abba az általános versengésbe, ami a dolgok megközelítésének általános legitimitációja körül folyik a vallás, a tudomány, a művészet, azaz a világ megismerésének fő történelmi formái, s az ezzel foglalkozó értelmiségi csoportok között.

Az „adatokra épülő” tudományos mű maga is adattá, adathalmazzá válik háromféle értelemben is: egyrészt a benne lévő adatok súlya, hatása, fennmaradási esélye a tanulmányba kerülés révén nagyságrendileg megnő a többi – tanulmányba nem kerülő, ott nem idézett, nem interpretált – azonos forrású adathoz képest. Másrészt az adatok új értelmet nyernek más adatforrásokból kiválogatott adatokkal való összekapcsolás révén. Harmadrészt pedig, az is adat, hogy kik,

miről, milyen terjedelemben, hol publikálnak, kikre hivatkoznak, milyen érvelési algoritmusokat használnak.

A tanulmány – immár megrendelőjétől, szerzőjétől, kiadójától függetlenül – azután újabb adatképződés forrásául szolgál, hiszen sokféle érdeke által meghatározottan részévé válik irodalomjegyzékeknek, hivatkozásoknak, vagy fejt ki – hivatkozatlan formában is – alapvető hatást más tudományos tanulmányokra. Részévé válik a tudományos nyilvánosság ma még kétarcú intézményrendszerének: a papíralapú könyvkiadás világának, s a részben papír, részben azonban már egyre inkább internetes módon is hozzáférhető folyóiratok világának. A könyvkiadás és folyóirat-kiadás világa egyaránt különböző rangú elemekre oszlik. A „jó helyen megjelent” nyomtatott társadalomtudományi könyv persze magasabb presztízst jelent, mint a csak interneten elérhető szövegek. Könyvkritikák születnek róla, bevételszerzővé válhat, tankönyvvé válhat. A mű elterjedése szempontjából egyértelműen az interneten is elérhető folyóiratokban megjelenő művek élveznek előnyt. Pontosabban: élveznének, ha nem alakult volna ki a – filmek világához hasonlóan – a szűkebb közösségekben megosztott, illetve torrentoldalakon működő másodlagos piac, melyek a könyvek elektronikus elterjedésének is kedveznek, a kiadók kétségbeesett ellenállása ellenére. Az új adatok keletkezése, régi adatok újrahasznosulása még tovább bonyolítja azokat az erőviszonyokat, amelyek az egyes témákat kutató történészek, a lezárult dolgokat kutató nem történész identitású társadalom- és bölcsészettudományi kutatók, a napjainkban is élő dolgok előzményeit és gyökereit bemutatni kívánó kutatók, a múlt társadalmi jelenségeit analógiaként és példatárként használó közvéleményformáló értelmiségiek között fennállnak. Ezek az erőviszonyok ugyanis természetesen kihatnak a forrásfeltárási, forráspublikálási folyamatokra, a tudományos művek megszületésére és elterjedésére – végső soron a tudomány egészére.

NEM TUDOMÁNYOS, STRUKTURÁLT ADATOK

A tudományos céllal rendszerezett adattömeg kezelési sajátosságai mellett a nem tudományos – például adminisztrációs, regisztrációs – céllal gyűjtött, ám strukturált adatok kutatási szempontú kezelése is új lehetőségek előtt áll. Első ránézésre a regiszteradatok rendelkezésre állása nem tűnik nagy újdonságnak a kutatók számára, hiszen a statisztikai rendszerek hosszú történetük során mindig is produkálták ezt az információforrást, és a tudomány élt is a lehetőséggel. (A magyar statisztikát és államigazgatást e szempontból közepes mértékű előrelátás jellemzi. 1880 óta megőrizték ugyan a népszámlálási kiadványok alapjául szolgáló elsődleges aggregációkat – ez a számítástechnika korában kis aggregációkat esetként megjelenítő, s összekapcsolást lehetővé tevő adatbázisok felépítését teszi lehetővé –, de a népszámlálás személyes adatait még az 1980-as és 1990-es

népszámlálás után sem őrizték meg, noha akkor már a számítástechnika lehetőségei mindenki számára ismertek voltak. Az intézmények, illetve a levéltárak az 1850–1950 közötti évszázadban megőrizték a középiskolai és egyetemi anyakönyveket, de azt a vélhetőleg szintén eredetileg személysoros adatlapot, melyek alapján országos összesítések készülhettek, például a tanulók anyanyelvéről, már nem lehet fellelteni.) A lényeges fejleményt ezen adatbázisok egyénsoros összekapcsolási lehetőségeinek felfutása jelenti, amit mind az informatikai lehetőségek, mind a jogi szabályozás alakulása nagyban elő tud segíteni. A technológiai környezet esetében ez olyannyira érvényes, hogy egyenesen a Big Data kutatási felhasználásának alapproblémájaként szembesülünk azzal, miszerint a tudományos célú felhasználás gyakorlati és szemléleti szempontból egyaránt nehezen tud lépést tartani az informatikai lehetőségek gyors fejlődésével.

Mielőtt azonban a kutatói szemléletmód átalakulásán és állandóságán, majd a megújuló kutatási eljárásokon gondolkodnánk az új közegben, röviden a regiszteradatok természetével kell foglalkoznunk.

Kutatóként az adatok sokféle típusával lehet dolgunk. Az adatok sokfélesége azt is jelenti: kezelésükkel, értelmezésükkel kapcsolatban sokkal többféle kérdés merül fel, mint amikor a kutató egyféle (például egy konkrét népszámlálásból, egy konkrét adóbevallásból vagy egy konkrét közvéleménykutatásból származó) adatot próbál meg értelmezni. Az adat magában „az információ formalizált módon való megjelenítése, amely alkalmas feldolgozásra, továbbításra, közlésre, értelmezésre” (KSH, 2014). Az egyedi adatok közvetlenül hozhatók kapcsolatba egy egyénnel vagy szervezettel.² Ezek (például a név, a lakcím, a születési dátum, de mesterséges azonosítóként akár az adószám, TAJ-szám is) személyes adatnak vagy üzleti titoknak tekinthetők mindaddig, amíg az adatkezelés során kapcsolatuk az egyénnel vagy egyedi szervezettel fennmarad vagy helyreállítható. Még mindig egyéni szintű, ám anonimizált az a mikroadat, amely egy adott alanyra vonatkozik ugyan, de a közvetlen és közvetett azonosíthatóság lehetősége nélkül, azaz személyes jellegétől megfosztva áll rendelkezésre. A döntő különbséget ez az egyéni szint jelenti a statisztikai adatokhoz képest, amelyek az egyedek megfigyeléséből, statisztikai műveletek eredményeként jönnek létre. A teljes körű adatbázisok azután aggregáltsági szintjük mellett céljaikat tekintve is különböznek. Adminisztratív adatforrások esetében a szervezet nyilvántartási, engedélyezési, jogosultsági (köz)feladatainak ellátása az adatgyűjtés célja, ami egyben a célcsoport teljes lefedettségének és egyedi azonosíthatóságának követelményét is magába foglalja. Abból eredően, hogy az állami rendszerek (adózás, társadalombiztosítás, oktatás) az adminisztratív adatokat igazgatási, szabályozási, regisztrációs, szolgáltatási stb. – de nem kutatási – céllal gyűjtik, a kutatásban történő hasznosításuk csakis másodlagos felhasználásként értelmezhető. (A kutatónak gyakran

² A statisztikáról szóló 1993. évi XLVI. törvény alapján.

vállalnia kell ennek azt a következményét is, hogy az eredeti adatfelvétel irányítói szempontjai szerint a leghatalmasabb adatbázisokból éppen a legfontosabb háttér-adatok (például szülők társadalmi státusza, felekezeti vagy politikai orientáció) hiányoznak. Ehhez a hasznosításhoz egyébként, épp a célzott adatfelvételekhez képest remélhető gazdaságossága miatt állami és nemzetközi szakpolitikai szinteken nagy várakozások és sikeres gyakorlatok kötődnek.³

Látványosan valóban nem jelent komoly pluszterhet az állami adatvagyon részét képező, már meglévő, akár összekapcsolt személyes adatállományok kutatási felhasználása. Valójában azonban (a jogi és etikai megfontolásokat most nem említve) önálló kutatási tevékenységről van szó: az adatok olyan újrastrukturálásáról, melynek során az adminisztráció célhoz kötöttségét kell a kutatási célhoz transzformálnunk. Az adminisztratív adatok struktúrájukban – és nem csak aggregátumként – magukon hordozzák, leképezik ugyanis az aktuális hatalmi, döntéshozási struktúrákat. A kutatás során csak az adminisztratívból kutatásivá transzformált elemi adatokon válik majd lehetővé új struktúrák keresése. Ezen kezelési és újraértelmezési igény a kutatói munkát állítja új feladatok elé mind a tudás és szemléletmód, mind a készségek, mind pedig az eszközök szintjén, bázis adva ezzel olyan új szakmák, mint az adattudomány/adattudós megerősödéséhez.

Az adattudomány részeként a nem tudományos céllal gyűjtött és strukturált regiszteradatok kutatási becsatornázásához – a törvényi háttér megismerése, az adatszolgáltatással kapcsolatos érdekek felmérése és a rendelkezésre álló adatok körének feltérképezése mellett – a tudományos kutatás lépéseit kell hozzárendelnünk. Ehhez az adminisztratív adattípus megkülönböztető jegyeinek megismerése szükségeltetik. A témában született gazdag irodalom (lásd például: Dixon, 2000; Elias, 2015; Hotz et al., 2008; McNabb et al., 2009; Roos et al., 2008; Smith et al., 2004) jól mutatja, hogy a kutatási céllal gyűjtött adatokhoz képest a regiszteradatok nagy erőssége az adatok mennyisége és a célcsoport teljes lefedettsége, ami a válaszadási torzítás gondját csökkenti. (Persze a regiszteradatok szisztematikusan hiányokat hoznak: mondjuk a hajléktalanokkal vagy éppen a nem legális jövedelmekkel kapcsolatban.) Az adminisztratív adatbázisok kiterjedése időben is nagyobb mozgásteret nyújt, mint a célzott adatfelvételek, ahol a múltbéli információk egy részéhez csak retrospektíve, a válaszadó memóriájára, a válaszadó pszichológiai törvényszerűségek szerint torzuló narratívájára bízva magunkat férhetünk hozzá, a jövőt pedig vagy tervekből, vagy későbbi adatfelvételek lebonyolítása árán követhetjük. A regiszterek számára – állandó vagy konvertálható adatstruktúrát feltételezve – nem kihívás a longitudinalitás biztosítása különösebb anyagi és időráfordítás nélkül. (Természetesen a szavak – például foglalkozásnevek – jelentésének változása mint probléma, így is fennmarad.) Igaz, e kétségtelen rugalmasság és bőség ellenére nagyon is erős rigiditásba ütközünk

³ Lásd például a 2007-es OECD *Istanbul Declaration*ot.

a kutatási felhasználás során. Abba az áthidalhatatlan távolságba például, ami a kutatni kívánt jelenség változósintű megragadásának adminisztratív és primer kutatási lehetőségei között feszül. A regiszteralapú kutatásnak olyan változókészlettel és kategóriarendszerrel kell boldogulnia, amelyet nem kutatási céllal hoztak létre. Ahhoz, hogy ezekből kutatási adatok és változók váljanak, végül is más sorrendben, de a klasszikus kutatási eljárás- és szemléletmód szerint kell eljárunk, vagyis definiálnunk kell a változókat és meghatározni mérési módjukat. A kutatási célú újradefiniálás és validálás során az adatok létrejöttének kontextusát és vonatkozásának korlátait épp azzal a fegyelemmel építjük újjá, mint ahogyan egy primer kutatás tervezése során eljárunk – jóllehet az eltérő sorrendhez hozzá kell szoktatni gondolkodásunkat, és át kell hangolni eljárási szabályainkat.

Persze, még ha el is végezzük az adatok átstrukturálását – újrakonceptualizálunk és -operacionalizálunk változókat kutatási céljainknak megfelelően, adminisztratív adatból kutatási adatot hozva ezzel létre –, akkor is pótolhatatlan hiányokba fogunk ütközni a lágy társadalomtudományi változókat és általában minden, adminisztrációs, ellenőrzési célt nem szolgáló adatot illetően. Szembe kell néznünk azzal is, hogy a hamis adatszolgáltatáshoz sokkal többféle és sokkal szisztematikusabb egyéni és intézményi érdekek kötődnek, mint a kutatási adatfelvételek esetén. Magának az adatfelvevőnek is sokkal inkább vannak – rejtett – igazgatási vagy politikai érdekei, amelyek éppúgy befolyásolhatják a kérdések megfogalmazását, mint az adatfelvétel módját. Ezeket az ellentmondásokat hidalhatja át – némiképp – a kutatási és adminisztratív adatbázisok összekapcsolása, amellyel a két típusú adatforrásban rejlő pozitívumokat ötvözhetjük.

ADATOK ÚJRASTRUKTURÁLÁSA MINT KUTATÁS

Az egyéni szintű adatokat tartalmazó – akár kutatási, akár adminisztratív – adatbázisok összekapcsolásával az adatok kutatási célú újrastrukturálásának új lehetőségeihez érkeztünk el. (A különféle helyeken felvett adatok összekapcsolása kutatási szempontból végzett adatfelvételeknél sem túl gyakori. Nagyobb, tehát államigazgatásival összevethető nagyságrendű esetszámú adat-összekapcsolásra két példát tudnánk említeni: az egyik a Csákó Mihály vezetésével folyt adatfelvétel, amely 1998 tavaszán valamennyi 12. évfolyamos középiskolással kérdőívet vett fel, majd – később eltüntetett – név és születési dátum alapján összekapcsolta ezt az adott év őszén a felsőoktatásba beiratkozott diákok adataival.⁴ A másik a Karády Viktor és Nagy Péter Tibor vezetésével felvett adatbázis, amely az 1870

⁴ *A felsőfokú továbbtanulás tényezői* című kutatás. Szervezeti háttér: Eötvös Loránd Tudományegyetem Szociológiai és Szociálpolitikai Intézet; Finanszírozás: Soros Alapítvány; A vizsgálat éve: 1998; Kutatásvezető: Csákó Mihály.

és 1918 között érettségizett diákok középiskolai értesítőkből, illetve anyakönyvekből felvett adatsorát kapcsolta össze – név és születési év alapján – az egyetemi anyakönyvekkel és diplomakönyvekkel.⁵) Az állami adminisztrációban több olyan egyénsoros adatbázis áll rendelkezésünkre, amely egyedi azonosítói vagy egyéni adatkombinációi révén lehetővé teszi az információtartalom integrálását. Ezen lehetőségek teljes köre aligha térképezhető fel, és talán hamar aktualitását is vesztené, éppen ezért a következőkben már megvalósított vagy tervezett konkrét adatkapcsolási eljárások bemutatásához fordulunk. Két hazai példát veszünk alapul: az egyik az Oktatási Hivatal által a Diplomás Pályakövetési Rendszer keretén belül végrehajtott államigazgatási adatbázisok pályakövetési célú integrációja. Ebben az esetben a felsőoktatásban abszolutóriumot szerettek évfolyamának alapsokaságához kötötték hozzá az adózási, társadalombiztosítási, foglalkoztatási rendszerekben található adatokat a végzést követő időszakra nézve, egyénsoros anonimizált módon.⁶ Az adatok átstrukturálása itt az oktatási adminisztrációban összegyűjtött információhalmaz munkaerőpiaci szempontú rendezését jelenti annak érdekében, hogy a friss diplomások kilépési sikerességét az elérhető paraméterek mentén – foglalkoztatottság, jövedelem, foglalkozás – becsüljék. Ebben a példában adminisztratív adatbázisok közötti összekapcsolásról van szó, amely egy előzetesen definiált alapsokaság teljes körére kiterjedően integrálja a lehetséges információkat. A regiszteradatok kutatási célú transzformálása ez esetben is szükségeltetik, a validálási eljárást minden bevont változóra szükséges kiterjeszteni a kutatási nézőpontnak megfelelően. Ezt követően az egyénsoros összekapcsolás abban az esetben, ha minden adatbázis tartalmazza ugyanazt az egyedi azonosítót (ez esetben a TAJ-szám tölti be ezt a szerepet), *match-merge* eljárással mechanikusan végrehajtható. Ennek hiányában az összekapcsolás – *deterministic linkage* – a személyes adatok egyedi megkülönböztetést lehetővé tévő kombinációjára támaszkodhat (például a név, születési hely és idő együttesen már biztosíthatja az azonosítást). Az adatkapcsoláson alapuló kutatási adatbázisból aztán vizsgálhatóvá válnak például az egyes szakokon végzettek NAV-nál rögzített havi bruttó keresetei néhány évvel a végzettség megszerzése után.

Adminisztratív mikrodatok kutatási átstrukturálásának longitudinalitáson alapuló példáit a Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Kutatóinté-

⁵ URL1, Finanszírozás: FP7-es projekt.

⁶ Az adatkapcsolásra több alkalommal is sor került (2010, 2012, 2013, 2016). A 2013-as vizsgálatba bevont szervezetek például: Felsőoktatási Információs Rendszer (FIR), Diákhitel Központ Zrt., Magyar Államkincstár (MÁK), Nemzeti Adó- és Vámhivatal (NAV), Országos Egészségbiztosítási Pénztár (OEP), Országos Nyugdíjbiztosító Főigazgatóság (ONYF), Nemzeti Munkaügyi Hivatal (NMH). A vizsgálat alapsokasága a 2009/2010-ben, illetve 2011/12-ben a felsőoktatásban végzettek teljes köre, az adatgyűjtés a 2013-as státuszra, illetve visszamenőlegesen három évre vonatkozott. Az adatkapcsolás-sorozat napjainkban is zajlik. Ismertetését lásd például: Nyüsti–Veroszta, 2014.

zetben most induló Magyar Születési Kohorszvizsgálat – Kohorsz '18 – tervezett adatkapcsolásainak bemutatásával érzékeltetjük.⁷ A vizsgálat a 2018-ban születendő gyermekek tízszázalékos mintáján méri fel a gyermekek magyarországi felnövekedésének számos aspektusát. A longitudinális *survey* adatgyűjtés a várandósság időszakában indulva fél-, egy-, négyéves korig, sőt a tervek szerint még tovább követi a gyermekek kognitív, érzelmi fejlődését, családi és környezeti hátterét, egészségét, társadalmi helyzetét. Az azonos alapsokaság időben folyamatos követése a *survey* módszertanon belül is folyamatos egyéni szintű adatkapcsolást feltételez. Ötletszinten emellett egy születési kohorszvizsgálatot számos adminisztratív adatkapcsolási lehetőség segíthet. Az elvi lehetőség adott például az ugyanazon adminisztratív adatbázison történő adatkapcsolásra. Ennek során egyazon regiszter különböző időpontokra vagy tartalmakra vonatkozó adatait kapcsoljuk össze a kutatás alappopulációjának egyedi adatsoraihoz. Ez esetben az adatok egyéni szintű azonosítása a rendszer adottsága. Ilyen kutatási elem lehet például a 2018-ban gyermeket vállaló nők szülés előtti és utáni munkaerőpiaci életútjának vizsgálata a változó nevű és jogállású egészségbiztosítás adatain. De ilyen longitudinális adatkapcsolásra kerülhet sor abban az esetben is, ha a védőnői rendszerből vett szülői adatokhoz ciklikusan kapcsoljuk a gyermek ugyanabban a rendszerben rögzített fejlődési adatait.

Amennyiben a kutatás mintájához, illetve az ez alapján rögzített *survey* adatokhoz kapcsolunk regiszteradatokat, azonosítási szempontból két úton haladhatunk. Az adatbázistól elkülönülten kezelve (a válaszadó beleegyezésével) rögzíthetjük azt a kapcsolati kódot (például TAJ-szám), amellyel a válaszadóra vagy a mintába került gyermekre vonatkozó adattartalmak az adminisztratív adatbázisokban azonosíthatók. Ez esetben akár regiszteralapú *survey*re is lehetőség nyílik, amennyiben a teljes körű adminisztratív adatbázis megfigyelési egységre vonatkozó egyedi adatsorai egészülnek ki *survey* kutatásból származó, a mintára vonatkozó szintén egyedi adatsorokkal. A két típusú (hivatalos és személyes) információforrás összekapcsolása nemcsak a két adattípus erőnyeit kombinálja, hanem jelentősen csökkenti a válaszadói terheket (ezáltal a költségeket) is. A kohorszkutatás esetében regiszteralapú kutatási design jelentene, ha a mintába került várandósok terhesgondozási nyilvántartásból származó regiszteradatai már az első személyes megkereséskor egy adatsorrá kapcsolódnának össze a felvett adatokkal. Egyedi azonosító esetében persze mindegyik utólag is sor kerülhet. Ha azonban ennek alkalmazására nem nyílik lehetőség, akkor még mindig lehetséges a már meglévő, különböző forrású, ám azonos alappopulációt lefedő adminisztratív, illetve *survey* adatbázisok egyedi szintű összekötése. Ennek során – a deter-

⁷ A kutatás az EFOP 1.9.4. – VEKOP-16 EMMI-felhívás: *A szociális ágazat módszertani és informatikai megújítása* keretében valósul meg. A kutatási program az induló szakaszban jár, ismertetését lásd az URL2 honlapon.

ministic linkage eljáráshoz hasonlóan – a surveyben szereplő egyes válaszadók adatkombinációiból állítunk össze egyedi azonosításra alkalmas adatsomagokat, és keressük ezek megfelelését az adminisztratív adatbázisban szereplő, elvileg teljes alappopuláció egy tagjával. Az ehhez alkalmazott módszer a valószínűségi adatkapcsolás (probabilistic record linkage)⁸ amely statisztikai eljárással azonosítja a két, azonos alappopulációt lefedő adatbázis tagjai közti kapcsolat statisztikai valószínűségét.

A születési kohorszvizsgálatban emellett az időbeliség, életút kezelésén leginkább alapuló adatkapcsolási kutatási elem lehetne egy olyan „adminisztratív jelzőrendszer” kidolgozása is, amely az időben rögzített kutatási szakaszok mellett a megfigyelték (gyermek, illetve anya) megjelenését figyeli a szociális és oktatási rendszer, valamint a munkaerőpiaci adminisztráció adatbázisaiban, és erre reagálva eseti adatfelvételt tesz lehetővé. Ezáltal a fejlődési szakaszokhoz igazított kutatási szakaszok mellett az adatgyűjtés egyedi életeseményekhez is igazodhat. Amennyiben például az adminisztratív rendszerek a kutatás számára visszacsatolást küldenének, ha a mintában szereplő anya foglalkoztatottként jelenik meg, vagy a gyermek közoktatásba kerül, lehetővé válna a gyermekek vizsgálata egységesen a bölcsődei ellátás kezdete utáni hónapokban vagy az óvoda megkezdésekor, vagy az anyák felkeresése munkába állásuk után néhány hónappal, vagy újabb gyermekvállalásuk, sőt esetleges munkanélkülivé válásuk esetén.

Előbbi példáink annak érzékeltetésére szolgálnak, ahogyan a nem kutatási céllal létrejött, hatalmas és folyamatosan bővülő adattömegeket – „új adatokat” – a kutatás a maga számára hasznosíthatja. Az, hogy példáink egy része jelenleg zajló eljárás, másik része még csak tervezési szinten érvényes, jól érzékelteti ezen új adatok keletkezésének gyorsaságát és a kutatási reakció előtt álló kihívásokat.

Elméleti szempontból a legnagyobb kihívás persze annak feldolgozása, hogy az *adatfeltárás, adatrendezés és adatelemzés* jelenségvilága egy komplex tudománysszociológiai összefüggésrendszer része.

Funkcionalista megközelítésből ez azt jelenti, hogy minden társadalomtudományi elemzés legnagyobb kihívása, hogy *egyszerre* kellene...

...elemeznünk – önmagukban – a rendelkezésre álló adatokat;

...megállapítanunk, hogy a rendelkezésre álló adatok mennyire tükrözik annak a társadalomrésznek a viszonyait, amelyről szólni akarunk (van-e szisztematikus torzítás);

...megállapítanunk (például analógiák vagy hasonló kutatások alapján), hogy a rendelkezésre álló adatok, változók közül nem hiányzik-e valamilyen alapvető adat, melynek hiánya az összes magyarázatot irreálissá teszi;

⁸ Az eljárás matematikai alapjainak kidolgozásának forrása: Fellegi–Sunter, 1969.

- ...megállapítanunk, hogy az adattermelődés közegének nyelvi valósága az adatok mértékének mekkora homogenitását biztosítja, azaz, hogy minden adatszolgáltató számára többé-kevésbé ugyanazt jelentik-e az adatszolgáltatás során használt szavak;
- ...megállapítanunk, hogy mennyiben módosítják adatainkat a másoktól átvett vagy magunktól kitalált elemzési kategóriák.

Konfliktuselméleti paradigmában az önreflexió és álcázás sajátos dinamikáját fenntartva ugyanakkor arról beszélünk, hogy...

- ...témaválasztásunk mennyire szabad és mennyiben megrendelt;
- ...adataink mennyire valósak és mennyire konstruáltak;
- ...kategóriáink mennyire rugalmasak és mennyire előre programozottak;
- ...hipotézisünk, illetve tanulságaink mennyire voltak meg előzetesen, vagy mennyire keletkeztek az elemzés eredményeképp;
- ...doxikusan használt oksáfgfogalmunk valójában mely tudományfilozófiai rendszer részeként legitim, illetve illegitim.

Az államigazgatási alapú adattömeg használatával egyszerre növeljük – finanszírozási esetlegességektől függetlenül – a társadalomtudományi kutatások lehetőségait, s egyben nézünk szembe azzal a kísértéssel, hogy ne arra akarjunk válaszolni, ami tiszta tudományos kérdésként megfogalmazódik, hanem arra, amire a más célú és más motivációjú adatfelvételek választ kínálnak. Egyénenként és kutatóközösségként is vigyáznunk kell arra, hogy a lényegtelen kérdésekkel kapcsolatos lehetőségek ne szorítsák háttérbe a lényeges, de nehezebben „adatulható” kérdések megfogalmazását, felelős megvitatását.

IRODALOM

- Dixon, S. (2000): Using Administrative Data Sources in Labour Market Research. *Labour Market Bulletin*, 2, Special Issue, 26–30.
- Elias, P. (2015): *New Forms of Data – New Opportunities for Research*. Trans-Atlantic Platform Social Sciences and Humanities, 11th February 2015.
- Fellegi, I. A. – Sunter, A. B. (1969): A Theory for Record Linkage. *Journal of the American Statistical Association*, 64, 328, 1183–1210. https://www.researchgate.net/publication/228057942_A_Theory_for_Record_Linkage
- Hotz, V. J. – Goerge, J. – Balzekas, J. – Margolin, F. (eds.) (2008): *Administrative Data for Policy-relevant Research: Assessment of Current Utility and Recommendations for Development. A Report of the Advisory Panel on Research Uses of Administrative Data of the Northwestern University/University of Chicago Joint Center for Poverty Research*. http://public.econ.duke.edu/~vjh3/working_papers/adm_data.pdf
- KSH – Központi Statisztikai Hivatal (2014): *Módszertani dokumentáció/Fogalmak, definíciók*.

- McNabb, J. – Timmons, D. – Song, J. – Puckett, C. (2009): Uses of Administrative Data at the Social Security Administration. *Social Security Bulletin*, 69, 1, <https://www.ssa.gov/policy/docs/ssb/v69n1/v69n1p75.html>
- Nyüsti Sz. – Veroszta Zs. (2014): *Diplomás pályakövetési adatok 2013 – Adminisztratív adatbázisok integrációja*. Budapest: Educatio Társadalmi Szolgáltató Nonprofit Kft. https://www.felvi.hu/felsooktatasimuhely/dpr/kiadvanyok/adminisztrativ_adatbazisok_integracioja2013
- Roos, L. L. – Brownell, M. – Lix, L. et al. (2008): From Health Research to Social Research: Privacy, Methods, Approaches. *Social Science & Medicine*, 66, 1, 117–129. DOI: 10.1016/j.socscimed.2007.08.017
- Smith, G. – Noble, M. – Antilla, C. et al. (2004): *The Value of Linked Administrative Records for Longitudinal Analysis. Report to the ESRC National Longitudinal Strategy Committee*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=21358D6605BCE27CF3130F4C-539B121A?doi=10.1.1.630.1056&rep=rep1&type=pdf>

URL1: Culturally Composite Elites, Regime Changes and Social Crises in Multi-Ethnic and Multi-Confessional Eastern Europe. (The Carpathian Basin and the Baltics in Comparison - cc. 1900–1950). <http://elites08.uni.hu>

URL2: www.kohorsz18.hu

Tanulmányok

HÁROMSZÖGEK AZ IRODALOMBAN – VÁGYSZERKEZETEK MÁRAITÓL NÁDASIG¹

TRIANGLES IN LITERATURE – STRUCTURES OF DESIRE FROM MÁRAI TO NÁDAS

Bollobás Enikő

az MTA doktora, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem Amerikanisztika Tanszék
bollobas.eniko@btk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A háromszögséma meglehetősen gyakori az irodalomban: ketten ugyanazt a személyt szeretik, vagy egy ember szeret kettőt – egy időben vagy egymás után. Első látásra egyszerűnek tűnik ez a képlet, ám mélyebb elemzések a vágyháromszögek nem várt változatosságát és összetettségét mutatják. Tanulmányomban ezt a variabilitást és komplexitást igyekszem föltárni, tágabb elméleti és összehasonlító irodalmi kontextusba helyezve a háromszögeket. Vizsgálódásaimat a patriarchátus- és az interszubbektivitás-elméletek által keretezett elméleti térben folytatom, s a Claude Lévi-Strauss, René Girard, Gayle Rubin, Heidi Hartman, Mary Jacobus, Eve Kosofsky-Sedgwick és Gerda Lerner, valamint Edmund Husserl, Martin Buber, Maurice Merleau-Ponty, Emmanuel Lévinas és Judith Butler által szolgáltatott kritériumok segítségével és az európai és amerikai irodalom képviselőinek – Henry James, D. H. Lawrence, Stefan Zweig, Szerb Antal, Márai Sándor, Harsányi Zsolt, Carson McCullers, Nadas Péter – néhány alkotása elemzése alapján írom le a háromszögek szerkezetét.

ABSTRACT

Triangular structures occur quite frequently in literature: one loves two, or two love one, simultaneously or consecutively. This seemingly simple formula reveals unexpected variations and complexities when exposed to theoretical scrutiny. In an attempt to explore their variability and complexity, I placed the triangular structures in a wider theoretical and comparative literary context. I examined texts disclosing both typical and atypical structures, studying them in an interpretive space framed by theories of patriarchy (of Claude Lévi-Strauss, René Girard, Gayle Rubin, Heidi Hartman, Mary Jacobus, Eve Kosofsky-Sedgwick, Gerda Lerner) and theories

¹ Az MTA I. Osztálya előtt 2018. január 8-án tartott előadás írott változata.

of intersubjectivity (of Edmund Husserl, Martin Buber, Maurice Merleau-Ponty, Emmanuel Lévinas, Judith Butler), describing triangular structures found in the works of some European and American authors (Henry James, D. H. Lawrence, Stefan Zweig, Antal Szerb, Sándor Márai, Zsolt Harsányi, Carson McCullers, and Péter Nádas).

Kulcsszavak: háromszögek, vágyszerkezetek, patriarchátus, alanyköziség

Keywords: triangles, structures of desire, patriarchy, intersubjectivity

A háromszögséma meglehetősen gyakori az irodalomban: egy ember kettőt szeret, vagy ketten ugyanazt a személyt szeretik, egy időben vagy egymás után. Első látásra egyszerűnek tűnik ez a képlet, ám mélyebb elemzések a háromszögséma nem várt változatosságát és összetettségét mutatják.

Tanulmányomban ezt a variabilitást és komplexitást igyekszem föltárni, tágabb elméleti és világirodalmi kontextusba helyezve a háromszögeket. Tipikus és atipikus sémákat megjelenítő szövegeket fogok vizsgálni, mégpedig a patriarchátus- és az interszubjektivitás-elméletek által keretezett elméleti térben, s az általuk szolgáltatott kritériumok segítségével megkülönböztetem a háromszögek szerkezetét és működését.

A MÁRAI-HÁROMSZÖG

Mindenekelőtt három, alig hét éven belül (1935 és 1942 között) született Márai-művet szeretnék földézní, mégpedig egyetlen szempont, a mindháromban föllelhető háromszögséma alapján. Összefoglalóimat ezzel a fókusszal fogalmazom.

A művek keletkezési dátuma szerint haladva az első a *Válás Budán*, 1935-ből. A drámaszerű regény két férfi nehéz, tisztázó beszélgetéssel terhelt éjszakáját mutatja be, amelynek során Greiner Imre orvos fölkeresi egykori osztálytársát, Kőműves Kristóf bírót, aki a másnapi válóperes tárgyalását vezette volna. A késő este érkező orvosnak – akivel szemben felesége, Fazekas Anna „hütlén elhagyás” jogcímen indított válópert – „bíróra van szüksége”, ugyanis, mint mondja, megölte a feleségét – pontosabban, amikor Anna halálos mennyiségű altatót vett be, ő nem mentette meg, hanem hagyta lebegő, álomszerű öntudatlanságában. Tette ezt azért, hogy felesége együtt lehessen – mint álmaiban oly gyakran – élete nagy szerelmével, Kőműves Kristóffal. Most, amikor Greiner a halott nőt otthon hagyva megjelenik a gimnáziumi barát otthonában, pusztán arra kíváncsi, hogy kölcsönös volt-e az asszony rejtett, csak álmaiban megélt szerelme. Vagyis Greinert valójában Kőműves Kristóf érzelmei izgatják, az ő elfojtott-bevallhatatlan

vágyaiba, szexuális tudatalattijába igyekszik behatolni. A nagy szembesítő beszélgetés ekképp a két férfi barátságának próbája lesz, miközben a nő mintegy zárójelbe kerül.

Az 1940-ben bemutatott *Kaland* című színműben még egyértelműbb ez a háromszögséma. A darab főhőse Kádár Péter „orvostanár”, akinek szembe kell néznie azzal, hogy felesége, Anna el fogja hagyni, ráadásul a tanársegédjével, Dr. Zoltánnal akar összeházasodni. Kádár aznap állítja fel a diagnózist Anna tüdőrákjáról, felismerve, hogy az asszonynak legfeljebb fél éve van hátra. Az orvos ekkor nemcsak elengedi feleségét, de maga szervezi meg elutazását. Tanársegédjét pedig arra utasítja, hogy kísérje el Annát az útra, mégpedig úgy, hogy közben végig az ő utasításait követi. Szembetűnő, hogy a drámai események mind férfiak közt zajlanak a darabban, miközben a nő félrevezetett, haldokló, a szomszéd szobában alvó, szedált beteg. Anna passzivizálása nem is lehetne teljesebb. Kádár nem engedi, hogy felesége tisztában legyen saját betegségével. Beléfojtja a szót, amikor Anna elmesélné, miért akarja elhagyni őt, hallgatásra ítélve az asszonyt. Ekként ebből a hármass szerkezetből is kiesik a nő, s a hárompólusú reláció kétpólusúvá válik.

A harmadik Márai-mű a legnépszerűbb, az 1942-es *A gyertyák csonkig égnek*, amelyben megint csak két férfi tisztázó beszélgetésének vagyunk tanúi. Henrik (a tábornok) és Konrád gyermekkori barátok, akik a regény jelenében elmúltak hetvenévesek. Konrád egykor elszerette a tábornok feleségét, Krisztinát, s a két férfi azóta nem találkozott egymással. A barátság és a közös asszony azonban örök kötelék: „hármunknak olyan közünk van egymáshoz, mint a kristályoknak egy mértani törvény képletén belül” (Márai, 1990, 119.). Ennek ellenére ebből a háromszögből is hiányzik az (élő) asszony, aminek következtében ez a hárompólusú reláció is kétpólusúvá válik, hiszen Henrik azonnal kiiktatta feleségét az életéből azzal, hogy büntetésként soha többet nem szólt hozzá, és az asszonyt sem hallgatta meg. Még halálában sem engedi szóhoz jutni azzal, hogy Konrád előtt olvasatlanul tűzbe veti Krisztina titkos naplóját. Ekképp Henrik véglegesen megvonja az asszonytól a nyelv benveniste-i alanyiságát (miszerint „»Ego« az, aki »egó«-t mond” [Benveniste, 2002, 60.]). Az asszony kiiktatásával itt is a két férfi versengése képezi a mű tengelyét. Henriket elsősorban a barát viselkedése zavarja, nem felesége hűtlensége. „Csak egyet nem tudtam megmagyarázni: azt, hogy ellenem vétkeztél. Ezt nem értettem. Erre nem volt mentség” (Márai, 1990, 68.). Ezért kell önnön dominanciáját hangsúlyoznia, s megfosztania vetélytársát az ágenség pusztá emlékének felidézésétől is. Vagyis a dominanciára törekvő fél itt sem tudja másként értelmezni a másik két személy szerelmét, mint az ő legyőzésére tett kísérletet.

Már a cselekmények rövid összefoglalásából is kitűnik, hogy az a különös háromszögséma, amelyet mindhárom Márai-mű oly egyértelműen követ, nem azonos a szokványosabb szerelmi háromszögekkel, amelyekben egy férfi szeret két

nőt vagy két férfi vágya irányul egy nőre, s amelyeket az ágencia férfihoz történő rögzítése okán egyaránt patriarchálisnak tekinthetünk.

A vizsgálódásaim tárgyát képező Márai-szövegekben kikristályosodó háromszög nem kevésbé a patriarchátus terméke, mégis alapvetően más: három-három személy életkapcsolatáról van szó, ám ezek csak látszólag háromszög-relációk, valójában mindhárom műben csak két pólusról beszélhetünk, két férfi párviadaláról. A nőt, akit mindketten szerettek valamikor, mintha nem is önmagáért szerették volna, hanem azért, mert a másik, a rivális férfi is vágyott rá. Vagyis csak a másik férfit tekintik szubjektumnak, a nő megmarad objektumnak, a két alany között közvetítő tárgynak.

A Márai-háromszög különösségének megragadásához két nagyobb elméleti vonulatot hívok segítségül: a patriarchátus szerkezetére vonatkozó elméleteket és az alanyképzés interszjektív elméleteit. Ezek alapján a következő megfigyeléseket tehetjük.

Márai háromszögei leképezni tűnnek azt a patriarchátus-szerkezetet, melyet Claude Lévi-Strauss tárt föl, rámutatva, hogy az endogám házasságok tiltásának az oka csak látszólag a vérfertőzés elkerülése: valójában a rokonság kiterjesztését és a patriarchátus társadalmi intézményeinek megszilárdítását szolgálja. A francia antropológus szerint ezek az exogám házasságok arra hivatottak, hogy a nő közvetítésével a két törzs vagy család férfitagjai rokonsági s egyúttal szövetségi kapcsolatba kerüljenek egymással. A nők pedig „csereárúként” szerepelnek ebben a kapcsolatban, s ennek következtében tárgyiasulnak vagy dologiasulnak (Lévi-Strauss, 1949).

Lévi-Strauss e tételei valóban érvényesnek tűnnek Márai említett műveire. Ám ez a probléma mégis jóval bonyolultabb. Nem mondható ugyanis, hogy a két férfi szimmetrikus és kiegyenlített szubjektumkapcsolatot alkot, hogy mindketten egyformán cselekvő-beszélő alanyok, akik között közvetít a tárgyiasult nő, s hogy e közvetítő révén mindketten nagyobb súlyra tennének szert. Ezért inkább azt mondhatjuk, hogy itt René Girard képlete érvényes, aki módosította a Lévi-Strauss-féle háromszöget (Girard, 1977), rámutatva, hogy a regényirodalomban nem ez a „romantikus hazugság” jelenik meg, hanem hárompólusú vágykapcsolatok: a vágy megszületésénél mindig jelen van egy harmadik személy. A vágy nem elsősorban vagy kizárólagosan szexuális vagy erotikus, hanem tágabb értelemben a hatalom, a birtoklás és a dominancia vágya. Ezt a vágyat Girard elsősorban a nemek közti hatalmi játszmában megnyilvánuló vágyként vizsgálja. A Girard-féle háromszögben három személy vesz részt, három pozícióban: két férfialany, akik a vágy hordozói, a vágyakozó és a rivális, valamint a közvetítő tárgy, a nő, akire mindketten vágnak. A nő olyannyira nem lehet alany ebben a háromszögben, vagyis hogy az „ára”, a győztesnek kijáró díj, nem az ő saját „értékeitől” függ, hanem attól, amennyit a rivális férfinak megér. A nő „ára” a rivális által megadható képzeletbeli ártól függ; vagyis Girard szerint a képzeletbeli

vágy (*désir imaginaire*) utánzásáról van itt szó (Girard, 1977, 6.). Girard szerint a hárompólusú vágykapcsolatoknak éppen ez a leglényegesebb vonása, vagyis, hogy a vágy nem a tárgyban, hanem az alanyban gyökerezik, mégpedig úgy, hogy valójában a másik szubjektummal való versengés hozza létre.

Mint láthattuk, a versengés Máraínál is fontos eleme a férfiak közti relációknak: Greiner, Kádár és Henrik mind a másik fölötti dominanciára törekszik. Ez a dominancia megnyilvánul a beszéd kisajátításában, hiszen alig engedik szóhoz jutni a másikat, és – elsősorban a *Kaland*-ban és a *Gyertyákban* – azokban a cselekedetekben, amelyek révén a domináns férfi mindenáron ki akarja nyilvánítani a nőért való versengésben elért győzelmét.

A három Márai-műről egyaránt elmondható, hogy értelmezésében nemcsak a lévi-strausszi, illetve girard-i modell használható, de ennek genderszemponitú továbbgondolásai is, így Gayle Rubin, Heidi Hartman, Mary Jacobus, Eve Kosofsky-Sedgwick és Gerda Lerner megfigyelései (Rubin, 1997; Hartman, 1981; Jacobus, 1986; Sedgwick, 1985; Lerner, 1986). Röviden összefoglalva, a fenti szerzők a következő tételben jelölik meg a patriarchátus lényegét: egyenlőtlen szereposztás férfiak és nők között; a nő nem lehet a vágyakozás alanya, a vágy forrása; a férfi vágyát a nő nem önmagában kelti föl, hanem azért, mert a rivális férfi vágyának a tárgya; a riválisok közti kapocs gyakran erősebb, mint bármelyik vágyakozó és vágyott közötti.

Vagyis elmondható, hogy Márai háromszögei alapvetően a patriarchátus hatalmi viszonyait leképező szerkezetek. Ám minthogy a háromszögek alapvetően interszjektív struktúrák is, elemzésembe az interszjektív elméletek fölvetéseit is be kell vonnom. Vizsgáljuk meg tehát a résztvevők közti személyközi-alanyközi relációkat.

Mindegyik férfi a másik férfival igyekszik tisztázni a múlt eseményeit. Ám nem az Edmund Husserl által a *Karteziánus elméletek* című könyvében (Husserl, 2000) leírt módon, azaz más szjektívitasok elismerésével, mások létezésének és egyedi céljainak elismerésével. A résztvevők a másikat nem alanyként, hanem pusztán tárgyként érzékelik, kizárólag érzékelésük tárgyaként. Ekként nem is valósul meg köztük a másik tudat empatikus intencionalitással történő elismerése. Reflektált attitűd sem jön létre köztük, nem folytatnak párbeszédet egymással, inkább monológokat hallunk, a domináns pozíciót betöltő férfiak prelegálását. Minduntalan a dominancia újból és újból történő kinyilvánításával találkozunk. Ekképp a Martin Buber által (Buber, 1994) felállított megkülönböztetést magunkévá téve elmondhatjuk, hogy Máraínál a férfiak között „Én–Az” (I–It) viszony jön létre, reflektálatlan és egyirányú, alany és tárgy közötti reláció, és nem „Én–Te” (I–Thou) kölcsönös kapcsolat, alany és alany között, amely a másik ember másik tudatként és másik szjektívitasaként történő elismerésén alapul. Máraínál az sem történik meg, amit Maurice Merleau-Ponty az interszjektív kapcsolat feltételeként határoz meg: amikor is két ember a nyelven keresztül belép

egymás észlelési mezőjébe, elindítva a megértési folyamatot, amikor „tekintete[m] találkozik egy másik tekintettel” (Merleau-Ponty, 2012, 379.). Márai alakjai nem képesek a nyelven keresztül egymás észlelési mezőjébe lépni, ezért szakad köztük a személyköziség szövete. Nem jön létre az „egymásba illesztettség és egymásba fonódás” „kiazmatikus állapota” (Merleau-Ponty, 2006, 157.). Ekként elmarad az összes részvevő között az Emmanuel Lévinas által leírt interszubjektív befogadás (Lévinas, 1999) is, a Másik „fogadása”, a másik ember másságának elfogadása, amikor is a nyelv közvetít. Én és a Másik között, lehetővé téve, hogy az Én kilépjen önmagából, felfogja a Másik másságát. Nem valósul meg „az arc epifániája”, ami megnyithatná az emberi-séget (Lévinas, 1999, 178.), megteremtve az arccal szembeni jelenlét pillanatait, vagyis az olyan „tartalmakat”, melyek azután „megélődnek: táplálják az életet” (Lévinas, 1999, 87.). Vagyis elmondható, hogy Márai egyértelműen patriarchális háromszögeiben nem működnek személyközi-alanyközi relációk.

HÁROMSZÖG-VARIÁCIÓK

A vizsgálódásaimba bevont két elmélet tükrében fölmerül a kérdés: valódi alanyköziség hiányában mondhatjuk-e, hogy ezek a háromtagú relációk valóban háromszögeket alkotnak? Hiszen itt minden esetben kétpólusúvá alakulnak az eredetileg – vagy látszólag – hárompólusú vágykapcsolatok.

Mielőtt válaszolnék erre a kérdésre, áttérek tanulmányom második részére, amelynek során bemutatom a Márai-művek kapcsán leírt séma néhány más változatát. Figyelmemet csak az európai és amerikai irodalom néhány alkotására irányítom, s eltekintek a „valóságtól”, akármennyire izgalmas háromszögsémákkal is szolgál az irodalmi világ, például a Török Sophie–Szabó Lőrinc–Babits Mihály közötti viszony, vagy a tudományos világ, például a DNS-t kutatók alkotta háromszög, melyről Mary Jacobus írt emlékezetes könyvében (Jacobus, 1986). Itt a háromszög egyik szögében az angolok (James Watson, Francis Crick és Maurice Wilkins) állnak, egy másikban a rivális amerikai (Linus Pauling), a harmadikban, a nő helyén pedig maga a DNS, akit a pozíció feminizál. Azt, hogy a DNS feminizálása mennyire egyértelmű volt a kutatók számára, jól érzékelteti Francis Crick mondata: „a DNS a biomolekuláris világ »buta szökéje«” (Crick, 1981, 72.).

Tehát a háromszög-variációkra rátérve – és kicsit megelőlegezve a szöveg-lemzések alapján levont következtetéseimet – próbáljunk deduktív módon fölállítani egy tágabb értelmező struktúrát. Úgy tűnik, a háromszögstruktúrákat két nagyobb csoportba oszthatjuk. Egyrészt ott van az eddig tárgyalt patriarchális alapséma, melyben két rivális alany és egy tárgy vagy közvetítő szerepel; itt rögzített a pozíciók nemi kiosztottsága, tükrözve a Lévi-Strauss- és Girard-féle hatalmi viszonyokat. Másrészt ott a most tárgyalandó interszubjektív változat,

amelyben vágyakozók, vágyottak és közvetítők szerepelnek, változó felállásban, s amelyekben létrejönnek személyközi-alanyközi relációk. Ezekben az alanyi és a tárgyi-közvetítői pozíció nem mutat nemi kétosztatúságot, ami a patriarchátus-modellnek felelne meg, sőt, meg is cserélődhetnek a szerepek. A vágy birtoklója lehet nő, és férfi is lehet a vágy tárgya, vagy férfi is közvetíthet két nő között. De a megcserélt szerepek önmagukban mégsem tűnnek kategóriaképzőnek, csak a rögzítetlenséggel és a fluiditással társulva. Vagyis a pozíciók változhatnak, és férfi és nő egyaránt – sőt ugyanazon műben akár váltakozva is – betöltheti a vágyakozó, a vágyott és a közvetítő pozícióját. Nézzünk néhány példát.

D. H. Lawrence *St. Mawr* című kisregényében a vágy birtoklója nő, s a különös vágykapcsolat három pólusát egy férfi, egy nő és egy ló képezi. Az amerikai Lou Witt elhidegül angol férjétől, s az ősi életerőtől duzzadó, pompás telivér iránt gyulad vágyra, miközben a ló is alanyként vonzza a nőt. Lou és St. Mawr is egyszerre alany és tárgy: hol a vágy birtoklója, hol a másik vágyának célpontja. A szerepek interszjektív szempontból rögzítetlenek, miközben a háromszög kétpólusúvá válik – igaz, a vágykapcsolat kissé váratlan módon nő és ló között létesül.

Hárompólusú vágykapcsolattal találkozhatunk D. H. Lawrence *A róka* című kisregényében is, melynek az a különössége, hogy itt a háromszög előbb két nő és egy róka, majd két nő és a róka strukturális helyét elfoglaló fiatalember között létesül, s a róka/ferfi két nő között közvetít. Ez a háromszögszerkezet akkor módosul, amikor Henry és March egymásba szeretnek, s a férfinak két közvetítő riválissal kell leszámolnia: a rókával és Banforddal. Ezzel a hárompólusú kapcsolat kétpólusúvá válik, miután a kétpólusú vágykapcsolat kilökte magából az oda nem illő harmadikat, állatot és embert egyaránt.

Stefan Zweig *Érzések zűrzavara* című kisregényének cselekménye a tudós mester, a tanítvány és a mester fiatal felesége közti érzelmi háromszög terében játszódik. A történet folyamán mindhárom személy betölti a vágyakozó, a vágyott és a közvetítő pozícióját egyaránt: előbb Roland, a tanítvány lép be közvetítő harmadikként a házaspár vágykapcsolatába, később az asszony szerepel közvetítőként, végül a nő és a fiatalember között közvetít a mester.

Több, rögzítetlen szereplőkkel megvalósított, hárompólusú vágykapcsolattal találkozunk Szerb Antal *Utas és holdvilág* című regényében. A cselekmény alapja a Mihály, Tamás és Éva közti vágyháromszög, s ebben a szinte hármass szerelemben mindhárman egyaránt elfoglalják az alany és a tárgy pozícióját. Míg a Mihály és Tamás közti vágykapcsolatban Éva tölti be a tárgy (közvetítő, katalizátor) szerepét, addig az Éva és Mihály közti vágykapcsolatban Tamás a közvetítő.

Harsányi Zsolt *A bolond Ásvayné* (1942) című színművében² több háromszögszerkezettel is találkozunk. Az első felvonásban látszólag patriarchális vágyszer-

² A dráma háromszögszerkezetére Ritoók Zsigmond professzor hívta föl a figyelmemet. Köszönet érte.

kezetbe rendeződik el a három szereplő, amikor is két férfi vágya irányul a szép Ásvaynéra. Ám valójában három alany foglalja el a háromszög egyes pontjait, amennyiben Ásvayné is alanyi módon ragaszkodik a választás ágenciájához. Az 1916-ban játszódó további két felvonásban az idős Ásvayné, a birtokra került orosz hadifogoly és a felesége emlékében élő Ásvay foglalja el a háromszög pontjait. Itt a fiatalember játssza el az élő asszony és a halott férje közti közvetítő szerepét, miközben ágens is, amennyiben ő a játék irányítója. E két szerkezeten túl több háromszög is formálódni látszik: Andris két nőbe szerelmes (Lenkébe és Franciskába), Iván és Lenke szerelmi kapcsolatában pedig jelen van Ásvayné is (a hasonmás, Ásvay révén).

Carson McCullers *A szomorú kávéház balladája* című kisregénye egyszerre követ hagyományosabb és felforgatóbb sémát. A kisregény három kétpólusú vágykapcsolat történetét beszéli el, amelyekben mindhárom szereplő egyaránt foglal el alanyi és tárgyi pozíciót: Miss Amelia alanyként vágyakozik Lymon kuzén iránt; Marvin Macy a férfi szubjektumpozíciójából udvarol Miss Ameliának; Lymon kuzén pedig szintén a vágyakozó férfialany helyzetéből fordul Marvin Macy felé. Rögzítetlenek a helyzetek és a társadalmi nem inflekcói, miközben a vágypozíciók rögzítetlenségével újszerű háromszög jön létre, mely nem felel meg a nemek patriarchális rögzítettségének. McCullers ugyanis kölcsönössé teszi ezt a vágyháromszöget, ahol minden tárgyi pozícióhoz társul egy alanyi vágypozíció.

Nádas Péter *Találkozás* című drámája talán a leglátványosabban jeleníti meg a rögzítetlen és elmozduló pozíciókat, ezért részletesebben foglalkozom vele. A kétszemélyes kamaradráma az arisztokrata származású Mária és egy huszas éveiben járó fiatalember találkozását mutatja be. Szubtextusában egy másik találkozás bontakozik ki, mégpedig az asszony és a fiatalember apjának több évtizeddel korábbi szerelmi története, ezzel hárompólusúvá tágítva a színpadon játszódó kétpólusú találkozást.

A múltbéli névtelen férfi ávos tiszt, ami szóltan légyottjaik során nem derül ki a nő számára. Ám Máriát többször is elviszi a rendőrség, verik, kínozzák, s a kihallgatások során egyszer csak szembekerül a szeretett férfival, aki nyilvánvalóan magas beosztást tölt be a testületnél, s aki jelen van egyik verésekkel kísért kihallgatása során. A férfi számára ez a kihallgatósobában történő találkozás mély lelkiismereti válságot okoz. Öngyilkos lesz, a szeretett asszony szeme láttára a szájába lő. – Ennyi tehát a régi, ötvenes évekbeli történet: egy szerelmi és egy politikai találkozás története.

A színpadon pedig találkozássorozatok játszódnak le: az asszony és a Fiú jelen idejű találkozása, a többszörös narratív beágyazásokkal előadott korábbi találkozástörténet az arisztokrata asszony és az ávos tiszt között, valamint a színpadon performált találkozás Fiú és apa között.

Mindegyik találkozás követi a Judith Butler által bemutatott folyamatot, melyet Butler Nicolas Malebranche francia karteziánus filozófus nyomán ír le. Eszerint

az interszjektív folyamat három lépésből áll: az első a más személyekkel való kapcsolat kialakítása (Nádasnál: „találkozás”), a második a másiktól való megérintés, a harmadik a másik viszont-érintése. E három állomás után jut el a személy arra a pontra, ahol elnyeri az érzés és a cselekvés képességét, vagyis érző szubjektummá válik (Butler, 2015, 7–8.). Egy első érintés indítja el a tapasztalást, írja Butler, amely nemcsak a kognitív tudás feltétele lesz, de a szubjektívációé is: az érzés előfeltétele a tudásnak, „ézés nélkül pedig nem létezik Én” (Butler, 2015, 43.).

Mária és egykori szeretője, valamint annak fia számára már az is nehézséget okozhat, hogy kapcsolatba kerüljenek egymással, hiszen egymást szinte diszjunktív módon kizáró világokból jönnek; ekképp empatikus intencionalitás és kölcsönös elismerés nélkül nem találkozhat ávos tiszt és grófnő, fiú és ávos apja, fiú és az apa régi szeretője, élő és halott.

A dráma különössége (legalábbis elemzésem szempontjából) abban áll, hogy nincs benne kétpólusú vágykapcsolat egy harmadik személy közvetítése nélkül. Vagyis mindhárom találkozás háromszögben valósul meg. Mária és a Fiú találkozik az egykori szeretőn/apán keresztül, amikor is két élő között közvetít a közösen szeretett halott. A második háromszögben két férfi között egy nő közvetít. A Fiú Márián – akár egy médiumon – keresztül lép kapcsolatba apjával, amely találkozás az önjelenlét örömét hozza el számára: „Nagyon itt vagyok” – mondja Máriának (Nádas, 2001, 122.). Végül ott egy harmadik háromszög is, melyben a Fiú közvetít Mária és az ő halott szerelme között.

Az utolsó háromszög kapcsán elmondhatjuk, hogy Mária a Fiú testét médiumként használva kerül közel egykori szerelméhez, amikor halottmosó asszonyként lefürdeti az élő Fiút. Ez a rituális mosdatás az arcadás ceremoniális aktusává lényegül, melynek során mintegy a fordított prosopopeia alakzata mentén – hogy Dávidházi Péter, illetve Paul de Man gondolatmenetét vegyem kölcsön (Dávidházi, 2009, 26–28.; de Man, 1997) – Mária arcot ad egykori szerelmének, aki mindaddig két értelemben, politikailag és fizikailag is „arcrongált”. Mária pedig – a Fiú közvetítésével – metaforikusan és konkrét értelemben is arcot ad neki, fia szemében is mintegy „rehabilitálva” a férfit, akit immár megillet a sírfelirat tisztessége.

KONKLÚZIÓ

A szövegeknek a patriarchátus-elméletek és az interszjektívitas-elméletek határolta térben történő vizsgálata alapján a következő konklúziókat vonhatjuk le.

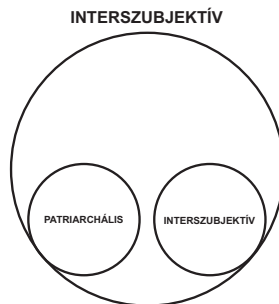
A vizsgált művek látványosan képezik le a vágykapcsolatok szerkezetét, láthatóvá téve a vágy alapvető strukturalitását, ahol a résztvevők szerepe a betöltött pozíciók függvénye. A vágykapcsolatok két alapvető szerkezetét különböztettem

meg: a patriarchális (dominanciára épülő, merev, hierarchikus) relációkat, valamint az interszubjektív (felcserélhetőségre és pozíciómozgásra épülő, nem hierarchikus) viszonyokat. Előbbiek tipikusnak, utóbbiak atipikusnak mondhatók. A két típust nem egy dichotómia két ellentétes pontjaként kívánom megkülönböztetni; inkább azt állítom, hogy a vágykapcsolatok strukturális elemei között ez a két szerkezet azonosítható.

A patriarchális változatot az jellemzi, hogy vágyszerkezeti tekintetben ezek inkább kétpólusú relációk, akár a szerelmi vágykapcsolatokat, akár a rivalizálásokat tekintjük. Itt a pozíciók rögzítettek: a domináns személy mindvégig ragaszkodik dominanciájához a vágytárgy vagy a rivális alany fölött. Rögzítettek a pozíciók társadalmi nemi szempontból is: a férfi mindig az alany pozícióját tölti be, a nő a tárgyét. Interszubjektív szempontból ezek a kapcsolatok gyengék, alany-tárgy viszonylatok, monologikusak, reflektálatlanok és egyirányúak.

Az interszubjektív változat szerkezetileg többpólusú kapcsolatokat foglal magába, ahol a pozíciók rendre rögzítetlenek. Egyrészt a dominancia és az alárendeltség pozíciói rendre változnak, másrészt nem áll fenn nemi kétértelműség: férfiak és nők egyaránt betölthetik – mégpedig változó eloszlásban – az alany és a tárgy, illetve a vágyakozó, a vágyott és a közvetítő szerepét. Ezek erős interszubjektív viszonylatok, melyek dialogikusak, alany-alany között létesülnek, empatikus intencionalitás nyilvánul meg bennük, a másik ember másik tudatként történő elismerése, valamint párbeszédet lehetővé tevő reflektált attitűd.

Ugyanakkor a két szerkezet nem különíthető el élesen: az interszubjektív háromszögek tartalmazhatnak patriarchális relációkat is. Éppen ezért egymáshoz való viszonyukról azt mondhatjuk el, hogy ezek nem választhatók szét mereven egymástól, hanem inkább különös összefonódásukról beszélhetünk. Hasonlóan a Sigmund Freud által definiált *heimlich-unheimlich* viszonyhoz, amelyben az *unheimlich* – ahogyan Hegyi Pál rámutat – mintegy tartalmazza saját ellentétét, a *heimlichet* (Hegyi, 2017, 279.), az interszubjektív háromszögek is sajátos módon tartalmazzák a patriarchálisokat, valamiféle „végtelenített ismétlési kényszernek” (279.) engedelmessé. Hegyi ábrájának (279.) mintájára ezért így ábrázolom a patriarchális-interszubjektív háromszögek viszonyát:



Végül, hogy válaszoljak egy korábban fölített kérdésemre: a patriarchális típushoz tartozókról elmondható, hogy ezek valójában nem is hárompólusú vágykapcsolatok, hiszen alapvetően két fél dominanciáért folyó küzdeleméről szólnak. Valódi háromszögekről csak valódi alanyköziségen alapuló, interszubjektív relációk esetében beszélhetünk, ahol rögzítenek a pozíciók, alany és alany között létesülnek kapcsolatok, reflektált attitűd alakul ki a két fél között, s megtörténik a másik ember befogadása. Ez pedig megtörténhet akkor is, ha az interszubjektív szerkezet patriarchális viszonyokat is tartalmaz.

IRODALOM

- Benveniste, É. (2002): Szubjektivitás a nyelvben. (ford. Z. Varga Z.) In: Bókay A. – Vilcsek B. – Szamosi G. et al. (szerk.): *A posztmodern irodalomtudomány kialakulása – A posztstrukturalizmustól a posztkolonialitáshoz*. Budapest: Osiris, 59–69.
- Buber, M. (1994): *Én és Te*. (ford. Bíró D.) Budapest: Európa Kiadó
- Butler, J. (2015): *Senses of the Subject*. New York: Fordham University Press
- Crick, F. (1981): *Life Itself: Its Origin and Nature*. New York: Simon and Schuster
- Dávidházi P. (2009): *Menj, vándor. Swift sírfelirata és a hagyományrétegződés*. Pécs: Pannonia Könyvek
- de Man, P. (1997): Az önéletrajz mint arcrongálás. (ford. Fogarasi Gy.) *Pompeji*, 2–3, 93–107. <http://www.irodalomelmelet.atw.hu/deman.pdf>
- Girard, R. (1977): *Mensonge romantique et vérité romanesque*. Paris: Grasset
- Hartman, H. (1981): The Unhappy Marriage of Marxism and Feminism: Towards a More Progressive Union. In: Lydia Sargent (ed.): *Women and Revolution – A Discussion of the Unhappy Marriage of Marxism and Feminism*. Boston: South End Press, 1–41.
- Hegyvi P. (2017): The Weird – Kísérteties mémek és háborzongató mesék az elmondhatatlan történetéről. *Literatura*, XLIII, 4, 274–283.
- Husserl, E. (2000): *Kartezianus elméletek*. (ford. Mezei B.) Budapest: Atlantisz Kiadó
- Jacobus, M. (1986): Is There a Woman in this Text? In: *Reading Woman – Essays in Feminist Literary Criticism*. Methuen, London. 83–109. <http://knarf.english.upenn.edu/Articles/jacobus.html>
- Lerner, G. (1986): *The Creation of Patriarchy*. New York: Oxford University Press
- Lévinas, E. (1999): *Teljesség és végtelen – Tanulmány a külsőről*. (ford. Tarnay L.) (*Dianoia*) Pécs: Jelenkor Kiadó
- Lévi-Strauss, C. (1949): *Les structures élémentaires de la parenté*. Paris: Presses universitaires de France
- Lévi-Strauss, C. (1999): *Faj és történelem*. (ford. Bojtár P.) Budapest: Napvilág Kiadó
- Márai S. (1941): *Kaland*. Budapest: Singer és Wolfner
- Márai S. (1990): *A gyertyák csonkig égnek*. Budapest: Akadémiai Kiadó–Helikon Kiadó
- Márai S. (1993): *Válás Budán*. Budapest: Akadémiai Kiadó–Helikon Kiadó
- McCullers, C. (1968): A szomorú kávéház balladája. (ford. Szász I.) In: Valkay S. (vál.): *A szomorú kávéház balladája – Amerikai kisregények*. Budapest: Európa Kiadó, 483–546.
- Merleau-Ponty, M. (1947): Le primat de la perception et ses conséquences philosophiques. *Bulletin de la Société française de philosophie*, XLI, 119–153.
- Merleau-Ponty, M. (2006): *A látható és a láthatatlan*. (ford. Vajdovich Györgyi – Moldvay Tamás) Budapest: L'Harmattan Kiadó

- Merleau-Ponty, M. (2012): *Az észlelés fenomenológiája*. (ford. Sajó S.) Budapest: L'Harmattan Kiadó
- Nádas P. (2001): Találkozás. In: *Drámák*. Pécs: Jelenkor Kiadó
- Rubin, G. (1997): The Traffic in Women: Notes Towards a “Political Economy” of Sex [1975]. In: Linda Nicholson (ed.): *The Second Wave: A Reader in Feminist Theory*. New York: Routledge, 27–62.
- Sedgwick, E. K. (1985): *Between Men – English Literature and Male Homosocial Desire*. New York: Columbia University Press

KÖRNYEZETI JÖVŐKUTATÁS: MAGYARORSZÁG 2050

ENVIRONMENTAL FUTURES STUDY: HUNGARY 2050

Hideg Éva¹, Mihók Barbara², Gáspár Judit³, Schmidt Péter⁴, Márton András⁵, Báldi András⁶

¹az MTA doktora, egyetemi tanár, Budapesti Corvinus Egyetem Gazdaságföldrajz és Jövőkutatás Központ
eva.hideg@uni-corvinus.hu

²PhD, MTA Ökológiai Kutatóközpont
mihok.barbara@okologia.mta.hu

³PhD, Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdaságtan Intézet Döntésmélet Tanszék
judit.gaspar@uni-corvinus.hu

⁴PhD, Semmelweis Egyetem ÁOK Egyetemi Oktató Rendelő, Győr
praxismed@externet.hu

⁵tudományos segédmunkatárs, Budapesti Corvinus Egyetem Gazdaságföldrajz és Jövőkutatás Központ
andras.marton2@stud.uni-corvinus.hu

⁶PhD, DSc, MTA Ökológiai Kutatóközpont
baldi.andras@okologia.mta.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A magyarországi természeti és környezeti állapot változása számos kihívást tartogat számunkra a következő évtizedekben. Annak érdekében, hogy proaktívan tudjunk e változásokkal számolni és rájuk reagálni, lényeges, hogy a megfelelő kutatási potenciál és tudás rendelkezésre álljon számunkra ezen problémák kezelésére. A múlt ismerete mellett (Mihók et al., 2017) a jövő lehetséges változásainak feltérképezése segít abban, hogy célzott kutatások indításával hatékonyabban fel tudjunk készülni az előttünk álló kihívásokra. Az MTA Ökológiai Kutatóközpont (MTA ÖK) kezdeményezésére a Budapesti Corvinus Egyetem Gazdaságföldrajz és Jövőkutatás Központjával való együttműködésben 2016-ban indult a *Környezeti jövőkutatás: Magyarország 2050* című program, melynek tárgya azon lehetséges veszélyek és lehetőségek feltérképezése, amelyek alapvetően befolyásolhatják Magyarország környezeti állapotát, a hazai biológiai sokféleség és ökoszisztéma szolgáltatások védelmét 2050-ig. A projekt célja, hogy ezen lehetőségek és veszélyek feltérképezésével javaslatot tegyen olyan kutatási irányokra, témakörökre, amelyek hatékonyan és célzottan segíthetik a természetmegőrzést a következő évtizedekben, valamint hogy további szakmai és közéleti diskurzust generáljon.

A kutatócsoportban kooperatívan működött együtt – többek között – ökológus, humán egészségügyi és jövőkutató szakember. További széles látókörű hazai szakértők és jövőkutatók közreműködésével összegyűjtött és értékelt jövőelgondolások alapján a kutatócsoport ökológiai szempontú lehetséges és kutatható témaköröket fogalmazott meg. A metodológiai megfontolások rövid áttekintése után jelen cikk a Magyarországon 2050-re előre tekintő lehetséges és kutatható komplex ökológiai és humán egészségügyi összefüggéseket mutatja be, azzal a szándékkal, hogy egyrészt további szakmai diskurzust generáljon, illetve a jövővel való szisztematikus foglalkozás jelentőségét hangsúlyozza a szakmai közösség számára, másrészt, hogy tudományos alapot biztosítson a döntéshozók számára a jövőbeli környezeti változásokhoz kapcsolódó döntéshozatal folyamatában.

ABSTRACT

The change of environment leads to multiple challenges in the next decades. It is important to acquire proper research potential and knowledge to handle these new problems in order to prepare and respond to the changes. Besides what we know about the past (Mihók et al., 2017), exploring the possible future changes can help us to prepare for the upcoming challenges by starting aimed studies. The Research Centre for Ecology, National Academy of Sciences (MTA ÖK) and the Centre for Economic Geography and Futures studies, Corvinus University of Budapest jointly started the “Environmental Futures Studies: Hungary 2050” programme in 2016, with a mission to explore those potential threats and opportunities which can essentially influence the state of environment, biodiversity and ecosystem services till 2050 in Hungary. By exploring these threats and opportunities, the aim of this project is to identify research topics and directions which can help environmental protection directly and effectively in the next decades, as well as to generate further professional and public discourse.

Kulcsszavak: előretekintés, részvételi módszerek, környezetvédelem, természetvédelem, ökológia, kutatási stratégia, egészségügy, interdiszciplinaritás

Keywords: foresight, participatory methods, environmental protection, ecology, research strategy, healthcare, interdisciplinarity

HORIZON SCANNING – A LÁTÓHATÁR FÜRKÉSZÉSE

A munkában a Horizon Scanning (HS) eljárást alkalmaztuk, amelyben különféle jövőfeltáró módszereket építünk egybe azzal a céllal, hogy a még homályosan formálódó jövőképzéseket és lehetőségeket minél sokoldalúbban meg tudjuk fogalmazni. Az eljárás tehát nemcsak ismert trendeken alapuló predikciók készítését jelenti, bár szisztematikusan kell vizsgálni a jövő trendjeinek evidenciáit, hanem a potenciálisan előnyös és fenyegető lehetőségeket is. A HS gyakorlati célja, hogy segítséget nyújtson a kutatóintézeteknek, a kormánzatnak, a szakpolitikáknak, hogy azok rugalmasan tudjanak mozogni és reagálni a jövő különböző lehetséges környezeteiben. Az alkalmazott módszerek megválasztását és egymáshoz kapcsolását *rendszerszerűen* kell megoldani. További követelmény, hogy a HS egész folyamata *alulról építkező* legyen, vagyis hogy aszerint tárjuk fel a még belátható eseményhorizonton érzékelhető jövőket, ahogy azokat az egyes emberek, a folyamatba bevont résztvevők (kutatók, szakértők és jövőkutatók) érzékelik, vagyis a HS legyen evidenciabázisú feltáró kutatás (Schultz, 2006; Könnölä et al., 2012).

Mínthogy a HS az egész jövőhorizontot kutatja, ezért egyaránt kell keresnie a *trendeket*, a *kis valószínűségű, de nagy hatású változásokat* (a *gyenge jeleket – weak signalokat*), az ún. *hype- vagy divatjelenségeket és a rendkívüli események*

indukálta rendszerváltozásokat (ún. *wild cardokat*), vagyis mindenféle jövőészlésre nyitottnak kell lennie (Saritas–Smith, 2011). Ugyanakkor a kutatás eredményeként a különféle jövőészléseket a fenti jelenség- és változástípusokba is be kell sorolni (Amanatidou et al., 2012). A HS első szakasza általában irodalomfeldolgozó, míg a második egy részvételi szakasz, amely a szakértők, az érintettek (stakeholder), a döntéshozók stb. kollektív bölcsességére épül (Schooling for Tomorrow, OECD).

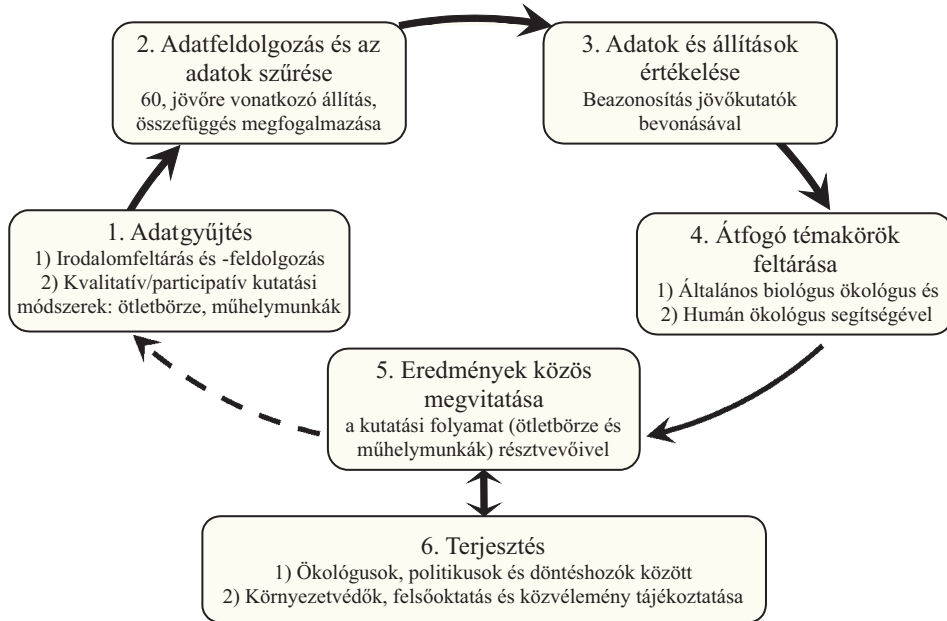
A HS eredményeivel kapcsolatban megfogalmazódik egy olyan igény is, amely szerint az ilyen kutatásnak törekednie kell a feltárt, jövőben lehetséges jelenségek, változások, összefüggések stb. szisztematizálására. Ennek egyik formája – mint már említettük – az lehet, ha a HS a feltárt eredményeket, jövőinformációkat az alábbi kategóriákba sorolja:

- trendekbe (folytatódó és új trendekbe),
- gyenge jelekbe,
- rendkívüli események indukálta rendszerváltozásokba,
- divatjelenségekbe.

Ez a szisztematizálásra törekvés azonban nem jelenti azt, hogy teljes és komplex jövőképeket kell kidolgozni a HS-sel, hanem azt, hogy fel kell tárnunk, hogy az adott kontextusban mi látható, és milyennek látható a jövőhorizont, annak hányféle értelmezése merült fel az adott kutatás szerint. A másik, az előbbiből következő igény az, hogy a gyakorlati hasznosíthatóság biztosítása érdekében a belátott jövőhorizont különböző elemei között lehetséges összefüggéseket, kapcsolatokat is keresni kell. Totti Könnölä és munkatársai szerint az ún. horizontális, egymással összefüggő és átfogó témaköröket (cross-cutting issues) is fel kell tárnunk, amelyek arra a kérdésre adnak egyféle lehetséges választ, hogy minimum három-négy, jövőhorizonton észlelt jelenség milyen módon hozható összefüggésbe egymással (Könnölä et al., 2012).

Az általunk Magyarországon először készített Horizon Scanning-kutatás folyamatát az *I. ábra* mutatja be.

A hazai kutatást *irodalomfeldolgozással* kezdtük, amelynek során harminckilenc nemzetközi előrejelzést és előretételezést dolgoztunk fel. Ezek az irodalmak a hazai ökoszisztémákra ható, hipotetikusan feltételezett témakörök – globális-regionális és lokális természeti környezeti, technikai-műszaki, gazdasági, társadalmi, demográfiai, társadalmi, etikai – 2050-re vonatkozó lehetséges jövőit fogják át. A következő, *részvételi szakaszban* egy ötletbörzét (brainstorming) majd egy kollektív információrendszerező és -értékelő *workshopot* tartottunk. Az ötletbörzén, melyet három műhelybeszélgetésben bonyolítottunk, huszonkilenc fő vett részt, akik egyaránt képviselték a környezeti, az agrár- és környezet-gazdaságtani, a gazdasági, a technikai, az energetikai, a vízügyi, a geopolitikai és a különféle társadalomtudományi szakterületeket.



1. ábra. A HS folyamatábrája (saját szerkesztés)

Az ötletbörzét interaktív és személyes részvételen alapuló folyamatként szerveztük meg (Rawlinson, 1981), amelynek keretében a meghívott szakértők megosztották elképzeléseiket arról, hogy saját szakterületüket tekintve 2050-ig milyen jelenségek, változások várhatók Magyarországon. A moderátorok összegyűjtötték a szakértők által felvetett, jövőre vonatkozó és formálódó gondolatokat, amelyekből hatvan különböző, jövőre vonatkozó állítást és összefüggést fogalmaztak meg három fő témacsoportban. Az eseményhorizonton látható, formálódó eseményeket, jelenségeket egy újabb workshop keretében az MTA Jövőkutatói Tudományos Albizottságának hét tagjával értékeltettük. Feladatuk az volt, hogy sorolják be, majd értékeljék a különböző lehetséges és a szakértők által érzékelt jövőrészeket aszerint, hogy azok *kialakuló vagy továbblévő trendeket, gyenge jeleket, nagy hatású, de kis valószínűségű változásokat, rendkívüli hatású eseményeket képviselnek, vagy csak a ma éppen divatos vélekedéseket tükrözik* (lásd fent). A jövőkutatók ezt személyes megjelenéssel és írásban, az Osgood-féle szemantikus differenciálskála használatával oldották meg (Osgood et al., 1957).

A részvételi szakasz után a feldolgozott szakirodalomban és a saját hazai feltáró kutatásaink eredményeiben ún. *cross-cutting issues* (horizontális, átfogó témakörök) feltárását végeztünk. Ennek a feltárásnak a lényege, hogy a jövőállítások körében ökológiai kapcsolati köröket, asszociációkat keresünk, amelyek egyaránt fontosak és egymással is összefüggőek lehetnek a jövőt illetően. A szintézis során

fogalmazódtak meg azok az ökológiai kérdésköröket középpontba állító komplex problémák, amelyek a 2050-es jövő alakulása/alakítása szempontjából potenciálisan fontos kutatási témáknak látszanak Magyarország számára. Jelenleg a terjesztést és a visszacsatolásokat végezzük.

TRENDEK ÉS GYENGE JELEK: A HATVAN JÖVŐÁLLÍTÁS

A csoportos véleményt megjelenítő jövőállítások túlnyomó része a jövőkutatók értékelése alapján a folytatódó trend, illetve a fontos változások előjele típusba sorolódott. *Folytatódó trendként* jelentős pontszámot kapott tizennyolc állítás, illetve összefüggés, amelyek közül kilenc pozitív és kilenc negatív hatással lehet a 2050-ig tartó jövőnkre. Két, jelentősebb hatású új és pozitív trendet feltételeztek a jövőkutatók. Jelentősebb *divatjelenségből* csak egyet jelöltek meg, azt is negatív hatásúnak gondolják: az önfejlesztő robotok megjelenése, amelyek várhatóan kiszorítják a munkaerőt, miközben a várható élettartam tovább növekszik. A *rendkívüli változásokat kiváltó állítások* száma hét lett, amelyek közül ötöt pozitívan és kettőt negatívan értékelték. Az alábbiakban témakörönként bemutatjuk a főbb pozitív és negatív hatásúnak értékelt jövőállításokat.

I. Technológiai fejlődés, valamint annak társadalmi, energetikai, hulladéktermelési és -hasznosítási összefüggései

Folytatódó trendek pozitív hatással:

- a *biotechnológia*,
- az *infokommunikációs technológiák (IKT)*,
- a *smart technológiák további terjedése*.

Fontos pozitív változások előjelei:

- az *IKT*,
- a *smart technológiák terjedése*,
- az *önvezető autó és a drónok megjelenése*.

Rendkívüli pozitív változásokat generálhatnak:

- a *megújuló energiák*,
- az *IKT és annak révén a mesterséges intelligencia és életút követési eljárások*,
- a *nanorobotok*,
- a *biotechnológiák elterjedése*.

Folytatódó trend negatív hatással:

- a *klimaváltozással összefüggő egészségügyi kihívások*.

Negatív divatjelenség:

- az önfejlesztő robotok megjelenése.

Rendkívüli negatív változást generálhat:

- a hazai egészségügy terén folytatódó negatív trend.

II. Ökológiai rendszerek, klímaváltozás és azok társadalmi beágyazottsága közötti összefüggések

Folytatódó trendek pozitív hatással:

- a restaurációs ökológia,
- az idősődéssel együtt járó igények és fogyasztási szokások változása,
- a városi zöld infrastruktúra fejlesztése.

Fontos pozitív változások előjelei:

- a CO₂ átalakítása,
- az ökoszisztéma-szolgáltatások (ÖSZ-ek) felmérésének megvalósulása,
- a természeti értékek nemzetállamokon átnyúló védelme,
- a természeti és a mesterséges környezet szétválaszthatatlanná válása,
- az idősödő társadalommal járó igények és szokások változása.

Folytatódó trendek negatív hatással:

- a biodiverzitás, majd pedig a funkcionális diverzitás további csökkenése,
- tudásszintünk elégtelensége a természeti értékek megőrzéséhez,
- a klímaváltozás miatti ökoszisztéma-változások és a fajok migrációja, illetve inváziója,
- a magánjavaknak az antidemokratikus megoldások miatti növekvő mértékű terjedése.

Fontos negatív változások előjelei:

- a természethiány betegségokozása,
- a táj biodiverzitásának felhígulása,
- az extenzíven használt területek zsugorodása,
- a közjavak magánjavakká válása.

Rendkívüli negatív változást generálhat:

- a GMO-k természeti környezetbe történő kiszivárgása.

III. Társadalom, gazdaság, tudomány, felsőoktatás, biztonság összefüggései

Folytatódó trendek pozitív hatással:

- a GMO-k mezőgazdasági hasznosítása,
- a növekedésellenes mozgalmak erősödése,
- a helyi pluralizmus és természethasznosítás további terjedése.

Új trendek pozitív hatással:

- *a helyi természeti adottságokhoz igazodó természethasználat,*
- *az elnéptelenedett vidék újra-benépesítése.*

Fontos változások előjelei pozitív hatással:

- *a részvételi demokrácia kialakulása,*
- *a lokális és közvetlen demokrácia és értelmiségképzés,*
- *az élethosszig tartó tanulás valósággá válása.*

Folytatódó trendek negatív hatással:

- *az állami korrupció,*
- *a nemzetközi és a hazai migráció további növekedése,*
- *a hazai népesség számának további csökkenése.*

Rendkívüli negatív változást generálhat:

- *háború.*

ÖKOLÓGIAI VONATKOZÁSOK ÉS KUTATÁSI IRÁNYOK

Az alábbiakban a legnagyobb hatásúnak értékelt jövőállításokhoz kapcsolódó ökológiai vonatkozásokat mutatjuk be, dőlt betűvel kiemelve a megfogalmazódó kutatási témaköröket, irányokat.

Az egyik leginkább pozitívan értékelt folytatódó trend az, hogy a transzgenetika nélküli biotechnológia elterjed, amelyet a gyógyításban, az élelmiszertermelésben, a környezetvédelemben fogunk felhasználni. Itt központi kérdésként merül fel, hogy egyrészt *milyen környezeti hatásai lehetnek a gene drive-nak, genomszerkesztésnek, egyéb eljárásoknak a hazai környezetre nézve, másrészt, hogy reálisan tekintve milyen kórokozók, patogének, invazív fajok stb. esetében merülhet fel ennek a technológiának az alkalmazása? Szükséges a célkeresztben lévő élőlények táplálékhálózatait, funkcionális kapcsolatait megvizsgálni, hogy a beavatkozások rendszerszintű hatásait feltárhassuk.*

A másik leginkább pozitívan és folytatólagos trendként értékelt állítás az, hogy a restaurációs ökológia egyre fontosabb szerepet fog betölteni a környezeti állapotunk javításában. Érdemes áttekinteni, hogy mennyiben alkalmazható ez a megközelítés a hazai területek esetében, melyek a jó gyakorlatok. Kedvező lenne a hazai környezeti jövőt tekintve, ha megvalósulna az EU Biodiverzitás Stratégia 2020-as célkitűzése (azaz a degradált ökoszisztémák 15%-ának restaurációja), és az, ha ez folytatódna 2020 után is további vállalásokkal. *Ennek előkészítése és a területek priorizálása fontos a hazai élőhelyekre vonatkoztatva, a hatékonysági szempontok figyelembevételével (például: területnagyság, fragmentáltság).*

A természetes élőhelyek helyreállítása mellett *a városi élőhelyek, valamint azok természetvédelmi és a városi egészséges életminőséget befolyásoló szerepének vizsgálata is egyre nagyobb hangsúlyt kell hogy kapjon*, melyet szintén pozitív hatású jelenségként határoztak meg a szakértők.

Ökológiai szempontból számos kérdést vetnek fel azok a szintén pozitívan és folytatólagos trendként értékelt állítások, amelyek szerint elterjed a hazai mezőgazdaságban a GMO használata, és alacsony számú munkaerőt foglalkoztató agrárium fog kialakulni. Ezeket a jövőkutatók pozitív hatásúnak értékelték, ugyanakkor a GMO-kat a hazai agrártermelési rendszerekben, és azoknak a természeti környezetbe történő kiszivárgását negatív hatású, rendkívüli változásokat kiváltó hatásként értékelték. E két értékelés is mutatja, mennyi dilemmát vet fel a kérdéskör. *A mezőgazdaság hatékonyságának növekedésével fontos a zöldítések, az ökológiai intenzifikáció stb. lehetőségeinek minél szélesebb körű feltárása. A GMO-k környezeti, ökológiai és humán kockázatainak feltárása kulcsfontosságú, emellett kérdés, hogy a tájszerkezetet, illetve az agro-biodiverzitást hogyan befolyásolja ezeknek a technológiáknak a terjedése.*

A nemnövekedési (degrowth) mozgalmak és azok révén a kooperációs üzleti modellek elterjedése a várakozások szintjén elvileg és logikailag, valamint a gazdasági és a társadalmi áttételeken keresztül jótékonyan és pozitívan hathatna a helyi ökoszisztémákra is az erőforrások igénybevételének csökkenésével. Ennek *a hatásnak a feltárásához az ökológiai-közgazdaságtani kutatások nyújthatnak érdemi hozzájárulást az elkövetkezendő évtizedekben.*

További pozitív hatású, ám bizonytalanabbra értékelt jelenség a *smart* technológiák térhódítása. Ezek közvetlen ökológiai hatásai sokrétűek lehetnek. *Felmerül, hogy vajon ezen technológiák alkalmazása valóban növeli-e a fenntartható városi életmód kialakulásának valószínűségét?* Feltételezhető, hogy ezek a technológiák elvben hozzájárulnak az energiapazarlás és a hulladékképződés csökkentéséhez, ha a társadalmi-gazdasági szabályozó mechanizmusok ezt támogatják. Ehhez kapcsolódik a pozitív hatású rendkívüli változásként értékelt azon állítás is, amely szerint az infokommunikációs technológiai (IKT) alkalmazásokkal a termékek teljes életútja és annak környezeti és egészségügyi vonatkozásai nyomon követhetők és nyilvánossá tehetőek, és amely a „valódi ökocímke” alkalmazásaként is értelmezhető. Ezzel a technológiai megoldással a fenntarthatósági szempontok jóval hatékonyabban épülhetnek be a fogyasztói szokásokba. A jövő kutatási kérdése is, hogy *ez miként és mennyi idő alatt lesz megvalósítható.*

Azon állítás alapján, amely szerint „2050-ig lehetővé válik a helyi természeti adottságokhoz igazodó természethasználát, ha ezzel együtt a helyi pluralizmus is megerősödik”, az egyik fő feladat annak feltárása, hogy *adott hazai területek, tájak potenciálisan mit adhatnak, vagy milyen veszélyeket rejthetnek az ott élők számára. Milyen lehetőségeket, ÖSZ-eket nyújthatnak helyi léptékben, tehát mire „alkalmas” a terület, ha tájhasználati szempontból nézzük? Ez a helyi szintű*

ÖSZ-leltárok összeállítását és megismertetését igényelné többek között a vállalkozókkal és a lakossággal.

A relatíve kevésbé bizonytalan, negatív és nagy hatású folytatódó trendek közül az állami korrupció további mélyülése ökológiai hatását tekintve szinte minden területre kiterjedhet. Kérdés, hogy *az infrastrukturális fejlesztések, zöldmezős beruházások és a föld mint természeti erőforrás átjátszása, koncentrációja (többek között) milyen súlyos következményekkel járhatnak, amennyiben a természetvédelmi és egyéb intézményrendszerek nem tudnak a visszaéléseknek gátat szabni?* A migráció növekedése és a vidék elnéptelenedése is komplex hatással bírhat: az elnéptelenedés révén a hagyományos tájhasználati módszerek végleges eltűnése, illetve a tájszerkezet átalakulása várható a továbbiakban is. Kérdés, hogy *ezek a változások ökológiai értelemben milyen előjelűek lehetnek: a lakott települések számának növekedése, a tájszerkezet átalakulása, a tájhasználat folytatódó változásai milyen ökológiai folyamatok felgyorsulásához (például: élőhelyek regenerációja, inváziós fajok terjedése stb.) vezethetnek?* Kutatási témakörként felmerülhet, hogy *mely területeken várható a vidék elnéptelenedése, ez hogyan hat az ottani környezetre, élőhelyekre; melyek azok a hazai területek, amelyeknél 2050-ig fokozódó környezeti terhelés várható – urbanizációs központok, agglomeráció stb.* Ezekben a területeken át kell tekinteni, hogy *melyek azok a legfontosabb élőhelyek, táji elemek, amelyek védelméről gondoskodni kell.*

A globális klímaváltozás hazai ökoszisztémákra gyakorolt hatásának előrejelzése kiemelt kutatási prioritásként kell hogy megjelenjen, elsősorban a víz- és csapadékváltozások miatt (Bozó, 2017). A klímaváltozás következményeként az alföldi területek kiszáradása mellett a hegyvidéki vízkészletek csökkenése is várható, mert az időjárási szélsőségek miatt várhatóan ritkábban, de kiadósabban hullik majd csapadék. A hirtelen elfolyás miatt a bő csapadék mellett is elégtelen lesz a hegyvidékeken a vízellátás, aminek következtében ezen élőhelyek vízellátása is jelentősen megváltozhat, veszélyeztetve ezzel a helyi ökoszisztémák fennmaradását, illetve segítve megváltozásuk felgyorsulását. A klímaváltozás kapcsán emellett a növényi, állati, emberi patogének terjedésének mintázatait is kutatás tárgyává kell majd tenni.

Közepes bizonytalanságú, negatív és jelentős hatású folytatódó trendként értékelték a jövőkutatók a hazai táj biodiverzitásának csökkenését, a klímaváltozás és a természettől való elidegenedésünk (természethiány-szindróma, *nature deficit disorder*) által gerjesztett egészségügyi problémákat és a közjavak pénzzé tételét. A biodiverzitás-csökkenés mind a természetes, mind az agrárélőhelyeket érinti, a csökkenés időbeli mintázata pedig mutathat pillanatszerű, hirtelen irányváltásokat, amelyek nem jelezhetők ugyan előre, de *másutt már előforduló példák tanulmányozása formájában segíthetnék a hazai gyorsabb észlelést és felkészülést, valamint a reakcióidő rövidítését.*

Az IKT és a mesterséges intelligencia alkalmazása nagy bizonytalanságú, de pozitív és jelentős hatású folytatódó trendnek minősült, illetve pozitív hatású gyenge jelként, valamint pozitív hatású rendkívüli változásként is kapott értékelést. A gyorsabb és hatékonyabb információáramlás következtében egyre gyorsul a technológiai újítások üteme, ami miatt gyorsuló ütemben újabb és újabb még ismeretlen környezeti hatású technológiák jelennek majd meg. *Ezeknek a technológiáknak a környezeti hatása, nyersanyagigénye stb. körültekintő értékelést kíván. Az állítást a természetvédelemre, környezetvédelemre specifikusan is nézhetjük. Kérdés, hogy az IKT-lehetőségek milyen típusú környezeti, ökológiai, emberi egészségre vonatkozó adatok felvételét, elemzését és terjesztését (például: adatbázisok, térinformatikai rendszerek) teszik lehetővé, könnyebbé, és milyen további IKT-lehetőségek (például: adatbázisok, térinformatikai monitoring és elemző rendszerek) fejlesztésére lenne szükség, amelyek a környezeti és egészségpolitikai kérdések megoldásában gyors és hatékony segítséget jelentenek?*

Pozitív és nagy hatású gyenge jelként értékelték a szakértők a szén-dioxid-kibocsátás átalakítását. Felmerülhet a kérdés, *vajon ez az „átalakítás” (például a szilícium-hidrid nanokristályok katalizátorként való alkalmazása a szén-dioxid üzemanyaggá való átalakításában) milyen egyéb ökológiai kockázatokat rejthet?*

Szintén pozitív hatású gyenge jelként szerepel az ŐSZ-ek felmérése és beárazása, amely már elkezdődött hazánkban is, így ennek megvalósulása nem tekinthető váratlanoknak, ám a szakpolitikai, fejlesztési döntésekre gyakorolt hatása sok váratlan következménnyel járhat. Kérdéses az is, *valójában mennyire szolgálja majd a természetmegőrzés érdekeit az ŐSZ-ek beárazása, milyen másféle értékelési rendszert kell használnunk a monetáris értékelés mellett, hogy érvényesüljön a szolgáltatások komplexitása?*

Pozitív hatású gyenge jelként értékelték a jövőkutatók a nemzetközi együttműködések elterjedését a természetvédelmi törekvésekben, amely felváltja az országszintű törekvéseket. A regionális együttműködések egy nagyobb tájegység esetében (például hegyvonulat, medence – lásd a *Kárpátok Megállapodást*, Carpathian Convention, 2003), illetve a vízfolyások vízgyűjtő területére nézve is kulcsfontosságúak. Számos regionális, országhatáron átívelő együttműködés zajlik már a természeti értékek védelmében közös pályázatok, projektek formájában, ám ezek és eredményeik napi gyakorlattá válása még várat magára. Az egyik, már látható és megoldandó feladat *a különböző nemzetállamok szabályozásában, szakigazgatásában meglévő különbségek áthidalása.*

További pozitív hatású gyenge jelként értékelték a kutatók a technológiai újítások körébe tartozóan az önvezető autók megjelenését, illetve a smart technológiák alkalmazásának energia- és hulladékcsökkentő hatását. *Ezeknek a jelenségeknek az ökológiai következménye sokrétű lehet, ha a technokrata szemüveget levesszük: például az önvezető autók lehetséges, hogy hatékonyabb utazásterve-*

zést tesznek lehetővé, ám egyben növelhetik a mobilitást, és így az összes utazás számát is, ezzel növelve a környezeti terhelést.

Pozitív hatású rendkívüli változásként értékelték a szakértők a megújuló energiák hasznosítását, „amelyeké a jövő”. Ennek megítélésében a pozitív környezeti hatások mellett (szennyezőanyag-kibocsátás csökkenése) *a technológiák nyersanyagigényre, illetve a biodiverzításra, tájképre, vonulási útvonalakra stb. gyakorolt hatásukat is fel kell tární és figyelembe kell venni.*

Relatív alacsony bizonytalanságú, negatív és jelentős hatású gyenge jelként jelenik meg az az állítás, hogy „az extenzíven használt területek kiterjedése csökken, és vagy-vagy helyzet valósul meg: felhagyás vagy intenzíven gépesített művelés”. Ebben a felvetésben fellelhető az a feltételezés is, hogy az intenzív területek mellett a „békén hagyott” területek jelentősége is megnő, amelyeken a természetes ökoszisztémák és folyamatok védelmén lesz a hangsúly. *Kérdés, hogy táji szinten az intenzíven művelt és a „békén hagyott” területek kiterjedésének mi az optimális mintázata, mivel és hogyan tudjuk biztosítani e területek átjárhatóságát (ökológiai folyosók stb.)?*

EREDMÉNYEINK NEMZETKÖZI KONTEXTUSBAN

A hazai szakértők figyelmének a középpontjába került az a felfogás, hogy a hazai természeti környezet és annak védelme csak nemzetközi kapcsolatokba beágyazottan lesz lehetséges a jövőben. Bár ez gyenge jelként, de éppen annak természetéből következően azzal a szándékkal fogalmazódott meg, hogy a nemzetközi kapcsolatokba ágyazottság hozhat fordulatot a hazai természetvédelem hatékonyságára tételében is. E tekintetben teljes az összhang a hazai várakozások és a nemzetközi természetvédelem irodalma között (lásd például OECD, 2012). Ugyanakkor a lokális természeti és kultúrtáji, települési környezet problémái, komplex hatásmechanizmusai és megoldásuk lehetőségeit szolgáló kutatandó témakörök is erőteljesen jelen vannak a hazai kutatási eredményeinkben. Emellett megjelenik az állítások között az ember és táj újrapcsolásának az igénye a helyi kontextus, specifikumok, sőt az oktatás átalakításának hangsúlyozásában is.

A nemzetközihez hasonlóan hazai viszonylatban is nagy hatású tényező a klímaváltozás, a biodiverzitás felgyorsuló felhígulása, az ökológiai szolgáltatások feltérképezésének és beárazásának igénye (lásd például CBD, 2010; Sutherland et al., 2016).

A klímaváltozás és a földhasználat összefüggései megjelennek a kutatók és a szakértők gondolkodásában és várakozásaiban, de sajátosan hazai ökológiai problémaként: a hazai vidék elnéptelenedése és annak megoldhatóságát célzó kutatási témák felvetése formájában. A tájhasználat változása, az extenzíven művelt területek eltűnése a felhagyott, illetve az intenzíven művelt területek javára lényeges természetvédelmi kérdéskör (lásd például Fischer et al., 2014).

A hazai kutatási eredményeink között is szerepel az újrahasznosítható erőforrások témaköre és az annak erőteljes terjedésére vonatkozó várakozás, de nem kerül kihangsúlyozásra az a felismerés, hogy a bioüzemanyagok előállítása és használata már nem tekinthető környezetkímélő megoldásoknak. Ugyanakkor a biotechnológia, a nano- és a smart technológiák, valamint az IKT, a mesterséges intelligencia és a robotika sok vonatkozásban jóval pozitívabb és problémamegoldást ígérő formákban tűnnek fel a mi kutatási eredményeink között, mint általában a környezeti kérdésekre koncentrálnak nemzetközi előrejelzési szakirodalmakban. Számunkra is meglepő módon a GMO-k elterjedése hazánkban egyrészt pozitív és problémamegoldásokat elősegítő módon folytatódó és erőteljesen pozitív hatású trendként jelenik meg a 2050-ig terjedő időszakban, de emellett az esetleges környezeti kockázatok negatív hatása is jelen van az értékelésekben (lásd például Balázs et al., 2011). E technológiák rendkívüli változásokat is kiválthatnak, de ezzel kapcsolatban is inkább pozitívak a hazai várakozások, mint negatívak, kivéve a GMO-k esetében, ahol a „kiszabadulás” kockázata rendkívüli negatív változásként tűnik fel. Ebbe a technológiai optimizmusba igen gyenge áthallásként akár a Kurzweil-féle szingularitás felé fejlődést mint elfogadható lehetséges jövőt is beleérthetjük (Kurzweil, 2005).

A terrorizmus jövője nemcsak a szakirodalomban jelentős kutatási és előrejelzési téma, hanem a mi kutatási eredményeinkben is erőteljesen megjelent mint a legnegatívabb rendkívüli változások képe, ami háborúba is torkollhat. Ugyanígy a vallási különbségek és eltérések is háborús konfliktus forrásaiként jelentek meg a hazai kutatási eredményeink között.

A népesedési előrejelzések 2050-re további népességnövekedést jeleznek globális szinten (8-9 milliárd fő), viszont az EU szintjén már nem, kivéve azt az alternatívát, ha migránsokat fogadnak be az EU-s országok. Ebben az esetben várható, hogy 507 millióról 526 millióra nő majd a népesség 2050-re, de azután ismét csökkenni fog. Magyarország népessége is hasonló tendenciát követhet, ha csak kevés bevándorlóval számolunk, és emellett erőteljes népesedési politikát is folytatunk, mert az előrejelzések szerint 5 és 9 millió fő között lehet 2050-ig a hazai népességszám változása. Ugyanakkor az EU népessége nemcsak csökkenő, hanem elöregedő is lesz. Ez utóbbi téren Magyarország népessége még elmarad ettől a fejlett országokra jellemző tendenciától, de perspektivikusan mi is követjük majd ezt a folyamatot (lásd például The Ageing Report, 2015). Ugyanakkor kutatásunkban az is megjelent, hogy az idősödő népesség képes lesz magát hasznosítani, és új fogyasztási szokásaival és életmód újításaival inkább hozzájárul a társadalmi-gazdasági fejlődéshez, mint hogy hátráltassa azt. Ezzel a gondolattal a mi kutatásunk is kapcsolódhat az USA-ban, Japánban és egyes EU-s országokban is folyó, az öregedéssel foglalkozó komplex humánökológiai kutatásokhoz, amelyek pozitív értéknek tekintik a hosszabb életet (lásd például Meskó, 2014; Simai, 2016).

A feldolgozott nemzetközi szakirodalomhoz viszonyítva a mi kutatási eredményeinkben a hazai jövőkutatók körében nem kapott markánsan akkora hangsúlyt

környezeti problémaként az édesvíz kérdése, a fajkihalás, az élőhelyek csökkenése, ami e területek viszonylag kisebb hazai láthatóságát jelenti, mely változtatást igényel (vö. Bozó, 2017). Általában sem látnak a résztvevők itthon sok törespon-tot, fordulópontot a hazai életkörülményekben, inkább a folytonosság vagy ki-sebb mértékű változások feltételezése a domináló 2050-ig.

A gazdasági előrejelzések a század közepére jelentős átrendeződésre hívják fel a figyelmet a gazdasági erőviszonyokban (lásd például Wilson–Purushothaman, 2003; Hubbard–Sharma, 2016), ami bizonyosan hatással lesz a természeti kör-nyezetünkre is. (Tekintsük például az összefüggést az egy főre jutó GDP és az egy főre jutó hulladéktermelés között!) Természetesen egy olyan kis gazdaság, mint Magyarország, csak a szélesebb értelemben vett gazdasági közösségbe (az EU-ba) ágyazottan járulhat hozzá a fenntartható fejlődéshez (Paleari et al., 2013) és a tudásalapú társadalom megvalósításához (Hudson, 2015), amire az EU két-ségkívül törekszik. A hazai szakértők e gazdasági vetületekről sem világszinten, sem hazai szinten érdemben nem fogalmaztak meg véleményt.

A migráció kapcsán elsősorban éppen a természeti környezet degradálódása következtében számítanak a nemzetközi előrejelzések arra, hogy az erősödni fog (lásd például Brown, 2007). Nálunk ez nem jelent meg jövőproblémaként; ha igen, akkor az gazdasági okokkal összefüggő migráció, elvándorlás, illetve az elnéptelenedő vidék újra benépesítése mint szükséges fejlesztési program, amely-nek maximálisan figyelemmel kellene lennie a helyi természeti-környezeti adottsá-gokra, valamint a helyi demokrácia kialakítására.

Sajátosan vetődött fel az emberi jogok témaköre a hazai kutatásokban. A feltárt témakörök kapcsán egyértelműen azt mondhatjuk, hogy igény van rá, illetve kí-vánatos jövőt is jelent a szabadság és a közvetlen demokrácia egyre elterjedtebbé válása. Ez felismerhetővé vált a nemnövekedési mozgalom, a kooperatív üzleti modellek kívánatossága, a vidék újra benépesítéséhez kapcsolódó felelős helyi és személyi önállóság, valamint a tudásgyarapítás kapcsán.

Mindezek a sajátos hazai problémafelvetések és várakozások arra hívják fel a figyelmet, hogy a kutatás újbóli napirendre kerülésekor az ezekhez a témakörök-höz kapcsolható nemzetközi előrejelzési irodalmak áttekintését is újból el kell végeznünk, továbbá menet közben is keressük, dolgozzuk fel és vitassuk meg az újabb sajátos hazai várakozásokhoz kapcsolható nemzetközi előrejelzéseket.

ÖSSZEGZÉS

Meggyőződésünk, hogy szükség van arra, hogy a jövővel való szisztematikus foglalkozás rendszeres tevékenységgé váljon a hazai szakmai közösség berkeiben is a nemzetközi gyakorlathoz hasonlóan, a tudományterületek közti együttmű-ködést is elősegítve. Jelen munkánk ennek a törekvésnek a módszertani és tar-

talmi alapjait teremtette meg, bízva abban, hogy eredményeink kiindulópontként szolgálnak további szakmai kutatástervezési folyamatokhoz, illetve beépülnek a szakpolitikai stratégiákba és döntéshozatalba.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk a projektben részt vevő szakértőknek és jövőkutatóknak. Szakértők: Balázs Judit, Bedő Zoltán, Botta-Dukát Zoltán, Csáki Csaba, Dudits Dénes, Faragó Tibor, Fertő Imre, Fleischer Tamás, Géring Zsuzsanna, Horváth Ákos, Hrubos Ildikó, Kamarás István, Kelemen Eszter, Koncz Gábor, Koncz Péter, Kovács László, Köves Alexandra, Molnár Zsolt, Monda Eszter, Perger László, Persányi Miklós, Sebestyénné Szép Tekla, Marjainé Szerényi Zsuzsanna, Szlávik János, Tamás Pál, Tózsa István, Török Katalin, Szarka László, Váncza József. Jövőkutatók: Bartha Zoltán, Sáfrányné Gubik Andrea, Kappéter István, Kiss Éva, Ligeti Zsombor, Tóth Attiláné, Tóthné Szita Klára.

IRODALOM

- Amanatidou, E. – Maurits, B. – Carabias, V. et al. (2012): On Concepts and Methods in Horizon Scanning: Lessons from Initiating Policy Dialogues on Emergent Issues. *Science and Public Policy*, 39, 208–221. DOI: 10.1093/scipol/scs017
- Balázs E. – Dudits D. – Sági L. (eds.) (2011): *Plain Facts abouts GMOs*. Szeged: Barabás Zoltán Federatrion of Biotechnology–Pannonian Plant Biotechnology Association, http://www.annonbiotech.hu/_upload/editor/book-small_angol-javitott_VEGSO_1_.pdf (letöltve: 2017. 01. 15.)
- Bozó L. (szerk.) (2017): Víz tudományi kutatási program. *Magyar Tudomány*, 178, 10, 1181–1237. https://mersz.hu/hivatkozas/matud_1
- Brown, O. (2007): *Climate Change and Forced Migration: Observations, Projections and Implications*. *Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. Human Development Report Office, OCCASIONAL PAPER, 2007/17. <http://www.iisd.org/library/climate-change-and-forced-migration-observations-projections-and-implications> (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Carpathian Convention (2003): <http://www.carpathianconvention.org/> (letöltve: 2018. 01. 16.)
- CBD (2010): *Biodiversity Scenarios, Projections of 21st Century Change in Biodiversity and Associated Ecosystem Services*. A Technical Report for the Global Biodiversity Outlook 3, <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-50-en.pdf> (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Fischer, J. – Abson, D. J. – Butsic, V. et al. (2014): Land Sparing Versus Land Sharing: Moving Forward. *Conservation Letters*, 7, 3, 149–157. DOI: 10.1111/conl.12084, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12084/full>
- Hubbard, P. – Sharma, D. (2016): Understanding and Applying Long-term GDP Projections. *East Asian Bureau of Economic Research*. Paper No. 119, Canberra <http://www.eaber.org/node/25601> (letöltve: 2018. 01. 16.)

- Hudson, R. (2015): *The Knowledge Future: Intelligent Policy Choices for Europe 2050*. A Report to the European Commission (KT2050). B-1049, Brussels, https://ec.europa.eu/research/foresight/pdf/knowledge_future_2050.pdf (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Könnölä, T. – Salo, A. – Cagnin, C. et al. (2012): Facing the Future: Scanning, Synthesizing and Sense-making in Horizon Scanning. *Science and Public Policy*, 39, 222–231. DOI: 10.1093/scipol/scs021
- Kurzweil, R. (2005): *The Singularity is Near*. New York: Viking Press, <https://goo.gl/5K2jwK>
- McFaul, T. R. (2006): Religion in the Future Global Civilization. *The Futurist*, 9–10, 30–36. https://www.researchgate.net/publication/294230223_Religion_in_the_future_global_civilization (letöltve: 2017. 01. 15.)
- Meskó B. (2014): RX Disruption: Technology Trends in Medicine and Health Care. *The Futurist*, 5–6, 31–38. https://www.researchgate.net/publication/312463450_Rx_disruption_Technology_trends_in_medicine_and_health_care (letöltve: 2017. 01. 15.)
- Mihók B. – Biró M. – Molnár Z. et al. (2017): Biodiversity on the Waves of History: Conservation in a Changing Social and Institutional Environment in Hungary, a Post-soviet EU Member State. *Biological Conservation*, 211, 67–75. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.05.005, <http://ecology.science.unideb.hu/Tpeter/files/Mihok-et-al-2017.pdf>
- Mihók B. – Kovács E. – Balázs B. et al. (2015): Bridging the Research-practice Gap: Conservation Research Priorities in a Central and Eastern European Country. *Journal for Nature Conservation*, 28, 133–148. DOI: 10.1016/j.jnc.2015.09.010, http://real.mtak.hu/31905/1/MihokB_etal_JNC_accept_publ.pdf
- OECD (2012): *Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction*. <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/49910023.pdf> (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Osgood, C. E. – Suci, G. J. – Tannenbaum, P. H. (1957): *The Measurement of Meaning*. Urbana, IL: University of Illinois Press
- Paleari, S. – Zoboli, R. – Speck, S. – Asquith, M. (2013): *Towards a Green Economy in Europe. EU Environmental Policy Targets and Objectives 2010–2050*. Copenhagen: EEA, <https://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-green-economy-in-europe/download> (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Rawlinson, J. G. (1981): *Creative Thinking and Brainstorming*. Wiley
- Saritas, O. – Smith, J. (2011): The Big Picture – Trends, Drivers, Wild Cards, Discontinuities and Weak Signals. *Futures*, 43, 3, 292–312. DOI: 10.1016/j.futures.2010.11.007, https://www.researchgate.net/publication/256712765_The_Big_Picture_-_trends_drivers_wild_cards_discontinuities_and_weak_signals
- Schultz, W. (2006): The Cultural Contradictions of Managing Change: Using Horizon Scanning in an Evidence-based Policy Context. *Foresight*, 8, 3–12. DOI: 10.1108/14636680610681996
- Simai M. (2016): *A harmadik évezred nyitánya*. Budapest: Corvina Kiadó
- Sutherland, W. J. et al. (2016): A 2017 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity. *Trends in Ecology & Evolution*. 32, 31–40. DOI: 10.1016/j.tree.2016.11.005, [http://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(16\)30218-X](http://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(16)30218-X)
- The Ageing Report (2015): *Economic and Budgetary Projections for the 28 EU Member States (2013–2060)*. European Economy 3/2015. Brussels: European Commission http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/ (letöltve: 2018. 01. 16.)
- Wilson, D. – Purushothaman, R. (2003): *Dreaming with BRICs: The Path to 2050. (Global Economics Paper, No. 99)* October, New York: Goldman Sachs, <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/archive/archive-pdfs/brics-dream.pdf> (letöltve: 2017. 01. 15.)

AZ MTA RÓMAI MAGYAR TÖRTÉNETI INTÉZETE ÉS UTÓDA, A KILENCVEN ÉVVEL EZELEŐTT ALAPÍTOTT RÓMAI MAGYAR AKADEÉMIA

THE 90 YEARS OF THE HUNGARIAN ACADEMY IN ROME AND ITS PREDECESSOR, THE HUNGARIAN HISTORICAL INSTITUTE IN ROME

Sárközy Péter

full-professzor, La Sapienza Egyetem Magyar Tanszék, Róma;
tag, Olasz Nemzeti Árkádia Irodalmi Akadémia; nyugdíjas tudományos tanácsadó, MTA Irodalomtudományi Intézet
peter.sarkozy@uniroma1.it

ÖSSZEFOGLALÁS

Kilencven évvel ezelőtt, 1928. április 26-án született meg a Római Magyar Akadémia megalapításáról szóló okirat, és az év végén költöztek be az első tudományos ösztöndíjasok a Borromini által épített Palazzo Falconieri palotába, valamint a festők és szobrászok a számukra a palota mellett létrehozott kétemeletes Művészházba (Palazzina).

Ugyanakkor a római magyar „Akadémia” története ennél sokkal régebbi, pontosabban 123 évre néz vissza, hiszen az intézmény elődjét, a Magyar Tudományos Akadémia főttkára, majd elnökhelyettese, Fraknói Vilmos címzetes püspök alapította 1895-ben. Az új egyetemi negyedben az általa vásárolt és építtetett (Fraknói) villában létesült a Római Magyar Történeti Intézet, amikor azt követően, hogy XIII. Leo pápa a történeti kutatások elősegítésére megnyitotta a Vatikáni Levéltárat, Rómában sorra létesültek a különböző nemzetek tudományos intézetei.

A római Magyar Történeti Intézetnek köszönhető a *Monumenta Vaticana historiam regni Hungariae illustrantia* kiadványsorozat köteteinek és más fontos kutatások eredményeinek kiadása. Fraknói Vilmos 1913-ban a Római Történeti Intézetet teljes felszerelésével, a tudományos könyvtárral és az ott létesített művészházzal együtt a Magyar Tudományos Akadémia kezelésére bízta, a magyar államnak ajándékozta, és nagyobb pénzalapítványt helyezett el a kutatók ösztöndíjának biztosítására.

1928-ban jött létre a Római Magyar Akadémia, melynek négy nagy szekciója volt: *tudományos szekció* hét kutató számára; mellette a gimnáziumi tanárok tudományos kutatását lehetővé tevő *Collegium Hungaricum*, a festők és szobrászok részére létrehozott *művészház* és a palota II. emeletén a máig önállóan létező *egyházi szekció*, amelyet 1940-ben XII. Pius pápa beiktatott a római pápai intézetek sorába.

1949–1960 között a Falconieri Palota a Magyar Nagykövetség személyzetének lett lakóhelye, és csak 1965 után kezdődött meg újra a Római Akadémián a tudományos és művészi ösztöndíjasok fogadása.

A tanulmány, bemutatva az intézmény utolsó harminc évének történetét, rámutat arra, hogy szükséges lenne, ha a tudományos kutatások felügyelete és az ösztöndíjas kutatók kiválasztása ismét a Magyar Tudományos Akadémia erre alapítandó kuratóriuma alá kerüljön, ugyanakkor a Rómában hosszabb ideig alkotni és műveiket kiállítani kívánó művészek kiválasztása a Magyar

Művészeti Akadémia feladata lehetne, míg a Balassi Intézet továbbra is ellátná a Római Magyar Akadémián és más olasz városokban a kulturális rendezvények szervezését. Ezzel egy időben vissza kellene állítani a főépületben a tudományos kutatók lakásait, és a művészházban a műtermekkel ellátott ösztöndíjas lakásokat.

ABSTRACT

Ninety years ago, on 26th April 1928 the founding document of the Hungarian Academy in Rome was issued. The first scholarship holders moved in at the end of the same year: researchers into the Palazzo Falconieri built by Borromini, painters and sculptors into the two-storeyed Artists' House erected for them next to the palace.

However, the Hungarian Academy in Rome has a much longer history, since its predecessor has been founded 123 years ago in 1895 by Titular Bishop Vilmos Fraknói, First Secretary and later Vice President of the Hungarian Academy of Sciences. The "Hungarian Historical Institute" in Rome began its activity in the Villa Fraknói built on the Monsignor's expense on a plot bought by him in the new university district at the time when, following the opening of the Vatican Archives by Pope Leo XIII in order to facilitate historical research, several nations founded scholarly institutes in Rome.

The Hungarian Historical Institute was responsible for the publication of the series *Monumenta Vaticana historiam regni Hungariae illustrantia* as well as of other important research results. In 1913 Vilmos Fraknói placed the Institute under the care of the Hungarian Academy of Sciences donating it to the Hungarian state with its entire equipment and library as well as with the Artists' House founded there. He also created a significant scholarships fund for researchers.

Thus the Hungarian Academy in Rome was established in 1928 in Falconieri Palace. The new institution had four sections: a *scholarly section* for 7 researchers; a *Collegium Hungaricum* offering research possibilities for secondary school teachers; an *Artists' House* created for painters and sculptors; and an *ecclesiastical section* that has been functioning independently ever since on the second floor of the palace. This latter section was included among the papal institutes of Rome by Pope Pius XII. Between 1948 and 1960 the Palazzo Falconieri served as a dwelling place for the personnel of the Hungarian Embassy. The Hungarian Academy in Rome began to receive researchers and artists with scholarships only after 1965.

The paper presenting the history of the institution in the last thirty years points out that the research work and the awarding of scholarships ought to be overseen by an advisory board of the Hungarian Academy of Sciences organized for this particular purpose. At the same time selecting of artists who wish to work for a protracted period in Rome and exhibit their creations there could be the task of the Hungarian Artistic Academy, while the Balassi Institute could continue to organize cultural events at the Hungarian Academy in Rome as well as in other Italian towns. The flats and studios formerly used on a scholarship basis by researchers and artists in the main building, respectively in the Artists' House should be restored as well.

Kulcsszavak: Történeti Intézet (Róma), Római Magyar Akadémia, alapítás, történet, 1895–2017

Keywords: Hungarian Historical Institute in Rome, Hungarian Academy in Rome, foundation, history, 1895–2017

Már a 2017/18-as „akadémiai év” elején elkezdődtek Rómában a kilencven évvel ezelőtt alapított Római Magyar Akadémia ünnepi rendezvényei, bár az alapító okiratot 1928. április 26-án írták alá a Magyar Tudományos Akadémia és a Vallás és Közoktatási Minisztérium vezetői, és csak az év végén költöztek be az első ösztöndíjasok az épületbe. A megnyitó ünnepséget 1929 őszén tartották a Via Giulia elején lévő barokk palotában, a Francesco Borromini által épített Palazzo Falconeriben, amely mellett a régi istállóból és személyzeti lakásokból az új intézmény akadémiai kurátora, Gerevich Tibor professzor külön műtermes lakásokból álló Művészházat alakított ki festők és szobrászok számára. Ugyanakkor a római magyar „Akadémia” története ennél sokkal régebbi, pontosabban 123 évre néz vissza, hiszen az intézmény elődjét már 1895-ben létrehozta a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára, majd elnökhelyettese, Fraknói Vilmos címzetes püspök. Az új egyetemi negyedben, a Porta Pia közelében saját vagyonából vásárolt telken építtetett villájában létesült a Római Magyar Történeti Intézet. A magyar történészek és régészek számára létrehozott, tudományos könyvtárral ellátott intézmény az első külföldi tudományos intézetek sorába tartozik, melyek azt követően létesültek Rómában, hogy 1881-ben XIII. Leo pápa megnyitotta a Vatikáni Titkos Levéltárat a tudományos kutatók előtt (Vári, 1916).

A római Magyar Történeti Intézetnek köszönhető az egyik legfontosabb történeti forráskiadás, a *Monumenta Vaticana historiam regni Hungariae illustrantia* kiadványsorozat köteteinek létrejötte és más fontos alap kutatások eredményeinek kiadása. Fraknói Vilmos 1913-ban a Római Történeti Intézetet teljes felszerelésével, a tudományos könyvtárral és a villa mellett 1902-ben épített művészházzal együtt a magyar államnak ajándékozta és nagyobb pénzalapítványt létesített a kutatók ösztöndíjának biztosítására, azzal a feltétellel, hogy az alapítványt kizárólag tudományos (főleg történeti, archeológiai, régészeti, művészettörténeti) kutatásokra használhatják, épp ezért az intézmény tudományos felügyeletét és irányítását az adománylevelében a Magyar Tudományos Akadémiára bízta.¹

Az intézetet az első világháború alatt az olasz állam zárta, és csak 1924-ben költözhetek be ismét a kutatók és a művészek az épületekbe. Mivel a Fraknói-villában csak az intézet igazgatójának és négy kutatónak, a művészházban pedig csak három művésznek jutott hely, 1927-ben Gerevich Tibor professzor, a Történeti Intézet igazgatója javaslatára Klebelsberg Kunó vallás- és közoktatásügyi miniszter a római egyetemen a *honoris causa* diploma átvételekor bejelentette a magyar kormány szándékát, hogy a római Történeti Intézetet a bécsi és berlini Collegium Hungaricumok mintájára kibővíti (Fráter, 1974, 251–262.; Pásztor, 1993, 9–27.).

Így jött létre 1928-ban a Római Magyar Akadémia, az időközben megvásárolt Falconieri palotában, melynek négy nagy szekciója volt: a Fraknói Vilmos által ala-

¹ 130.992/1913. május 8. (Vö.: Ujváry, 1998, 20–24.)

pított *tudományos szekció* (hét kutató számára); mellette a gimnáziumi és egyetemi magántanárok tudományos kutatását lehetővé tevő *Collegium Hungaricum* (tizenkét, egy szemeszteren keresztül Rómában kutató ösztöndíjas tanár, zenész, énekes és író számára); a festők és szobrászok részére létrehozott *Művészház* és a palota II. emeletén a máig önállóan létező *egyházi szekció*, amelyet 1940-ben XII. Pius pápa beiktatott a római pápai intézetek sorába. A Fraknoi Vilmos alapította történeti intézet 5000 kötetes tudományos könyvtárával együtt 1929-ben költözött át az addig az ösztöndíjasok fogadására átalakított Palazzo Falconeribe. Az önálló Pápai Intézetten kívül (Tóth, 2017) az új Római Akadémia szekcióinak szakmai irányítására és felügyeletére a Magyar Tudományos Akadémia és a Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium által megbízott, szakemberekből álló, Gerevich Tibor művészettörténész professzor által vezetett tudományos kuratóriumot hozott létre. Ennek tagjai neves tudósok voltak, mint Eckhardt Sándor, Keresztury Dezső, Magyary Zoltán, Szekfü Gyula vagy Szent-Györgyi Albert. Az új Magyar Intézet római igazgatói egyetemi tanárok voltak, akik egyben a Római Tudományegyetem, a La Sapienza 1929/30-as tanévben alapított magyar tanszékének professzori tisztségét is betöltötték (Miskolczy Gyula, 1930–1935; Koltay-Kastner Jenő, 1935–1940; Genthon István, 1940–1943; majd a háború után Kardos Tibor, 1947–1949). A római igazgatók fő feladata az épület fenntartásának és az intézet tudományos működésének biztosítása, az olasz tudományos és művészeti élettel való kapcsolatteremtés volt.

1929 és 1942 között a Történeti Intézetben hatvannégy tudományos kutató, a Collegium Hungaricumban hetvennyolc olasz nyelv és irodalom tanár, zene- és művészettörténész, énekes, zeneművész és író élt és kutatott legalább egy fél évig a római könyvtárakban és levéltárakban (Sárközy, 2010, 115–137.). Melléjük pedig a kétemeletes Művészházban szintén több mint száz festő és szobrász élt és dolgozott (Aba Novák Vilmos, Molnár C. Pál, Szőnyi István, Pátzay Pál, Vilt Tibor és társaik) néha éveken át, és képviselte a 20. század első felének egyik jellegzetes, „római iskolának” nevezett irányzatát (P. Szűcs, 1987).

A tudományos ösztöndíjasok munkáit az Akadémia 1936 és 1942 között rendszeresen megjelentette az Akadémia Koltay Kastner Jenő, majd Genthon István szerkesztette évkönyveiben (Sárközy–Tolomeo, 1993, 117–134.). Az Akadémia kiállításokat rendezett az ott élő művészek műveinek bemutatására, és segített abban, hogy rendszeresen részt vegyenek az olaszországi nagy nemzetközi kiállításokon és a Velencei Biennálén (Borsányi, 2009, 141–153.).

1943 nyarán a Rómára is kiterjedő bombázások és az egyetemi oktatás felfüggesztése után a magyar kultuszminisztérium ideiglenesen beszüntette a Római Magyar Akadémia működését. Genthon István igazgató és Tóth László akadémiai titkár és egyetemi magyar lektor hazatértek Magyarországra, míg az épületet a Pápai Intézetre bízták. Az akadémia a háború után másfél évvel, 1947 januárjában nyílt meg újra Kardos Tibor pécsi egyetemi magántanár, a magyar humanizmus kutatójának vezetésével. Segítőtársai Pásztor Lajos történész és Tóth László olasz

nyelv és irodalom tanár voltak. Kardos Tibor a magyar kommunista párt megbízottjaként kapta meg kinevezését, de 1947–48-ban mindent megtett, hogy az akadémia a magyar kultúra és tudomány szolgálatában álljon, és lehetővé tette, hogy a háború borzalmai után a magyar irodalom, művészet és tudományos élet nagyjai és fiatal tehetségei Rómában tölthessenek egy-két hónapot. Ezekben az években neves tudósok és fiatal kutatók (Alföldi András, Balázs Béla, Fülep Lajos, Kerényi Károly, Lukács György, Szabolcsi Bence, illetve Hanák Péter, Herczeg Gyula, Jászay Magda, Klaniczay Tibor, Szauder József, Vayer Lajos és még sokan mások), művészek (Katona Jenő, László Margit, Szervánszky Péter, Takács Jenő, Zathureczky Ede; Ferenczy Béni, Hajnal János, Hantai Simon, Vilt Tibor és társai) ismét a Palazzo Falconeriben lakhattak, és előadásokat, koncerteket tartottak az olasz közönség számára, műveiket az akadémia újonnan alapított tudományos folyóiratában a Janus Pannoniusban publikálták. Kardos Tibor egyik legnagyobb érdeme, hogy a háború szörnyűségei után a magyar irodalom egy egész generációja számára biztosította, hogy néhány hónapig Rómában élhettek. Érdemes felsorolni a neveket: Balázs Béla, Berczely Anzelm Károly, Csorba Győző, Déry Tibor, Lengyel Balázs, Nemes Nagy Ágnes, Károlyi Amy, Ottlik Géza, Pilinszky János, Takács Gyula, Toldalagi Pál, Thurzó Gábor, Vas István, Weöres Sándor, és néhány napra Rómában jártak előadást tartani és neves olasz írókkal találkozni Illyés Gyula és Cs. Szabó László is (Illyés, 1987; Lengyel, 1995; Csorba Gy., 2003; Hafner, 1977; illetve Vas István római versciklusa, a *Római rablás* [1962]).

A hazai politikai változások következtében és a hidegháború korának beköszöntével a Római Magyar Akadémia, mint az összes nyugati magyar intézet, beszüntette működését. 1949 őszén abbamaradtak a külföldi ösztöndíjas utak, és bezárták az összes nyugati kulturális intézetet. Kardos Tibort és munkatársait hazarendelték (ezt a munkatársak közül többen megtagadták), és 1950-től az intézet a római magyar követség kulturális „képviselője” lett, és a személyzet szállásaként vették igénybe.

Csak a hatvanas évek elején kezdődött el újra a Római Akadémián a tudományos és művészi ösztöndíjasok fogadása, melynek módozatait az 1965-ben kötött, máig érvényben lévő magyar–olasz kultúregyezmény szabályozta. Ekkor vette át „hivatalosan” a Magyar Tudományos Akadémiától az intézet irányítását és az ösztöndíjasok kiválasztását a Kulturális Kapcsolatok Intézete, majd a Művelődési Minisztérium Nemzetközi Kapcsolatok Főosztálya. Ez a hazai hivataloktól való függés a rendszerváltás után is fennmaradt (igaz, az új évezred elején a felügyeleti szerv a jelenleg a Külgazdasági és Külügyminisztérium alá tartozó Balassi Intézet lett).

A Római Magyar Akadémia hivatalos és tudományos irányításával 1959 elején Merényi Ferenc fiatal építészettörténészt bízták meg, akit hozzá hasonló pártfunkcionáriusok követtek (Benedetti Tibor 1965–1969; Kalmár György 1969–1973; Kis Aladár 1973–1977; majd ismét Merényi Ferenc 1977–1983 és Dósai István 1983–1990) (Csorba L., 1998, 59–62.).

1975–78 között került sor az épület első nagy átépítésére, ekkor alakítottak ki a palota két felső emeletén az akadémiai és a nagykövetségi dolgozók családjai részére több szobás lakásokat, az első emeleten pedig elegáns hivatali szobákat. A Fraknoi Vilmos által létesített könyvtár maradványát levitték a földszinti raktárakba, és a könyvtár helyén előadótermet alakítottak ki kulturális rendezvények céljára, míg az ösztöndíjasok és az „átutazó vendégek” fogadására a kis kétemeletes egykori Művészház műteremlakásaiból alakítottak ki (tudományos és művészi alkotó munkára egyaránt alkalmatlan) kétágyas szobákat. Ahogy az 1960-ban ismét ösztöndíjas úton Rómában tartózkodó költő, Csorba Győző említi *Római visszaemlékezésében*: „a magyar követség, a konzulátus, a tájékoztató hivatal és mindenféle hivatal elfoglalta a nagy épületet, [...] a magunkfajta emberek (az ösztöndíjasok) csak hátul, a kispalotában kaptunk helyet. ...az akadémia ekkor már inkább fegyintézethez hasonlított” (Csorba Gy., 2003, 107–108.).

A hetvenes–nyolcvanas években a Római Magyar Akadémia egy vendégházzal is rendelkező kulturális hivattá vált, mely azóta is jelentős hazai kiküldött apparátussal intézi a hazai intézmények olaszországi kulturális ügyeit, programjait és a palotában havonta különféle rendezvényeket tart (előadásokat, könyvbevetőket, koncerteket, táncházat stb.) otthonról kiutaztatott előadókkal, művészekkel, táncegyüttesekkel a római lakosok és az Örök Városban élő magyarok (főleg a kiküldött alkalmazottak családtagjai) számára.

Mindennek ellenére a Római Magyar Akadémia 1960-tól kezdve az ösztöndíjasok befogadásával komoly szerepet töltött be sok száz, sőt valószínűleg ezernél is több magyar művész és kutató életében. Igaz, nem volt (és máig nincs) önálló kutatáshoz, művészi alkotó tevékenységhez alkalmas elhelyezésük, nem áll többé rendelkezésükre a tudományos kutatáshoz szükséges, tudatosan fejlesztett szakkönyvtár², megszüntették a festő- és szobrászműtermeket, 1949 óta nem biztosítanak az ösztöndíjasok számára étkezést, és az ösztöndíjak kicsisége megakadályozza, hogy rendes életet éljenek, de mindennek ellenére a hatvanas évektől kezdve több száz tanár, kutató és művész több hónapig Rómában élhetett és dolgozhatott. Ahogy Szerb Antal írta még 1936-ban a fasiszta Olaszországban tett útja után: „Hogy jól vagy rosszul, boldogtalanul vagy boldogan, oly elenyésző ahhoz képest, hogy *ott* vagyok jól vagy rosszul, boldog, vagy boldogtalan” (Szerb, 1971, 628.).

A rendszerváltás első éveiben, majd a kilencvenes évek végén több kísérlet történt a Római Magyar Akadémia eredeti akadémiai funkciójának visszaállítására.

² A Fraknoi Vilmos által létrehozott kiváló történeti könyvtár értékesebb részét még Tolnai Gábor nagykövet 1950-ben hazahozatta, és egy része az MTA könyvtárába került, igen sok kötet az 1975–78 közötti épületátalakítás alatti beázások és az ezt követő leselejtezés áldozatává vált. A háború óta a könyvtárnak nincs tervszerű gyarapítása, a kilencvenes évek közepén megszűnt a fontosabb szaklapok előfizetése, sosem volt és ma sincs önálló szakkönyvtára. Jelenleg semmiképp sem tekinthető tudományos könyvtárnak.

Szörényi László nagykövetsége alatt ugyan elkezdődött a követségi hivatalok és lakások kiköltöztetése a főépületből, egyre több tudományos konferenciát rendeztek, újrалétesítették és 1996–2010 között megjelentették az akadémia évkönyveit (Pál, 2004, 221–226.), de a hírlapokban és folyóiratokban közölt cikkek, a Római Magyar Akadémiáról szóló kötetek, minisztériumi beadványok (Sárközy, 2015, 93–143.) ellenére máig nem sikerült visszaállítani az intézetnek azt a funkcióját, melyért 1895-ben, illetve 1928-ban létrehozták, nem sikerült elérni, hogy a Római Magyar Akadémia ismét tudományos intézet, *akadémia* legyen, mely mellett művészház áll az ösztöndíjas művészek részére.

A Rómában a 19. század végén, a 20. század elején létesített külföldi tudományos és művészeti intézetek szinte mind megőrizték akadémiai jellegüket. Ezekben az intézetekben máig az igazgató és egy-két munkatársán kívül csak ösztöndíjas kutatók és művészek laknak tudományos, illetve művészi alkotótevékenységhez szükséges feltételek (szakkönyvtár, felszerelt műtermek stb.) mellett hosszabb időn keresztül, és az intézetek biztosítják az ott készített kutatások eredményeinek kiadását, az ott dolgozó művészek alkotásainak bemutatását és az olasz tudományos és művészi élettel való folyamatos kapcsolatteremtést.

Ezzel szemben a Római Magyar Akadémia immár fél évszázada „vegyes intézetként” működik. Az egyre kisebb számú ösztöndíjas és az egyre nagyobb számú átutazó „programvendéget” a művészházban helyezik el, míg a Falconieri palotában (a II. emeleti Pápai Intézet kivételével) ma csak „hivatalok” és személyzeti lakások vannak. A Római Magyar Akadémia irányítását és szakmai felügyeletét 2002 óta a Balassi Intézet biztosítja és nevezi ki az intézet vezetőit, 2007-óta dönt az (egyre kevesebb) ösztöndíjas, valamint a hazulról az intézet által kiválasztott előadók, előadóművészek és együttesek kiválasztásáról és kiküldetéséről.

2016-ban a Balassi Intézet a Külgazdasági és Külügyminisztérium alá lett rendelve, így még erősebben érezhető a Római Magyar Akadémia tudományos jellegének háttérbe szorulása, hiszen az intézetben lakó és dolgozó munkatársak munkája elsősorban a Nagykövetségtől és a Balassi Intézettől otthonról kapott megbízatások olaszországi intézéséből, a hazulról kiküldött művészek, együttesek rendezvényeinek megszervezéséből, kulturális ismeretterjesztéséből áll, és csak nagyon kis mértékben tudományos kutatások és művészeti alkotómunka segítségével. Félő, hogy amennyiben ez a gyakorlat a Nagykövetség átépítését követően, a követségi hivatalok eredeti helyükre visszaköltözése után is tart, az is bekövetkezhet, hogy az intézetet ki fogják zárni a római külföldi tudományos intézetek szövetségéből.³

³ Az *Unione Internazionale degli istituti di archeologia, storia e di storia dell'arte in Roma* szervezetben a következő országokhoz tartozó külföldi intézetek vesznek részt: Ausztria, Belgium, Cseh Köztársaság, Dánia, Finnország, Franciaország, Hollandia, Lengyelország, Magyarország, Nagy-Britannia, Németország, Norvégia, Románia, Spanyolország, Svájc, Svédország, Vatikán.

Éppen ezért nagy szükség lenne arra, hogy a Római Magyar Akadémián és a még meglévő nagy hagyományú nyugati Collegium Hungaricumokban a tudományos kutatások felügyelete és az ösztöndíjas kutatók kiválasztása ismét a Magyar Tudományos Akadémia erre alapítandó kuratóriuma alá kerülhessen, ugyanakkor a Rómában hosszabb ideig alkotni és műveiket kiállítani kívánó művészek kiválasztása a Magyar Művészeti Akadémia feladata lehetne. Az ösztöndíjakat odaítélő bizottságokban természetesen részt vennének a Balassi Intézetbe olaszított Ösztöndíj Bizottság képviselői is. A Külgazdasági és Külügyminisztérium alá tartozó Balassi Intézet pedig továbbra is ellátná a Római Magyar Akadémián és más olasz, illetve külföldi városokban a kulturális rendezvények szervezését.

Az Akadémia igazgatójának nemzetközileg elismert egyetemi tanárnak, tudósnak vagy művésznek kell lennie, akit az MTA és az MMA kuratóriuma válasszana ki, akinek fő feladata a tudományos kutatók és a művészeti ösztöndíjasok római munkájának segítése, olaszországi kapcsolatainak biztosítása, az olasz tudományos életben való aktív részvétel lenne.

Ezzel egy időben vissza kell állítani a főépületben a tudományos kutatók lakásait és a melléképületben a műtermekkel ellátott ösztöndíjas lakásokat. Ebben a nagy négyemeletes palotában igazán megférnének egymás mellett az akadémiai munkatársak, az esetleg itt elhelyezendő követségi alkalmazottak, valamint a tudományos (akadémiai) ösztöndíjas kutatók lakásai. A palota melletti kétemeletes egykori Művészház Tevere-partra néző nagy üvegablakos szobáiban ismét a művészek részére lehetne kialakítani műteremlakásokat, a másik, Via Giuliára néző felében pedig a „péhádés” ösztöndíjasok és „programvendégek” számára lehetne biztosítani elhelyezést. Így a Balassi Intézet által szervezett kulturális rendezvények további megtartása mellett vissza lehetne állítani a Római Magyar Akadémia tudományos (akadémiai) jellegét és a nagy hagyományú római magyar művészházat, és megelőzhető lenne, hogy tudományos és művészi alkotó tevékenység és ösztöndíjasok hiánya miatt a hivatalok, követségi és akadémiai alkalmazottak lakásai által elfoglalt, a Balassi Intézet által működtetett Római Magyar Akadémiát megfosszák az „akadémia” név használatától, és kizárják a római külföldi tudományos intézetek köréből (mint történt 1950–1995 között).

Remélhetőleg jövőre, 2019-ben, az első római akadémiai év kilencvenedik évfordulójára a Római Magyar Akadémia ismét tudományos intézménnyé válhat, ahol az MTA által kiválasztott tudományos kutatóknak, doktoranduszoknak és az MMA által kiutaztatott művészeknek éppúgy lesz hely, mint a kulturális rendezvényeket biztosító hivatali munkatársak számára.

IRODALOM

- Borsányi K. (2009): L'arte ungherese nella stampa italiana alla Biennale di Venezia. *Rivista di Studi Ungheresi*, La Sapienza, Roma, XXIII, 8, 141–153.
- Csorba Gy. (2003): *Római följegyzések 1947–48*. Pécs: Pro Pannonia Kiadói Alapítvány
- Csorba L. (szerk.) (1998): *Száz év a magyar–olasz kapcsolatok szolgálatában. Magyar tudományos, kulturális és egyházi intézetek Rómában 1895–1995*. Budapest: HG&Társ (olasz nyelven is)
- Csorba L. (1998): A Római Magyar Akadémia története 1945 után. In: *Száz év a magyar–olasz kapcsolatok szolgálatában*. Budapest: HG&Társ, 59–62.
- Fráter J. (1974): A Római Magyar Történeti Intézet bizottsága. In: *MTA állandó bizottságai 1854–1949*, Budapest: MTA, 1974, 251–262.
- Genthon I. (1973): *Római napló*. Budapest: Corvina
- Hafner Z. (szerk.) (1977): *Pilinszky Rómában, 1947, 1967*. Budapest: Kortárs Kiadó
- Illyés Gy. (1987): *Naplójegyzetek, 1947. Kortárs*, 3.
- Lengyel B. (1995): *Két Róma*. Budapest: Balassi Kiadó
- Molnár A. – Tamás T. (2016): *Palazzo Falconieri*. Róma–Budapest, Balassi Intézet (olasz nyelven is)
- Pál J. (2004): A „Fraknoi” Történeti Intézet létrejötte a Római Magyar Akadémián (1996–1998). *Magyar Tudomány*, 2, 221–226. <http://www.matud.iif.hu/04feb/010.html>
- Pásztor L. (1993): Le origini dell'Accademia d'Ungheria di Roma. In: Sárközy P. – Tolomeo, R. (a cura di): *Un istituto scientifico a Roma: l'Accademia d'Ungheria di Roma*. Roma: Periferia
- P. Szűcs J. (1987): *A 'Római iskola'*. Budapest: Corvina Kiadó
- Sárközy P. (2010): A Római Magyar Akadémia tudományos tevékenysége 1929–2009. In: Sárközy P.: *Róma mindannyiunk közös hazája. Róma magyar emlékei – magyarok emlékei Rómáról*. Budapest: Romanika, 115–137.
- Sárközy P. (2010): *Róma mindannyiunk közös hazája. Róma magyar emlékei – magyarok emlékei Rómáról*. Budapest: Romanika
- Sárközy P. (2015): 'Andata e ritorno', *Római jegyzetek, 1990–2015*. Budapest: Nap Kiadó
- Sárközy P. – Tolomeo R. (a cura di) (1993): *Un istituto scientifico a Roma, L'Accademia d'Ungheria 1895-1950*. Cosenza: Periferia
- Szerb A. (1971): A harmadik torony. In: Szerb A.: *Gondolatok a könyvtárban*. Budapest: Magvető Kiadó
- Tóth T. (2017): *Pápai Magyar Intézet, Róma*. Róma–Budapest: PIM
- Ujváry G. (1998): A Római Magyar Intézet története 1912–1942 között. In: Csorba L. (szerk.) (1998): *Száz év a magyar–olasz kapcsolatok szolgálatában. Magyar tudományos, kulturális és egyházi intézetek Rómában 1895–1995*. Budapest: HG&Társ, 20–24.
- Vári R. (1916): *Történeti Intézetek Rómában*. Budapest: MTA
- Vas I. (1962): *Római rablás*. Budapest, Magvető Kiadó

Megemlékezés

STEPHEN HAWKING TUDOMÁNYOS HAGYATÉKA A GRAVITÁCIÓS SZINGULARITÁSOKTÓL A KOZMOLÓGIAI INFORMÁCIÓVESZTÉS PARADOXONÁNAK MEGOLDÁSI JAVASLATÁIG

STEPHEN HAWKING'S SCIENTIFIC LEGACY FROM GRAVITATIONAL SINGULARITIES TO SUGGESTIONS FOR SOLVING THE PARADOX OF COSMOLOGICAL INFORMATION LOSS

Patkós András

az MTA rendes tagja, professor emeritus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Fizikai Intézet
patkos@galaxy.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A neves tudós elhunytja alkalmából röviden áttekintjük Stephen Hawking úttörő tudományos munkásságának eredményeit.

ABSTRACT

On the occasion of the renowned scholar's death, we briefly review results of Stephen Hawking's pioneering scientific work.

Kulcsszavak: Stephen Hawking, tudománytörténet, fekete lyuk, kvantumkozmológia, Hawking-sugárzás

Keywords: Stephen Hawking, science history, black hole, quantum cosmology, Hawking radiation

Steven W. Hawking (1942–2018) első tudományos közleményét 1965-ben tette közzé (Hawking, 1965). Korai cikkei az általános relativitáselmélet egyenleteinek szinguláris megoldásaira vonatkozó matematikai szigorúságú vizsgálatok voltak. Munkái kezdettől fogva erős visszhangot váltottak ki. Ez időszak munkái közül legnagyobb hatása a Roger Penrose-zal 1970-ben írott cikkének volt, amely a szingularitások kozmológiai kialakulásának feltételeire általános tételt tartalmazott (Hawking–Penrose, 1970).

Tudományos pályája 1973 után vett fordulatot, amikor felismerte, hogy a kvantumhatások az ősrobbanást követő legkorábbi időszakon túl is meghatározó szerepet játszhatnak, nevezetesen a fekete lyukak környezetében zajló elemi részecskefizikai folyamatok révén. E felismeréshez Jacob Bekenstein doktori disszertációja (1972) vezette, amelynek szerzője Demetrios Christodolou (1970) vizsgálataira támaszkodva javasolta termodinamikai entrópia társítását a fekete lyukakkal (Bekenstein, 1973). Christodolou megállapította, hogy a fekete lyukat határoló eseményhorizont (amelyen belülről nem továbbítható információ a külvilágba) felülete két fekete lyuk összeolvadásával nem csökkenhet az összeolvadó objektumok különálló eseményhorizontjainak felületösszege alá. Ez a tulajdonság hasonló a környezetével energiát nem cserélő rendszerek entrópiájának egyirányú növekedési tendenciájához. Bekenstein a fekete lyuk entrópiájára az eseményhorizontja felületével arányos mennyiséget posztulált. Az arányossági tényezőt a fekete lyuk által elnyelt részecske révén a külvilág szempontjából elveszített információt jellemző Shannon-entrópia közelítő kiszámításával határozta meg. A rendszer általánosított teljes entrópiája a fekete lyukon kívüli világ részecske-eloszlásából származó szokásos járuléék és a fekete lyuk entrópiájának összegéből áll. A fekete lyukat jellemző kisszámú tulajdonság (tömeg, elektromos töltés, perdület) megfeleltethető a szokásos további termikus állapothatározóknak. Hawking kozmológus kollégáival (John Bardeen és Brandon Carter) együttműködésben kidolgozta az e jellemzőkre építhető általánosított termodinamika négy alaptörvényét (Bardeen et al., 1973). A kérdés az volt, hogy pusztán egy érdekes formai analógiáról van-e szó, vagy mód van a fekete lyukak jelenlétét tükröző termodinamika megalapozására a környezetükben zajló fizikai folyamatokkal.

A termodinamikai fejlődés kitüntetett időirányának „összebékítése” a fizika részletes dinamikai elméleteinek az időirány tükrözésére mutatott változatlanúságával Ludwig Boltzmannak a statisztikus mechanikát megalapozó munkássága óta szüntelenül újrapitatott kérdés. Hawking életművének legjelentősebb eredménye a fekete lyuk eseményhorizontján átlépő anyagi részecske által okozott entrópiacsökkenés pontos kvantumelméleti kiszámítása volt, amellyel egyszerű egzakt képletet adott a fekete lyuk entrópiatartalmára (Hawking, 1975). Ezt az entrópiát ma szokás *Bekenstein–Hawking-entrópiának* hívni. Ugyanebben a munkájában mutatta ki, hogy a kvantumos folyamatok miatt a fekete lyuk nemcsak elnyel, hanem ki is bocsát részecskéket.¹ Ezek energia szerinti eloszlását a fekete lyuk hőmérséklete egyértelműen meghatározza. A *Hawking-sugárzás* révén a fekete

¹ Bár valamely cikkre történt hivatkozások számát nem a munka tudománytörténeti jelentőségének fokmérőjeként, hanem tudományszociológiai hatásjellemzőként érdemes értékelni, megjegyezzük, hogy csupán erre az egyszerűsítő cikkre 2018. március 17-ig 6991 hivatkozást jelez az *Inspire* nagyenergiás fizikai adatbázis. Összehasonlításképpen: Peter W. Higgs Nobel-díjjal kitüntetett két cikkére ugyanott 4068, illetve 4657 hivatkozást tartanak nyilván.

lyuk végül teljes energiáját képes „elpárologtatni”, ám ez általában igen lassú folyamat. A sugárzás kimutatása a ma létező ismert méretű fekete lyukak esetében reménytelennek tűnik. Az ősrobbanás időszakában keletkezett, a Nap tömegénél jóval kisebb tömegű fekete lyukak viszont már elpárologtak. Hawking a fiatal Univerzum folyamataiban látott esélyt az általa javasolt sugárzás nyomainak megtalálására (Hawking, 1974).

A sugárzás termikus jellege miatt semmiféle információt nem tartalmaz a fekete lyukba hullott anyag szerkezetéről vagy belső állapotáról. Adódik a következtetés, hogy az „elpárolgó” (energiáját kisugárzó) fekete lyuk megszűnésével a behullott anyaghoz kapcsolódó minden információ is eltűnik, annak ellenére, hogy a fellépő részfolyamatok mindegyikére az információ megmaradása fennáll. Ennek a paradox helyzetnek a tisztázása érdekében önmagával és a kutatói közösséggel folytatott vitái végigkísérték Hawking életét.

A kozmológiai információvesztést képviselő álláspontját az évezredfordulóig egyre határozottabban képviselte. Változatos technikai megközelítésekkel jutott el a következő egyszerű fizikai képhez: Olyan téridőtartományok létezése, amelyekről a külső megfigyelőnek csak korlátozott információja lehetséges, arra vezet, hogy a határtartományban párban keltett részecskék egyike mindig visszahullik annak belsejébe, és ezért a külvilágban detektálható párjának egyértelmű kvantummechanikai állapota (az állapot „tisztasága”) megszűnik. Ez a kibocsátott részecske állapotának termikus keverékké alakulási mechanizmusa (Hawking, 1976). A téridő szerkezete által okozott és elkerülhetetlen „tudatlansági elv” (principle of ignorance) ráerakodik a kvantummechanikai bizonytalansági elvre.

A kvantummechanikai folyamatok kozmológiai fontosságának felismerése az 1980-as évtizedben elvezette sajátos kvantumkozmológiájának megalkotásához. James D. Hartle-lal közös munkájában annak a feltevésnek a következményeit dolgozta ki, hogy legalábbis a legkorábbi fejlődési időszakban az Univerzum egészének egységes kvantummechanikai hullámfüggvénye volt (Hartle–Hawking, 1983). Kidolgozták ennek „Schrödinger-egyenletét”, amely a különböző makroszkopikus téridő-geometriákhoz vezető fejlődési utak valószínűségei meghatározásának eszköze. Az exponenciálisan felfűvódó (infláló) világegyetem elméletének legelső változatát ez időben fogalmazta meg Alan Guth (1981). Természetesen adódott a kihívás: milyen eséllyel vezet Hawking kvantumkozmológiája inflációs klasszikus téridő-dinamikára? A világegyetem hullámfüggvényének fejlődésére javasolt egyenlet közelítő numerikus megoldásai (Hawking, 1984) alapján érvelt amellett, hogy a lehetséges kimeneti klasszikus geometriák között az inflációs tágulásra vezető „kvantumutak” valószínűsége dominál (Halliwell–Hawking, 1985; Hawking–Turok, 1998). Egyre reálisabb közelítésekkel a 2010-es években is folytatta az inflációs korszakhoz vezető kvantumkozmológia fejlesztését.

Az új évezred első évtizedében a gravitációs modellvilágok vizsgálata a húrelmélet oldaláról kapott új irányt kijelölő lökést. Juan Maldacena (1998) megmutatta, hogy magasabb dimenziós világban konstruált feketelyuk-megoldásokban végbemenő folyamatok ekvivalensek speciális kvantumtérelméletek szórási folyamatait jellemző függvényekkel. E megfeleltetést használva Hawking részvételével újabb, az eredeti eredményt reprodukáló levezetést adtak a fekete lyuk entrópiájára (Hawking et al., 2001). A térelméleti megfeleltetésben elvégzett számítás a külvilág részecskéinek a horizont mögötti nem észlelhető részecskékkal fennálló kvantumos összefonódottságából eredő entrópiával azonosítja a fekete lyuk entrópiáját. Ugyanakkor a kvantumtérelméleti ekvivalens nyelven végzett számítások során semmiféle információvesztéssel járó folyamat nem lép fel. Bár a modell konklúziói nem általánosíthatóak automatikusan a mi világunkra, de erős kételyeket támasztanak az információvesztés bekövetkeztét illetően. Saját kvantumkozmológiai egyenleteinek vizsgálatával végül Hawking is arra jutott, hogy a kifejlett klasszikus téridő-geometriában csak információt őrző folyamatok észlelhetők (Hawking, 2005). Így még élesebbé vált a helyzet paradoxona: ha nem vész el az információ, akkor hol és hogyan őrződik meg a fekete lyuk elpárolgása során? Van-e mód visszanyerésére?

Élete utolsó nagy hatású vizsgálatában munkatársaival arra jutott, hogy a fekete lyuk megoldásokhoz kvantumszinten az eseményhorizonthoz közel tárolt extrém alacsony energiájú („puha”) gravitonok és fotonok sokasága társul (Hawking et al., 2016). Ebben a felületi képződményben őrződik az elnyelt teljes információ, egyfajta hologramot alkotva. Az információ kinyerhetőségére vonatkozó következtetés kimondásához a cikk konklúziója további vizsgálatokat tart szükségesnek...

Stephen Hawking tudományos életpályája a kvantumterek és a gravitáció modern elméletének egészét átfogó alkotókészség ritka példája, amely kiemelkedően stimulálta a tudományterület kutatóközösségét. A fekete lyukak sugárzásának elméletileg vitathatatlan érvényességű tárgyalásával és e sugárzás paradox tulajdonságaiból fakadó kihívások világos megfogalmazásával nevéhez kapcsolható paradigmát hozott létre, amely fizikai személyiségének eltávovása után is megmarad a kutatói érdeklődés fókuszában.

IRODALOM

- Bardeen, J. M. – Carter, B. – Hawking, S. W. (1973): The Four Laws Of Black Hole Mechanics. *Communications in Mathematical Physics*, 31, 161–170. https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.cmp/1103858973
- Bekenstein, J. (1973): Black Holes and Entropy. *Physical Review D*, 7, 2333 DOI: 10.1103/PhysRevD.7.2333, https://www.researchgate.net/publication/258070919_Black_Holes_and_Entropy
- Christodolou, D. (1970): Reversible and Irreversible Transformations in Black Hole Physics. *Physical Review Letters*, 25, 22, 1596–1597. DOI: 10.1103/PhysRevLett.25.1596, <https://www>

- researchgate.net/publication/255840109_Reversible_and_Irreversible_Transformations_in_Black-Hole_Physics
- Guth, A. H. (1981) Inflationary Universe: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems. *Physical Review D*, 23, 347–356. DOI: 10.1103/PhysRevD.23.347, https://www.researchgate.net/publication/228109568_Inflationary_Universe_A_Possible_Solution_to_the_Horizon_and_Flatness_Problems
- Halliwell, J. J. – Hawking, S. W. (1985): The Origin of Structure in the Universe. *Physical Review D*, 31, 1777–1791. DOI: 10.1103/PhysRevD.31.1777
- Hartle, J. D. – Hawking, S. W. (1983): Wave Function of the Universe. *Physical Review D*, 28, 2960. DOI: 10.1103/PhysRevD.28.2960
- Hawking, S. W. (1965): Occurrence of Singularities in Open Universes. *Physical Review Letters*, 15, 689–690. DOI: 10.1103/PhysRevLett.15.689
- Hawking, S. W. (1974): Black Hole Explosions. *Nature*, 248, 30–31. DOI:10.1038/248030a0
- Hawking, S. W. (1975): Particle Creation by Black Holes. *Communications in Mathematical Physics*, 43, 199–220., Erratum: *ibid.* 1976, 46, 206–206. DOI: 10.1007/BF02345020. https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.cmp/1103899181
- Hawking, S. W. (1976): Breakdown of Predictability In Gravitational Collapse. *Physical Review D*, 14, 2460–2473. DOI: 10.1103/PhysRevD.14.2460
- Hawking, S. W. (1984): The Quantum State of the Universe. *Nuclear Physics*, B239, 257–276., DOI: 10.1016/0550-3213(84)90093-2
- Hawking, S. W. (2005): Information Loss in Black Holes. *Physical Review D*, 72, 084013 DOI: 10.1103/PhysRevD.72.084013, <https://arxiv.org/pdf/hep-th/0507171.pdf>
- Hawking, S. W. – Maldacena, J. M. – Strominger, A. (2001): de Sitter Entropy, Quantum Entanglement and AdS/CFT. *Journal of High Energy Physics*, 0105, 001, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1126-6708/2001/05/001/pdf>
- Hawking, S. W. – Penrose, R. (1970): The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A*, 314, 529–548. DOI: 10.1098/rspa.1970.0021, <http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/royprsa/314/1519/529.full.pdf>
- Hawking, S. W. – Perry, M. J. – Strominger, A. (2016): Soft Hair on Black Holes. *Physical Review Letters*, 116, 231301 DOI: 10.1103/PhysRevLett.116, 231–301. DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.231301, <https://arxiv.org/pdf/1601.00921.pdf>
- Hawking, S. W. – Turok, N. (1998): Open Inflation without False Vacua. *Physics Letters B*, 425, 25–32. DOI: 10.1016/S0370-2693(98)00234-2, <https://arxiv.org/pdf/hep-th/9802030.pdf>
- Maldacena, J. M. (1998): The Large N Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity. *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*, 2, 231–252. DOI: 10.1023/A:1026654312961, <https://arxiv.org/pdf/hep-th/9711200.pdf>

Könyvszemle

SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

ADATBŐSÉG – A TÁRSADALOMKUTATÓK SZEMÉVEL

Az *Educatio* folyóirat – deklarált missziója szerint – interdiszciplináris szemle azok számára, akik az oktatás társadalmi összefüggéseit keresik. *Adatbőség* címmel megjelent tematikus számában a kifejezetten oktatással foglalkozó témák a megszokotthoz képest kisebb súllyal szerepelnek, a kötet jórészt a társadalomkutatás szélesebb spektrumát érintő kérdéseket, módszertani és metodológiai problémákat jár körül.

A kötet szerkesztője, Veroszta Zsuzsanna indító tanulmányában (*Adminisztratív adatok társadalomkutatási kezelése*) azt a témát veszi górcső alá, amely az adatbőség, mondhatni adatrobbanás napjainkban tapasztalható jelenségének talán legnagyobb szeletét képviseli. A nagy tömegű és szédületes gyorsasággal növekvő adminisztratív, nem kutatási célból begyűjtött adatok felhasználása a társadalomkutatásban igen vonzó lehetőség (már csak azért is, mert a kutató számára lényegében „ingyen” állnak rendelkezésre). Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az adminisztratív adatokat, adatbázisokat számos speciális validálási eljárásnak kell alávetni ahhoz, hogy kutatásra alkalmas adathalmaz álljon elő. Ezt kiegészítik azok a teendők, amelyek az adatkapcsolásoknál, főleg az adminisztratív és survey adatbázisok közti összekapcsolásoknál jelentkeznek. Mindehhez nem áll még rendelkezésre olyan mennyiségű tapasztalat, olyan mélységű elméleti és módszertani tudás, mint a kutatási célú adatgyűjtések területén. Napjainkban zajlik ez a tanulási folyamat, amelyhez jelentős mértékben járul hozzá az írás. Elsősorban azzal, hogy tudatosítja a kérdés jelentőségét, és áttekinti a konkrét problématerületeket, teendőket, amelyeket figyelembe kell venni az adatkezelési eljárás során.

Az adatok társadalomtudományi felhasználásáról a történelmi idő dimenziójában is érdemes gondolkodni, amelynek során további kérdések merülnek fel. Ezek megfogalmazására vállalkozik Nagy Péter Tibor tanulmánya (*A régi és új történelmi adatok társadalmi természeté*). Abból indul ki, hogy sor kerülhet például régi típusú adatok új szempontokból, új módszerekkel történő feldolgozására, elemzésére, régi adatokból újjáalkotott metaadatok konstruálására, régi és újabb típusú adatok összevetésére, más, hasonló témájú kutatások adataival való összevetésre. Előfordulhat, hogy régebbi korokról eddig még fel nem tárt dokumentumok ke-

rülnek elő, a régi dolgokról új adatok keletkezhetnek, tehát meghosszabbodhat az az időtáv, amelyre adataink vonatkoznak, a jelen világ történéseiről viszont egyre szélesedő tematikában születnek strukturálatlan adattömegek. Mindez bonyolult helyzetet teremt az adatkezelésben. A szerző ezt úgy fogalmazza meg, hogy az adatfeltárás, adatrendezés és adatértelmezés jelenségvilága egy komplex tudomány-szociológiai összefüggésrendszer része. Az idő dimenziójában pedig azt a folyamatot jeleníti meg, amelynek elemei az új dolgokról szóló, de még strukturálatlan adatok keletkezése, a strukturált, illetve tudományos adatok születése, majd visszatöltődése az adatok körforgásába.

A további tanulmányok az adatgyűjtés, adatfeldolgozás és -felhasználás gyakorlatának néhány területét járják körül. Gárdos Éva munkája (*Adatok és kezelésük a hivatalos statisztikában*) áttekinti a hivatalos statisztikai szolgálat által használt adatforrástípusokat, felhasználási területeiket és módjukat. Eligazítja az olvasót a statisztikai adatgyűjtések rendszerében, amit a gyakorló kutató és más felhasználó általában a maga számára átláthatatlan dzsungelként él meg. Megérthetjük az elsődleges és másodlagos adatforrások, a Big Data szakszerű fogalmát, a vállalkozások és a kutatóhelyek adatai kezelésének sajátosságait. Kiemelten foglalkozik a tanulmány az adminisztratív adatok kérdésével, ezen adatok statisztikai felhasználhatóságával, a vonatkozó nemzetközi ajánlásokkal és a hazai gyakorlattal.

Meglehetősen kényes és mind a kutatók, szakemberek, mind a hétköznapiak szintjén sokat emlegetett probléma tekintetében ad igen hasznos segítséget a tájékozódáshoz Székely Iván tanulmánya (*Közadatok és nyilvános adatbázisok: a hozzáférés kérdései*). Az információs szabadságról van szó, ami a szerző szerint „röviden azt jelenti, hogy mindenki szabadon hozzáférhet a közzsféra információihoz, és ezt a jogát csak szűk körben, törvény korlátozhatja”. Nem lehet megspórolni az alapvető fogalmak definíciójának, értelmezésének, gyakorlati használatának rögzítését, bemutatását (közinformáció, közadat, nyilvánosság, a személyes adatoknál az önrendelkezés). Kiemelt helyet kap az ingyenesség kérdése, ami értelemszerűen a felhasználókat leginkább érdeklő téma. Az információs piac érdekei és a más típusú szempontok érvényesítésének küzdelmében figyelemre méltó európai példa a nyílt hozzáférésű adatok EU-portálja, amely úgy ad ingyenes hozzáférést az adatokhoz, hogy nem vizsgálja felhasználásuk célját. A felhasználás célja pedig igazán sarkalatos kérdés (tekintettel az egyre gyakoribb bűncselekményekre, az adatokkal való visszaélésre). A szerző szerint azonban miközben ma már meglehetősen egyszerű a közadatokhoz való hozzáférés, az igazi privilégium az adatelemzési lehetőségek birtoklása, ami nemesak tudást, hanem megfelelő számítógépes kapacitást is jelent.

A közadatok felhasználásának egyik jelentős területéről ad képet Halász Gábor tanulmánya (*Adatokkal történő kormányzás: dilemmák és perspektívák*). A szerző nemzetközi kontextusban vizsgálja a kérdést, elsősorban az OECD és az EU

gyakorlatának (kiemelten oktatási programjainak – INES, PISA EU oktatási indikátorfejlesztés) bemutatásával teszi jól érthetővé, hogy mennyiben jelent újat az ún. adatokkal történő kormányzás, amely szorosan összefügg a tényeken alapuló döntéshozatallal. Ezek a módszerek annak a fordulathoz a megjelenési formái, eszközei, amelynek során a beavatkozó állam (kormányzat) értékelő, reflexív, kommunikatív állammá (kormányzattá) válik, ahol a szakpolitika a tényekkel és adatokkal való szembesítéssel „noszogatja” a szereplőket a kitűzött célok elérése érdekében. A szerző szerint a legnagyobb dilemma az, vajon a szakpolitika, a döntéshozatal „hol vonja meg azon adatok körét, amelyek begyűjtése lehetséges a rendelkezésre álló erőforrások keretei között és az adatszolgáltatók, és közvetlen begyűjtők túlzott terhelése nélkül”.

Ugyancsak nemzetközi megközelítést képvisel Széll Krisztián tanulmánya, amely már kifejezetten az oktatással kapcsolatos adatok kérdésére irányul (*Az adathozzáférés és felhasználás nemzetközi gyakorlatai*). Két olyan ország – Anglia és Svédország – példáját mutatja be, amely egységes adatgyűjtési és felhasználási alapelvekre épülő, több évtizedre visszatekintő adatkultúrával rendelkezik. Bár oktatási rendszerük struktúrája – képzésük eltérő történeti, társadalmi jellemzői következtében – különböző, a szóban forgó téma tekintetében több hasonlóságot mutatnak. Először is szinte minden információ egyéni szinten áll rendelkezésre, ami lehetőséget ad a többcélú felhasználásra a tanügyigazgatástól a költségvetés tervezéséig, a szakpolitikai elemzéstől az oktatáskutatásig. Igen fejlett a tanulók, a tanárok és az iskolák teljesítményének értékelése. Kiemelt szempont a transzparencia és elszámoltathatóság, és sikerült kellő egyensúlyt kialakítaniuk az adatvédelem és az adatfelhasználás között.

A hazai pedagógiai célú adatgyűjtés és kezelés helyzetét a Köznevelési Információs Rendszer gyakorlata alapján mutatja be, elemzi Salomvári György tanulmánya (*Köznevelés az adatok bővületében – az adattermelés forradalma*). Azt a folyamatot írja le, amelynek során az adattömeg látványos növekedése mellett az aggregáltsági szint csökkentése válik egyre fontosabbá. Az egyéni szintű elemi adatok kezelése azonban komoly szabályok követését feltételezi a személyi azonosíthatóság kizárására. A szerző bemutatja, hogy milyen új lehetőségek rejlenek az új típusú adatvagyon felhasználására a pedagógiában, de felhívja a figyelmet arra a veszélyre, amelyet a komplex szemlélet elvesztése jelenthet az alacsony aggregáltsági szintű adatokból való kiindulás során. Adatkapcsolati háló létrehozásában gondolkodik, amely lehetővé teszi a különböző célú adatvagyon-felhasználással kapcsolatos igények kielégítését.

A kötet záró tanulmánya az előzőekhez képest gyökeresen más problémával foglalkozik, miközben az apropó ugyanaz. A nagy tömegben „készülő” adatok felhasználásának lehetősége nemcsak a kormányzatok, a kutatók, esetleg intézmények érdeklődését kelti fel, hanem az üzleti világot is. Bogáromi Eszter és Máth András munkája (*Sokforrású adatbázis-építés – buktatók, nehézségek, megoldási*

kísérletek) esettanulmány, amely leírja azt a munkafolyamatot, amelyet egy sajátos szemléletű településtipológia készítése során jártak be. A megrendelő magyar nagyvállalat termékportfóliójának átrendezésekor realizálta, hogy szüksége lenne a településszerkezet mélyebb megismerésére, hogy marketing erőforrása- it olyan területekre tudja koncentrálni, ahol azok a legnagyobb valószínűséggel hoznak növekvő piaci lehetőségeket. A szerzők a feladatot különböző adatbázisok összekapcsolásával oldották meg. Az olvasót megismertetik az egyes lépéseknél felmerülő problémákkal, a konkrét döntéseknél alkalmazott megfontolásokkal és a munka eredményével, a tipológiával.

A tanulmányok sorát a folyóirat *Valóság* rovatában két interjú szövegének közreadása követi. Kádárné Fülöp Judit az adminisztratív oktatási adatok felé irányuló növekvő figyelem háttéréről és következményeiről beszél. Arról, hogy még nincsenek kiaknázva az abban rejlő lehetőségek, nincs egységes stratégia az oktatási adatvagyon felhasználására, menedzselésére, fejlesztésére, adat-összekapcsolások végzésére. Rudas Tamás a TÁRKI-ban végzett adminisztratív alapú kutatásokról, a TÁRKI adatbank szerepéről, annak módosulásáról számol be. A bizalmatlanságot alapvető akadállynak tartja az adminisztratív adatok szélesebb körű felhasználásában, ami a lakossági óvatosság néha meglepő hiányával együtt van jelen. Felhívja a figyelmet arra az ellentmondásra, hogy az új eljárások kidolgozását általában nem társadalomkutatók, hanem mérnökök és fizikusok végzik, akik viszont kevésbé erősek az eredmények interpretálásában, mindazonáltal az elemzéseket is sokkal inkább ők készítik.

Tanúi, résztvevői vagyunk az „adattudomány” születésének, amely folyamat-hoz jelentős mértékben járul hozzá az *Educatio* folyóirat tematikus száma. Elsősorban azzal, ahogy a sokasodó adatok régi-új típusú keletkezésének jelenségét és felhasználási lehetőségeit a maguk konkrétságában és történetiségében vizsgálja.

(Educatio, 2015. 24. évfolyam 3. szám)

Hrubos Ildikó

professor emerita
Budapesti Corvinus Egyetem

HÁROM MUNKA EGY EVANGÉLIKUS SZELLEMI MŰHELYBŐL

Az Evangélikus Országos Könyvtár (EOK) mintegy százhuszezer kötetes, jelentős részében muzeális állományával a magyar művelődéstörténet igen értékes tárgyi emlékeit őrzi. Egy könyvtári gyűjtemény rangját azonban nemcsak megőrzött és egyre gyarapodó állománya jelzi, hiszen mindez még csak halott anyag lenne, ha az ott működők szellemi és tudományos munkája nem lehelne életet a könyvtár falai közé. Az Evangélikus Országos Könyvtár nem ilyen szunnyadó intézmény, hanem az elmúlt években az intézmény által indított kiadványsorozat láttán jóleső érzéssel nyugtázhatjuk, hogy a könyvtár jól sáfárkodik értékes anyagi és szellemi örökségével. Nemcsak könyvtári szolgálatot lát el (ez sem lenne kevés), de szellemi műhelyként is létezik. Az elmúlt öt-hat év felpezsdülő szellemi életében úttörő része volt a könyvtár halk szavú, nagy tudású és jó szervező vezetőjének, Mányoki Jánosnak, aki előtte nyolc és fél eszendeig az evangélikus egyház történeti-kulturális folyóiratának szerkesztője volt (*Credo. Evangélikus Műhely*). Tulajdonképpen ő a szellemi atyja mindannak a tudományos és publikációs munkának, mely az elmúlt években teljesedett ki. Különösen öröm ezt látni a reformáció születésének ötszázadik évfordulóján, pont annál az egyháznál, amely Luther Márton személyén keresztül a nyugati keresztyénség és kultúra olyan megújulását hozta el, melynek élő hatása mai napig nyomon követhető európai, így magyar kultúránkon is.

Az Evangélikus Országos Könyvtár első évkönyvével még 2012-ben jelentkezett, mely rögtön értékes és színvonalas tanulmányokat mutatott be. Az évkönyv címe, melyet a későbbiekben is megtartott: BIVIO. A választott név a latin *bivium* szóra utal, mely útelágazást, kereszteződést jelent (nem egészen világos, hogy miért nem a latin szót, hanem annak olasz alakját használja az évkönyv). A kissé rejtélyes cím, melynek kifejtését a későbbiekben sem kísérlik meg a szerkesztők, többféle magyarázatra ad lehetőséget. Jőmagam leginkább arra az értelmezésre hajlok, hogy a reformáció elágazása igazi válaszút elé állította és állítja a keresztyén gyökerű európai kultúrát. Viszont az elágazások nem feltétlenül véglegesek, és a szétvált válaszutak idővel ismét összefuthatnak. Vajon nem ezt a reményt tartalmazza a 21. század, hogy a reformáció teremtette kulturális gazdagság és sokszínűség, mely megtermékenyítőleg hatott az egész keresztyén kultúrára, hozzájárulhat a jövőben is a különböző keresztyén utak és szemléletek egymás iránti nyíltabb és jobb megértéséhez?

Az említett első évkönyvben (2012) még természetszerűleg az egyházi témák dominálnak, így az evangélikus egyház és a hozzá kapcsolódó szellemi és tárgyi kultúra, leginkább 19–20. századi témák összefüggésében van jelen. De az

evangélikus vonatkozások mellett rögtön feltűnnek a tágabb keresztyén ökumené kulturális összefüggéseit feszegető tanulmányok, így szó esik az evangélikus-katolikus kapcsolatokról és a keleti egyháznak az ikonokról szóló teológiai felfogásáról is.

Az Evangélikus Országos Könyvtár második évkönyvében (2014) úgy tűnik, hogy az EOK agilis igazgatójának, Mányoki Jánosnak ez alkalommal is sikerült egy színvonalas írógárdát összetoboroznia. E kötetben is, érthető módon fontos helyet foglalnak el a vallási-egyházi vonatkozású írások, de egyre nagyobb számban jelennek meg irodalomtörténeti, művészettörténeti, néprajzi, szociológiai és művelődéstörténeti tárgyú tanulmányok is.

Az előző kötetben Cahit Sıtkı Tarancınak, a 20. század első fele egyik legjelentősebb török lírikusának mindössze tizenkét versfordítása jelent meg Hárs Ernő költői tolmácsolásában. A 2014-es kötetben viszont már két elmélyült tanulmány tűnik fel, mely az iszlám kultúra világába kalauzolja el az olvasót. Szántó Iván tanulmánya segít eloszlatni az alakos ábrázolás muszlim megítélésével kapcsolatos félreértéseket. Szól a képtilalom jellegéről, kiterjedéséről, a képekhez való viszony történeti és terület szerinti változásairól, illetve a képeknek a nem vallási szférában betöltött szerepéről.

Eördögh Balázs a régi török irodalom sajátos műfajáról, a velájetnáméről ír. A műfaj az anatóliai szeldzsuk és az oszmán törökség körében virágzott, s némileg megfelel a középkori Európa legendáriumainak. Középpontjában egy-egy jelentős szúfi szent áll. Vallástörténeti szempontból a velájetnámék azért is jelentősek, mert a sámánizmus hagyománya és a többi világvallás – buddhizmus, keresztyénség – hatása is megfigyelhető bennük, a gyakran felszínes iszlamizálás mellett.

Végül az evangélikus szellemi műhely harmadik kötete egy költőantológia, amely *Három török költő* címen jelent meg 2016-ban. Bár a török kultúra iránti érdeklődés napjainkban jócskán erősödött, egyfelől a tévésorozatok egzotikus múltat feltáró gyakran hamis képe, másfelől a kortárs próza (Orhan Pamuk Nobel-díja) uralják a képet. A közelmúlt, ebben az esetben a 20. század első felének-közepének török lírája, maradandó értékű teljesítményeivel alaposan háttérbe szorult. Így mindenképpen a felfedezés erejével hat a Magyarországon szinte teljesen ismeretlen három legnagyobb 20. századi török lírikus költészetének bemutatása. Az ízléses kivitelű kis kötet Yahya Kemal Beyatlı (1884–1958), Cahit Sıtkı Tarancı (1910–1956) és Orhan Veli Kanık (1914–1950) legjobb verseit közli, Bede Anna és – kisebb részben – Hárs Ernő és Mányoki János avatott, formahűségre törekvő műfordításában. Az európaítól sokszor eltérő vallási és kulturális közeg megértésében Mányoki János alapos tanulmánya és kommentárjai segítenek eligazodni.

A *Bivio*-sorozat eddig megjelent kötetei két szempontból is fölkeltik a figyelmet: egyrészt megmutatják, hogy egy nagyon kicsi szellemi műhely – személyi,

baráti kapcsolatok ügyes felhasználásával is – milyen értékes munkát végezhet, másrészt a tematikus gazdagság és az elfogulatlan megközelítés szándéka teszi rokonszenvéssé a vállalkozást. Az evangélikusság a hazai művelődéstörténetben kiemelkedően fontos szerepet játszott, mára azonban történeti okokból erősen kisebbségi helyzetbe került. Ilyen háttérrel az is érthető volna, ha egy magyar lutheránus sorozat megelégedne saját dicső múltjának bemutatásával, és nem fordítaná tekintetét a vallás és kultúra tágabb, felekezeten túlnyúló világa felé. Ezért tehetnék fel sokan a sztereotípiaként bennünk élő kérdést: a kisebbségi létnek (azaz itt a vallási kisebbségi létnek) szükségszerű velejárója-e bizonyos provincializmus? Az eddigi kötetek egyértelműen csattanós, negatív választ adnak a bennünk motoszkáló kérdésre.

Az ilyen helyi, egyházi könyvtárak köré szerveződő kisebb tudományos műhelyek rendkívül fontosak, mert jelzik, hogy a nagy országos műhelyek mellett ezek is képesek hathatósan hozzájárulni a magyar tudományos élet gazdagításához. Mindezt igen szerény anyagi lehetőségek mellett végzik kitartóan, nagy odaadással, mintegy megmutatva és láthatóvá téve a legfontosabb reformatori alapelveket.

(Mányoki János – Pintér Gábor szerkesztők: BIVIO 2012. Tanulmányok az Evangélikus Országos Könyvtár műhelyéből. Budapest: Evangélikus Országos Könyvtár, é. n., 251 o.; Mányoki János – Pintér Gábor szerkesztők: BIVIO 2014. Tanulmányok az Evangélikus Országos Könyvtár műhelyéből. Budapest: Evangélikus Országos Könyvtár, é. n. 273 o.; Három török költő. Yahya Kemal Beyatlı, Cahit Sıtkı Tarancı és Orhan Veli Kanık versei. Ford.: Bede Anna, Hárs Ernő. Vál., utószó: Mányoki János. Budapest: Evangélikus Országos Könyvtár, 2016, 191 o.)

Vásáry István

az MTA levelező tagja, professor emeritus

ANTISZEMITIZMUS A VISEGRÁDI ORSZÁGOKBAN

A kötet az emberjogi és kisebbségi témákkal foglalkozó, budapesti székhelyű Tom Lantos Intézet kiadványaként jelent meg, a magyar Külgazdasági és Külügyminisztérium támogatásával. Az angol nyelvű kötet célja, hogy a nemzetközi közvéleményt és fórumokat tájékoztassa arról, hogy az antiszemitizmus, különösképpen a tradicionális zsidóellenességtől megkülönböztetett modern, politikai antiszemitizmus milyen mértékben van jelen, milyen funkciókat tölt be, és milyen formái jelennek meg a „visegrádi” országokban: Magyarországon, Lengyelországban, a Cseh Köztársaságban és Szlovákiában. A kötet – a szerkesztők, Barna Ildikó és Félix Anikó által írt bevezetőt követően – egységes struktúrájú, rövid, tárgyilagosságra törekvő tanulmányokban vázolja fel az antiszemitizmus közelmúltját és jelenét a négy országban. Veronika Šternová a Cseh Köztársaságról, Barna Ildikó Magyarországról, Rafael Pankowski Lengyelországról, Grigorij Mesežnikov a Szlovákiáról szóló anyag szerzője. Az országjelentések két fő részt tartalmaznak. Az első részben a háttérrel tájékoztatják fel, bemutatva, milyen szerepet játszott a zsidóság az egyes országok történelmében, politikai, társadalmi, gazdasági és kulturális fejlődésében, hogyan alakult a zsidó és nem zsidó lakosság viszonya, hogyan született meg a modern – politikai – antiszemitizmus és rasszizmus. Szólnak arról, milyen áldozatokkal járt a soá ezekben az országokban, hogyan alakult a maradék zsidóság helyzete, és a hatalomra jutott és 1989-ig hatalmon lévő kommunista pártok különböző időszakokban milyen politikát folytattak a zsidósággal, illetve az antiszemitizmussal kapcsolatban, különös tekintettel az Izraelhez való viszonyra. Ezután beszámolnak az antiszemitizmus jelenlegi elterjedtségére és összetevőire vonatkozó újabb közvélemény-kutatási, szociológiai vizsgálatok néhány eredményéről.

A felmérések tanúsága szerint a zsidóság egyik országban sem számít „első számú közellenségnek”, miközben az antiszemitizmus, ha változó intenzitással is, de mindegyik országban jelen van, és ez nem függ a zsidó lakosság tényleges számarányától (ami Lengyelországban gyakorlatilag a zéróhoz közelít). Ugyanakkor az Anti-Defamation League által mért antiszemitizmus-index, vagyis azoknak a száma, akik igennel válaszoltak az antiszemita sztereotípiákat mérő kérdőív legtöbb kérdésére, meglehetősen magas, 45% volt Lengyelországban, szemben a Cseh Köztársaságban mért 13%-kal, amely viszont a legalacsonyabb Európában. A szlovákoknak csupán 11%-a jelölte meg egy felmérésben, hogy nem szívesen látna zsidó szomszédokat. Ami Magyarországot illeti, a Medián kutatása szerint a lakosság 65%-a mentes az antiszemitizmustól, 12% mérsékelten, 23% pedig erősen antiszemita. Ezek az adatok azonban, mint a szerzők is figyelmeztetnek

rá, nem alkalmasak az összehasonlításra, hiszen az egyes országokban végzett felmérések különböző időpontokban, eltérő mintavételi eljárásokkal, más és más kutatási kérdésfelvetéssel készültek.

A kötet a közvéleménykutatási eredmények mellett bemutatja a jogi környezetet, a közösség elleni izgatásra, a gyűlöletbeszédre, a genocídiumok tagadására és más szélsőséges megnyilvánulásokra vonatkozó hazai és nemzetközi jogi szabályozásokat és törvényes szankciókat. Az előzmények és a kontextus felvázolása után a második fő rész tanulmányai részletesebben ismertetik az egyes országokban napjainkban (2010 és 2016 között) megnyilvánuló antiszemitizmus legfontosabb aktorait, azokat a szélsőséges pártokat, mozgalmakat, csoportosulásokat és személyeket, amelyek és akik cselekvő résztvevői és forrásai az antiszemita diskurzus fenntartásának, politikai felhasználásának és hiszterizálásának. Bemutatják továbbá az antiszemitizmus manifesztációinak színtereit, a legfontosabb médiafelületeket, website-okat, blogokat stb., amelyek révén az antiszemita és más szélsőséges nézetek, cselekvésre való buzdítások eljutnak a szélesebb közönséghez. A két fő részt mindegyik országtanulmányban a konklúziók levonása követi. Az antiszemitizmus aktorainak bemutatásánál magyar vonatkozásban a Jobbik és a hozzá kötődő szélsőséges szervezetek, mozgalmak szerepét emelik ki, s mint hangsúlyozzák, a párt utóbbi években bejelentett fordulata a „néppártosodás” irányában nem orientációjának valódi megváltozását, hanem csupán hatalmi törekvéseinek álcázását jelenti. A visegrádi országokban működő szélsőjobboldali pártok és mozgalmak, így például Lengyelországban a Kukiz’15 mozgalom, Csehországban a Nemzeti Demokrata Párt (ND), Szlovákiában a „Mi Szlovákiánk” Néppárt (LSNS), illetve publikus megjelenésük vizsgálatánál a kötet szerzőinek fő kérdése az, hogy retorikájukban és ideológiájukban hogyan jelenik meg a modern antiszemitizmuson belül az „új antiszemitizmus”, vagyis az anticionizmus és az Izrael-ellenesség.

Elméleti szempontból ugyanis a kötet szerzői a modern antiszemitizmusnak három alaptípusát különböztetik meg: a *másodlagos*, a *konspirációs* és az *új antiszemitizmust*. A másodlagos antiszemitizmuson a soá tagadását, relativizálását vagy trivializálását, „konspirációs antiszemitizmuson a „zsidó összeesküvéssel” kapcsolatos sztereotípiákat és hiedelmeket, új antiszemitizmuson pedig az Izrael-ellenesség különféle megnyilatkozásait érhetjük. Annak eldöntésére, hogy az általában Izraelre vagy az állam bel- és külpolitikájára, a közel-keleti konfliktusokban játszott szerepére vonatkozó kritikus állítások közül mennyiben tekinthetők valóban antiszemitizmusnak, a szerzők az egykori szovjet polgárjogi harcos és mai izraeli politikus, Nathan *Saranszkij* (Sharanky) által javasolt „3D-tesztet” alkalmazzák. Eszerint az Izraellel kapcsolatos negatív vélemények akkor számítanak antiszemitának, ha tartalmazzák a *démonizációt*, vagyis Izraelnek valamifajta „eredendő gonoszként” való feltüntetését; a „kettős mércét” (*double standard*), amikor Izrael bírálatát egyoldalúan, szelektíven gyakorolják; és a *deli-*

gitimálást, Izrael állam létjogosultságának kétségbevonását. Az antiszemitizmusnak ezek a típusai, mint erre a szerzők is rámutatnak, a valóságban aligha választhatók el ilyen élesen, hiszen az „újnak” nevezett antiszemitizmus gyakran csak új kifejezési formát ad a „réginek”, hagyományos zsidógyűlöletnek, a régóta virágzó összeesküvés-elméleteknek vagy éppen a soá tagadásának. Másfelől, a mai Izrael politikájának radikális kritikája sem feltétlenül jár együtt a soá tagadásával, illetve relativizálásával vagy a világméretű zsidó összeesküvésben való hittel. Az „újnak” nevezett antiszemitizmus, mint a kötet szerzői utalnak rá, napjainkban erőteljesen megjelenik egyes nyugat-európai és amerikai baloldali csoportok, palesztinbarát polgárjogi mozgalmak ideológiájában, anticionista, Izrael-ellenes retorikájában. Más kérdés, hogy ez aligha terjeszthető ki a nyugati baloldal egészére, hiszen az izraeli–palesztin konfliktus megítélésében a baloldal, beleértve az izraeli baloldalt is, nagyon is megosztott.

Az országjelentésekből kiderül, hogy a négy vizsgált országban egyelőre kevésbé, elszigetelten mutatkozik meg ez a „nyugati” új típusú, főként a baloldalnak tulajdonított antiszemitizmus. Ebben nyilván közrejátszik az is, hogy a kelet- és közép-európai országokban még erősen él a kommunizmus emléke, a kommunista pártok pedig többnyire anticionista és Izrael-ellenes álláspontot foglaltak el. Kisebbségi, marginális csoportoktól eltekintve nincs tere e régióban az olyan mozgalmaknak, mint a „Boycott, Divestment and Sanctions” (BDS), amely Izrael kulturális, akadémiai és gazdasági bojkottját hirdeti. A „visegrádi” országokban az antiszemitizmus legfontosabb aktorai továbbra is a szélsőjobboldali pártok, amelyek főként a „másodlagos” és a „konspiratív” zsidóellenesség jellemző jegyet viselik magukon. Ugyanakkor e pártok többségénél a modern antiszemitizmusnak mindhárom típusa is megjelenik. Vagyis, a Saranszkij-féle „3D”-régiókban szélsőjobboldali ideológiákhoz és akciókhoz kapcsolódik (például az izraeli zászló elégetése vagy jobbkios képviselők nyilatkozatai a magyar parlament tagjai között lévő állítólagos izraeli állampolgárokról mint „nemzetbiztonsági kockázatról”, hasonló megjegyzések a lengyel parlamentben stb.). A 2015-ös „menekültválság” és annak következményei azonban módosították a képet, elsősorban, de nem kizárólag, Magyarországon. A menekültek megjelenése és az ellenük folytatott politikai és ideológiai gyűlöletkampány, a xenofób populizmus állami politikája következtében előtérbe került az *iszlamofóbia*, amely a rasszista (antiszemita és cigányellenes) előítéletek indulatait, legalábbis időlegesen, a „migránsokra” és menekültekre helyezte át. (Lásd erről Slavoj Žižek 2016-os könyvét: *Against the Double Blackmail. Refugees, Terror and Other Troubles with Neighbours.*) Ugyanakkor a konspirációs antiszemitizmusnak is új formája jelent meg, amely a világméretű migráció és menekülthullám mögött „zsidó összeesküvést” sejt, és amelynek szimbolikus megtestesítője, Magyarországon éppúgy, mint a többi „visegrádi” országban, Soros György. Miközben a magyar kormány „zéró toleranciát” hirdet az antiszemitizmus ellen, a Soros elleni kampányok és „konzultációk”

kódolt antiszemitizmusát saját politikai céljaira használja fel. Az antiszemitizmus eme kódolt, de egyértelmű formájában már nem korlátozódik a szélsőjobboldalra, hanem – főként Magyarországon és Lengyelországban – a kormánypártok ideológiai és retorikai fegyvertárában is megjelenik: ez lehetne a modern antiszemitizmus „negyedik típusa”, amelyet hozzátehetünk a kötet szerzői által vizsgált három típushoz. A Tom Lantos Intézet kiadványában közölt országjelentések 2016-tal lezárulnak, és nem foglalkoznak a legújabb fejleményekkel. Látteleként azonban mindenképpen érdekesek az antiszemitizmus és más előítéletek mélyebb történelmi és szociálpszichológiai megértéséhez is.

(Ildikó Barna and Anikó Félix editors: Antisemitism in the Visegrád Countries. Budapest: Tom Lantos Institute, 2017, 130 o.)

Erős Ferenc
szociálpszichológus

Kitekintés

GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

KEMOTERÁPIÁVAL ENYHÍTHETŐK AZ AUTISTA ÁLLATOK TÜNETEI

Az autizmust érintő szociális deficiteket, viselkedéses tüneteket állatokban enyhíteni lehet egy daganatellenes szerrel.

A University at Buffalo kutatói a romidepsin nevű gyógyszert nagyon alacsony dózisban mindössze három napig adták az egereknek, amelyek mind viselkedésükben, mind szociális képességeikben három héten át tartó jelentős javulást mutattak. Ez hosszú távú hatásnak számít, ember esetében több évnek.

A kísérleti egereknek azért voltak autisztikus tüneteik, mert hibás volt bennük az idegsejtek kommunikációjában fontos Shank-3 gén. A kutatók szerint a kemoterápiás szer olyan epigenetikus változásokat hozott létre a Shank-3 és bizonyos hozzá kapcsolódó gének működésében, melyek eredményeként a hibás funkciók megjavultak. (Az epigenetikus változás lényege, hogy az örökletes anyag betűinek sorrendje ugyan az érintett génekben nem változik meg, működése viszont – egyéb kémiai módosítások eredményeként – igen.)

A kutatásokat vezető Zhen Yan és munkatársai szerint van rá esély, hogy ezzel az „epigenetikus gondolkodásmóddal” az autista embereken is lehet majd segíteni. Nagy szükség lenne ilyen szerekre, hiszen a pszichiátriai betegségek kezelésére használt gyógyszerekkel még az autizmus szorongásos vagy kényszeres tüneteinek javításában sem igen érnek el eredményeket.

Qin, L. – Ma, K. – Wang, Z.-J. et al.: Social Deficits in Shank3-deficient Mouse Models of Autism Are Rescued by Histone Deacetylase (HDAC) Inhibition. *Nature Neuroscience*, 2018. DOI: 10.1038/s41593-018-0110-8

AZ ALKOHOL VALÓBAN ELBUTÍT

A rendszeres alkoholizálás a demenciák, elsősorban a korai demenciák kialakulásának legfontosabb kockázati tényezői közé tartozik.

Francia és kanadai kutatók azoknak a pácienseknek az adatait elemezték, akik 2008 és 2013 között Franciaországban kórházba kerültek. Ez alatt az öt év alatt 57 ezer korai – 65 évnél fiatalabb korban jelentkező – demenciát diagnosztizáltak. Ezeknek a szellemi leépülésben szenvedőknek az 57 százaléka az Egészségügyi

Világszervezet által definiált kritériumok szerint krónikus alkoholista volt. A kutatók következtetése, hogy az elbutulás szempontjából a túlzott ivás lényegesebb rizikófaktor, mint a mostanáig legfontosabbnak tartott dohányzás, depresszió vagy magas vérnyomás.

Michaël Schwarzinger és munkatársai szerint eredményeik arra figyelmeztetnek, hogy az alkoholfüggőséggel kapcsolatos problémákat mind a megelőzés, mind a kezelés szempontjából komolyabban kell venni.

Schwarzinger, M. – Pollock, B. G. – Hasan, O. S. M. et al.: Contribution of Alcohol Use Disorders to the Burden of Dementia in France 2008–13: A Nationwide Retrospective Cohort Study. *The Lancet Public Health*, 2018. DOI: 10.1016/S2468-2667(18)30022-7, [http://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667\(18\)30022-7/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667(18)30022-7/fulltext)

BELÜLRŐL TÁMADÓ ELLENSÉG

A Yale Egyetem kutatói egy baktériumot gyanúsítanak bizonyos autoimmun folyamatok elindításáért, egyes autoimmun betegségek – szisztémás lupusz eritematózus, máj autoimmun betegsége – kialakulásáért. Az autoimmun kórképek lényege, hogy az immunrendszer a saját szervezet bizonyos sejtjeit idegennek tekinti, és támadást intéz ellenük, pusztítja őket.

Martin Kriegel és munkatársai felfedezték, hogy az egerek és az emberek vékonybelében egyaránt megtalálható *Enterococcus gallinarum* képes elvándorolni a vékonybélből, és más helyeken, szervekben – nyirokcsomók, máj, lép – megtelepedni. Egérmodellekben kimutatták, hogy a baktérium az autoimmun folyamatokra jellemző reakciókat indít el: gyulladáson alapuló reakciókat és ún. auto-antitestek termelését. Hasonló jelenségeket találtak egészséges emberekből származó májsejtekben, valamint autoimmun betegségben szenvedő páciensek májában is kimutatták a baktériumot.

Kísérleteik további részében a kutatók egerekben képesek voltak antibiotikummal, illetve az adott baktérium elleni oltóanyaggal a kórokozó szaporodását gátolni, és az autoimmun folyamatokat visszaszorítani. Az eredmények a szisztémás lupusz és autoimmun májbetegség esetén tűnnek ígéretesnek.

Vieira, S. Manfredo – Hiltensperger, M. – Kumar, V. et al.: Translocation of a Gut Pathobiont Drives Autoimmunity in Mice And Humans. *Science*, 2018. 359, 6380, 1156–1161. DOI: 10.1126/science.aar7201

SZÉN-DIOXID-AKTIVÁLÁS – LÉZERREL

Egy olyan kémiai technológia, amely nyersanyagként a Föld légkörében felszaporodó üvegházhatású szén-dioxidot használja, és valamilyen energiahordozót vagy vegyipari alapanyagot állít elő, régi vágya a kutatóknak. Jelentősége felbecsülhetetlen lenne. A probléma az, hogy amit a növények tudnak, azt laboratóriumban vagy főként üzemben, gyakorlatban is alkalmazható hatékonysággal nem sikerült reprodukálni. Ennek egyik fő oka, hogy a szén-dioxid nagyon stabil molekula, nehéz reakcióra bírni.

A Bonni Egyetem munkatársainak most megjelent eredményei figyelemre méltóak, mert kicsit közelebb vihetnek egy ilyen technológia megvalósításához. A kutatók lézerpulzusokkal gerjesztették a szén-dioxid egy vaskomplexét, és egy eddig ismeretlen, nagyon reaktív szén-dioxid-gyök-aniont kaptak, amely építőelemként felhasználható értékes szerves molekulák – például metanol, karbamid, szalicilsav – szintézisében.

Vöhringer, P. – Straub, S. – Brünker, P. – Lindner, J.: An Iron Complex with a Bent, O-Coordinated CO₂-Ligand Discovered by Femtosecond Mid-Infrared Spectroscopy. *Angewandte Chemie International Edition*. Accepted manuscript online: 6 March 2018. DOI: 10.1002/anie.201800672

HÁZI HÁZIEGÉR

Az ember a saját hasznára jó néhány vadállatot szelídített meg, illetve háziasított. A háziasítás eredményeként ezek az állatok annyira megváltoztak, hogy néha már alig emlékeztetnek vadon élő rokonaikra. Az emberi szelekciónak az a törekvése, hogy továbbtenyésztésre a szelídebb, kezelhetőbb egyedeket válasszák ki, önmagában elegendő a külső megjelenés megváltozásához. A Zürichi Egyetem kutatói most bemutatták, hogy az emberekkel közvetlen kapcsolatba került egérpopuláció külső megjelenése néhány generáció alatt szándékos szelekció nélkül is megváltozik.

A háziegér (*Mus musculus domesticus*), noha az ember közelében él, a laboratóriumi kísérleti egereket leszámítva, nemigen vált az ember hasznára, és nem mondhatjuk, hogy külső és belső tulajdonságaik aszerint alakultak, ahogy az embernek hasznosabb volt.

Egy elhagyott svájci magtárban tizenhat évvel ezelőtt „szabadon” engedtek tizenkét befogott „vad” háziegeret, és azóta nyomon követik a kolónia életét. A létszám a természetes szaporodás eredményeként jelenleg 250 és 430 között van. Körülbelül húsz egérgeneráció nőtt fel azóta, és a kutatók intenzív jelenléte miatt (folyamatosan vizsgálják, és nem mellesleg etetik az állatokat) az egerek bar-

na bundáján a szelídített állatokra jellemző fehér pöttyök, foltok jelentek meg. Ugyanakkor a koponya térfogata, szintén a szelídített állatokra jellemző módon, folyamatosan csökkent.

Geiger, M. – Sánchez-Villagra, M. R. – Lindholm, A. K.: A Longitudinal Study of Phenotypic Changes in Early Domestication of House Mice. *Royal Society Open Science*, Published online 7 March 2018. DOI: 10.1098/rsos.172099, <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/5/3/172099>

MEMÓRIAGYAKORLAT IDŐSEKNEK

Az elfelejtett nevek néha csak bosszantóak, máskor kellemetlen, sőt kínos helyzeteket is teremthetnek. A memória életkorral való változását vizsgáló kanadai kutatók olyan módszert ajánlanak, amellyel a megkopott memória kicsit fényesíthető. A javasolt technika egy olyan kísérleti eredményen alapul, amely szerint a memória romlásában fontos szerepe van annak, hogy a megjegyezni kívánt információval egy időben érkező zavaró jelek, „zajok” idős korban sokkal jobban elterelik a figyelmet, és így kevésbé hatékony a lényeg „elmentése”.

A most megjelent cikk szerzői szerint a figyelem ilyen szóródását is fel lehetne használni az idős elmék javítására. Ötletük szerint az öregek eredményesebben memorizálhatnának dolgokat, ha a „zajba” is használható információt kevernének. Az elképzelés igazolására memóriavizsgálatokat végeztek két korcsoportban: 17–23 évesek, illetve 60–86 évesek körében.

A résztvevőknek huszonnégy arcot és az arcokhoz tartozó nevet kellett megjegyezniük, majd memóriateszttel két alkalommal is ellenőrizték, hogy mindez hogyan sikerült. A két ellenőrzés között – egy látszólag az előzőtől független kísérlet során – olyan arcképeket mutattak, ahol a homlokokon szöveg volt. A feladat azonban úgy szólt, hogy a felirattal nem kell törődni, csak nyomjanak meg egy gombot, ha olyan képet látnak, ami ebben a sorozatban már korábban szerepelt. Ezek közé azonban belekeverték néhányat az első feladat képeiből is. A trükk a fiatalok teljesítményére nem volt hatással, az idős csoport azonban a második memóriateszten jobban teljesített. A kutatók szerint a magyarázat az, hogy a két teszt közé iktatott elterelő feladat szempontjából teljesen irreleváns, haszontalan információkat a fiatalok kiszűrték, míg az idősek feldolgozták.

Biss, R. K. – Rowe, G. – Weeks, J. C. et al.: Leveraging Older Adults' Susceptibility to Distraction to Improve Memory for Face-name Associations. *Psychology and Aging*, 33, 1, Feb 2018, 158–164. DOI: 10.1037/pag0000192, https://www.researchgate.net/publication/323502796_Leveraging_older_adults'_susceptibility_to_distraction_to_improve_memory_for_face-name_associations