



MAGYAR TUDOMÁNY

- Király Ildikó és munkatársai:
Kis tudósok megfigyelése – Körkép a hazai csecsemő kutatás területéről
- Solti László:
Génmódosított élőlények gyakorlati hasznosítása
- Takó Ferenc:
Weber és az „ügy”



MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

A folyóirat a magyar tudomány minden területéről közöl tanulmányokat, egyes témákat kiemelten kezelve. A folyóirat célja összképet adni a tudományos élet eredményeiről, eseményeiről, a kutatás fő irányairól és a közérdeklődésre számot tartó témákról közérthető formában. Alapítási éve 1840.

Szerkesztőség

Magyar Tudomány
Magyar Tudományos Akadémia
Telefon/fax: (06 1) 459 1471
1051 Budapest, Nádor utca 7.
E-mail: matud.szerkesztoseg@gmail.com

Az egyes tanulmányokban kifejtett nézetek
nem feltétlenül tükrözik a szerkesztők álláspontját.

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:
Akadémiai Kiadó, 1519 Budapest, Pf. 245
Telefon: (06 1) 464 8240
E-mail: journals@akademiai.com
Előfizetési díj egy évre: 13 452 Ft

Hirdetések felvétele: hirdetes@akademiai.hu
© Akadémiai Kiadó, Budapest, 2024
Printed in Hungary
MaTud 185 (2024) 11

MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

BOLLOBÁS ENIKŐ

Szerkesztőbizottság

BAZSA GYÖRGY, BORHY LÁSZLÓ, BOZÓ LÁSZLÓ, CSABA LÁSZLÓ
HAMZA GÁBOR, KECSKEMÉTI GÁBOR, KENESEI ISTVÁN, MOLNÁR ANTAL
PÉCELI GÁBOR, PLÉH CSABA, RÓNYAI LAJOS, SARKADI BALÁZS
SIMON FERENC, SOLTI LÁSZLÓ, SPÁT ANDRÁS

Vezető szerkesztő

GEIGER ILDIKÓ

Felelős szerkesztő

SZABÓ ÉVA ESZTER

Szaklektorok

HEGYI PÁL, SZABADOS LÁSZLÓ, TERNÁK GÁBOR

Könyvszemle

SIPOS JÚLIA

Olvasószerkesztők

MAJOROS KLÁRA
NÉMETH ZSÓFIA



AKADÉMIAI KIADÓ

MTA MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA

Megjelenik
a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával

HU ISSN 0025 0325

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Zrt. igazgatója

Felelős szerkesztő: Kovács Natália

Olvasószerkesztő: Kutas Éva

Korrektúra: Török Tünde

Termékmenedzser: Egri Róbert

Fedélterv: az xfer grafikai műhely sorozattervének felhasználásával Berkes Tamás készítette

Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás



Készült a Gyomai Kner Nyomda Zrt.-ben 2024-ben.

Felelős vezető: Csöndes Zoltán vezérigazgató

www.gyomaikner.hu

Megjelent 11,44 (A/5) ív terjedelemben

Tartalom

Tematikus összeállítás

Kis tudósok megfigyelése – Körkép a hazai csecsemő kutatás területéről

VENDÉGSZERKESZTŐ: Király Ildikó

Király Ildikó

BEVEZETŐ

1383

Kelemen Alexandra, Schvajda Réka, Zsoldos Rebeka, András Krisztina

REJTÉLYES LAKÓTÁRSAINK, AVAGY HOGYAN FEJTHETJÜK MEG A (MÉG NEM BESZÉLŐ) GYERMEKEK GONDOLKODÁSÁT?

1386

Tauzin Tibor

KOMMUNIKATÍV TUDATELMÉLET CSECSEMŐKNÉL

1397

Winkler István, Háden Gábor Péter, Tóth Brigitta

A STATISZTIKAI TANULÁS HATÁRAI ÚJSZÜLÖTT CSECSEMŐKNÉL

1407

Kispál Anna, Kovács Ágnes Melinda, Téglás Ernő

LOGIKAI FEJTÖRŐK CSECSEMŐKNEK: KUTATÁSOK A DEDUKTÍV KÖVETKEZTETÉSEINK EREDETÉRŐL

1420

Tanulmányok

Solti László

GÉN MÓDOSÍTOTT ÉLŐLÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA

1435

Takó Ferenc

WEBER ÉS AZ „ÜGY”

1448

Csendes Tibor, Berend Gábor, Németh T. Enikő

EGÉSZSÉGÜGYI ÁLHÍRKERESŐ ELJÁRÁSOK INFORMATIKAI MEGOLDÁSAI

1457

Hargittai István

EGY KIS KÖNYV NAGY KARRIERJE – 80 ÉVE JELENT MEG ERWIN SCHRÖDINGER *WHAT IS LIFE?* CÍMŰ KÖNYVE

1465

Vicsek Mária, Vicsek Tamás

NÉHÁNY SZEMÉLYES HANGVÉTELŰ EMLÉKÜNK BENOÏT MANDELROT RÓL ÉS A FRAKTÁLOKRÓL

1476

Tudósportré

Szendrő Zsolt

DARÁNYI IGNÁC, A LEGSIKERESEBB FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTER 1485

Könyvszemle

M. MADARÁSZ ANITA:

KULTURÁLIS CSATATÉR. BRIT–MAGYAR DIPLOMÁCIA, 1945–1970 –

Andreides Gábor

1489

BÖCSKEI BALÁZS, FEKETE MARIANN, NAGY ÁDÁM, SZABÓ ANDREA:

A MASZKON TÚL – Kovács László

1493

ATTILA PALÁDI-KOVÁCS:

STUDIES IN HUNGARIAN ETHNOGRAPHY FOR A EUROPEAN ETHNOLOGY

(Magyar néprajzi tanulmányok az európai etnológia számára) –

Nagné Batári Zsuzsanna

1496

BÁRDOS DÁNIEL, TUBOLY ÁDÁM TAMÁS SZERKESZTŐK:

EMBERARCÚ TUDOMÁNY. ÁLTUDOMÁNYOK

ÉS ÖSSZEESKÜVÉS-ELMÉLETEK SZORÍTÁSÁBAN – Ropolyi László

1500

ZSOLT CZIGÁNYIK:

UTOPIA BETWEEN EAST AND WEST IN HUNGARIAN LITERATURE

(Saját utópiáink nyomában) – Tóth Miklós Bálint

1503

JIM HOLT:

AMIKOR EINSTEIN GÖDELLEL SÉTÁLT. KIRÁNDULÁS AZ ÉRTELEM

PEREMÉN – Lángi Zsolt

1506

Tematikus összeállítás

KIS TUDÓSOK MEGFIGYELÉSE – KÖRKÉP A HAZAI CSECSEMŐKUTATÁS TERÜLETÉRŐL

OBSERVING THE LITTLE SCIENTISTS: A SNAPSHOT OF INFANCY RESEARCH IN HUNGARY

VENDÉGSZERKESZTŐ: KIRÁLY ILDIKÓ

BEVEZETŐ

INTRODUCTION

Király Ildikó

az MTA doktora, egyetemi tanár
MTA–ELTE Lendület Társas Elmék Kutatócsoport, Budapest
kiraly.ildiko@ppk.elte.hu

Mindenki számára izgalmas kihívás, amikor egy kis jövevény érkezik, akár a közvetlen családjába, akár a tágabb ismeretségi körébe. Az első pillanattól fogva foglalkoztat bennünket, hogyan forduljunk hozzájuk, milyen elvárásaink lehetnek feléjük. Ahogy követjük a fejlődésüket, még inkább megfogalmazódik bennünk a kérdés, mit is tudhatnak ők a mi világunkról.

Az emberi elme megismerő rendszere mindig is a klasszikus filozófia alapvetéseitől kezdve a tudományos megközelítések központi kérdése volt. Ugyanakkor e rendszer bámulatatos kibontakozása, a megismerés fejlődése a pszichológia megalapozásával vált kutatási területté. A pszichológia sajátos tudomány, hiszen naiv változatát mindenki gyakorolja. Ezért különösen fontos, hogy előrehaladásáról, új eredményeiről a szélesebb közönség is tudomást szerezzen. A fejlődés menetének, variabilitásának, tipikustól való eltérésének leírása önmagában hozzájárul az emberi viselkedés megértéséhez, ám éppen a naiv ismeretek és a tudományos ismeretek kölcsönhatásából született meg az az igény, hogy maga a fejlődés mozgatórugói, alapvető mechanizmusainak megértése váljon a kutatás és elméletal-

kotás tárgyává a célból, hogy a már kibontakozott megismerő rendszer építőköveit, elemeit közelebbről láthassuk. A fejlődés útjának megértése ablakot nyithat az emberi nemre specifikus képességek azonosítására, leírására. Így jobban beláthatjuk magát a viselkedésszervezés egészét (Piaget, 1962; Karmiloff-Smith, 1995; Pléh, 2010).

A megismerés fejlődésének egyik visszatérő kérdése: mi az a tudás, képesség, amely a biológiai örökségünk része, s mi pedig az, ami a környezet támogató jelenlétének és az ennek hatására gyűlő egyéni tapasztalatnak a hozadéka. E mély vita kapcsán ma már elfogadott, hogy az ismeretek mindkét forrása szükséges a tudás kiépítéséhez. Ez azt jelenti, hogy a tanulást előnyben részesítő nézetek is elismerik, hogy feltételezni szükséges velünk született elemi tanulórendszereket, melyek elsősorban a környezetben előforduló információ hatékony kiválasztására, szűrésére szolgálnak. A nyitott kérdés a jelenleg uralkodó, a megismerés fejlődésére vonatkozó modellekben az, hogy mennyire gazdag, tartalmakkal felszerelt vagy sem az előfeszített megismerő rendszer (Karmiloff-Smith, 1995; Spelke, 2000; Carey, 2011).

A kurrens fejlődépszichológiai kutatások célja, hogy a legutóbbi évtizedek modern módszertani vívmányai segítségével finomítsa, újraértelmezze és közérthetően bemutassa, milyen területeken feltételezhetünk már alapvető ismereteket és különleges tanulási mechanizmusokat a legkisebbeknél. Ebben a tematikus gyűjteményben a terület hazai, nemzetközileg elismert kutatóműhelyei nyújtanak összefoglalót az általuk végzett kísérleti munkákról, melyek a megismerés különböző alapterületein mutatják be, hogy milyen információkat gyűjt a fejlődő, felfedező gyermek.

Az első tanulmány – Kelemen Alexandra és szerzőtársai munkája – áttekintést nyújt az elmúlt évtizedek módszertani fejlődéséről és az eszköztárról, amely lehetővé teszi a még nem beszélő gyermekek gondolkodási, következtetési rendszerének vizsgálatát. A második tanulmányban Tauzin Tibor a legkisebbek társas világban való eligazodását s ennek megismerési feltételeit mutatja be. A harmadik tanulmány – Winkler István és szerzőtársai írása – összefoglalja, milyen tanulási mechanizmus segíti a bonyolult nyelvi képesség gyors és hatékony elsajátítását. Végül a negyedik tanulmányban Kispál Anna és szerzőtársai feltárják, hogy már a legkisebbek is csiszolt logikai következtetésekre képesek. A tanulmányok együttesen jól illusztrálják, hogy különleges tanulási és következtetési módok segítik a gazdag környezetből származó releváns információ azonosítását, és támogatják a gyűjtött információ alapján következtetések levonását, már a legkorábbi időszaktól kezdődően.

IRODALOM

- Carey, Susan (2011): The Origin of Concepts: A Precis. *Behavioral and Brain Sciences*, 34, 3, 113–124.; discussion 124–162. DOI: 10.1017/S0140525X10000919, https://www.researchgate.net/publication/51222060_Precis_of_The_Origin_of_Concepts
- Karmiloff-Smith, Anett (1995): *Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science*. The MIT Press
- Piaget, Jean (1962): *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. London: Routledge & Kegan Paul
- Pléh Csaba (2010): *A lélektan története. (Osiris tankönyvek)* Budapest: Osiris Kiadó. https://www.researchgate.net/publication/313656494_A_lelektan_tortenete_Bp_Osiris_2010
- Spelke, Elisabeth (2000): Core Knowledge. *American Psychologist*, 55, 11, 1233–1243. DOI: 10.1037/0003-066X.55.11.1233

REJTÉLYES LAKÓTÁRSAINK, AVAGY HOGYAN FEJTHETJÜK MEG A (MÉG NEM BESZÉLŐ) GYERMEKEK GONDOLKODÁSÁT?

OUR MYSTERIOUS HOUSEMATES, OR HOW TO DECIPHER WHAT (PREVERBAL) CHILDREN ARE THINKING?

Kelemen Alexandra¹, Schvajda Réka², Zsoldos Rebeka³, András Krisztina⁴

¹PhD-hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Doktori Iskola, Budapest
kelemen.alexandra@ppk.elte.hu

²PhD-hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Doktori Iskola, Budapest
reka.schvajda@ppk.elte.hu

³PhD-hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Doktori Iskola, Budapest
zsoldos.rebeka@ppk.elte.hu

⁴tudományos segédmunkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
andراس.krisztina@ppk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A gyermeki gondolkodás mibenléte régóta foglalkoztatja az embereket, ám a fejlődés vizsgálata csak az utóbbi évtizedekben került a pszichológiai kutatások homlokterébe. A fiatal gyermekek életkori sajátosságaihoz igazított kísérleti módszerek kidolgozása kihívást jelent, ám ezek alkalmazása árnyalt és pontos képet nyújthat a különböző megismerési folyamatok fejlődéséről. Ezekben a módszerekben közös, hogy nem igényelnek szóbeli válaszadást a gyermekek részéről, lehetőséget teremtve arra, hogy jobban megértsük a gondolkodás korai fejlődését. Elsőként a hétköznapiakban is megfigyelhető viselkedésekre építő vizsgálatokat mutatunk be. Ezt követően felvázolunk olyan, nézési viselkedéshez kapcsolódó kísérleti elrendezéseket, amelyek ennek különböző aspektusainak mérésére építve segítenek feltárni a gyermekek fejlődését. Végül olyan módszereket mutatunk be, amelyek az agyi aktivitás rögzítésén keresztül nyújtanak betekintést a gyermekek gondolkodási folyamataiba. Az eszközök alkalmazhatóságát friss kutatási eredmények tanulságaival szemléltetjük, fókuszba helyezve a tudatelméleti képesség fejlődését.

ABSTRACT

The nature of cognition in early childhood has long been a topic of interest, but the study of its development has only come to the forefront of psychological research in recent decades. The development of experimental methods adapted to the age-specific characteristics of young children is challenging, but their use can provide a nuanced and accurate picture of the development of different cognitive processes. A common feature of these methods is that they do not require verbal responses from the children, thus providing an opportunity to better understand the early development of human cognition. First, we review studies based on

behaviours that can be observed in everyday life. We will then outline experimental designs related to gaze behaviour that build on measures of different aspects of this behaviour to help reveal children's development. Finally, we present methods that provide insights into children's thinking processes by recording brain activity. The applicability of these tools will be illustrated with lessons from recent research, focusing on the development of cognitive skills.

Kulcsszavak: csecsemő- és kisgyermekkor, kísérleti módszerek, kogníció

Keywords: infancy and early childhood, experimental methods, cognition

BEVEZETÉS

Sok kérdés övezi a kora gyermekkori időszakot, ezek közül kiemelkedik az, vajon miként fejthető meg, mire gondolnak a gyermekek, mielőtt még szavak segítségével ki tudnák fejezni magukat. A fejlődéskutatás egyik célkitűzése, hogy minél fiatalabb korban leírhatóvá és megérthetővé tegye az emberi viselkedést, ugyanakkor a gyakran alkalmazott kutatási módszerek sokáig szóbeli választást igényeltek a gyermekek részéről, amelyek eredményei így alulbecsülhették a képességeiket. Ugyanis az ilyen jellegű feladatok helyes megválaszolása általában nemcsak a vizsgált képesség meglétét, hanem egyéb készségek – például nyelvi vagy végrehajtó funkciók – alkalmazását is igényelhetik, melyek lassabb kialakulása elfedheti más, korai megismerési folyamatok fejlődését. A továbbiakban elsőként a tudatelméleti képesség kapcsán szemléltetjük a korábban alkalmazott mérőeszközök korlátait. Ezt követően, a teljesség igénye nélkül, bemutatunk a kognitív pszichológiában gyakran alkalmazott csecsemő- és gyermekvizsgálati módszereket, és ezekhez kapcsolódóan friss kutatásokból vett példákon keresztül szemléltetjük, hogy az egyes módszerek használata miként járulhat hozzá a gyermeki fejlődéssel kapcsolatos tudáshoz.

A sikeres társas együttműködés egyik alapja, hogy képesek vagyunk másoknak mentális állapotokat tulajdonítani; ezt a pszichológiában tudatelméleti képességnek nevezzük. Ennek klasszikus szóbeli mérőeszköze az ún. *váratlan áthelyezési paradigma* egyik verziója, mely során a résztvevők egy történetet hallanak, amelyben a főszereplő egy kosárba elrejt egy üveggolyót, majd távollétében egy másik szereplő átrakja azt egy másik helyre. A gyermek feladata az, hogy a főszereplő visszatérésekor megválaszolja azt a kérdést, hogy ő hol fogja keresni az üveggolyót (Wimmer–Perner, 1983). A gyermekek általában négy-öt éves korban tudják helyesen azt válaszolni, hogy a főszereplő az időközben tévessé váló vélekedése alapján az eredeti helyén fogja keresni az üveggolyót. Ez alapján úgy tűnhet, a fiatalabb gyermekek nem rendelkeznek azon képességekkel, amelyek az ilyen típusú kérdések megválaszolásához szükségesek.

A vélemények megoszlanak arról, hogy mi áll e sikertelenség hátterében (bővebben lásd Tauzin Tibor cikkét a jelen összeállításban). Vajon a tudatelméleti képesség gyökerei már korán megjelennek a fejlődés során, ám egyéb képességek lassú fejlődése elfedi ezeket, így nem tükröződik a gyermekek viselkedésében? Például ahhoz, hogy a gyermekek helyesen megválaszolják a főszereplő vélekedésével kapcsolatos kérdést, pontosan kell értelmezniük azt, meg kell fogalmazniuk saját válaszukat, valamint félre kell tudniuk tenni azt, hogy a tárgy aktuális helye alapján válaszoljanak. A feladat ezen aspektusai a főszereplő vélekedésének megfelelő követése mellett más képességeket is igényelnek (például végrehajtott funkciók működését). Ugyanakkor az is lehetséges, hogy a fiatalabb gyermekek esetén valóban a tudatelméleti képesség fejlődésének hiánya vagy kialakulásának fokozatos volta okozza a helytelen válaszadást. Ez alapján láthatóvá válik, hogy milyen fontos olyan mérőeszközöket kialakítani és alkalmazni, amelyek célzottan mérik egyes képességek meglétét vagy hiányát, valamint illeszkednek az adott életkorú gyermekek viselkedésrepertoárjához.

A GYERMEKI VISELKEDÉS SOKSZÍNŰSÉGE – MUTATÁS, MANUÁLIS KERESÉS, UTÁNZÁS ÉS TILTAKOZÁS

A megismerési folyamatok vizsgálhatók egyszerű, mindennapos viselkedésekre épülő feladatokkal. Ezekben a helyzetekben a gyermekek általában egy vagy több kísérletvezetővel lépnek kapcsolatba, és az interakció során megjelenő viselkedésük alapján lehet következtetni a különböző képességek működésére. Gyakran alkalmazott mérési stratégia a *választás* rögzítése. Ezekben a helyzetekben mérhető, hogy a gyermekek tesznek-e különbséget tárgyak között mennyiség vagy érték alapján. A választási helyzet egyik kitüntetett mérőeszköze a kommunikációs célból használt *mutatás*, mely viselkedés vizsgálatával bizonyították, hogy már egyéves gyermekek is figyelembe veszik azt, hogy mely tapasztalatokban osztoznak, illetve nem osztoznak a kommunikációs partnerükkel (Bohn et al., 2018).

A *manuális keresési paradigma* segítségével vizsgálható, hogy fiatal gyermekek hogyan különítenek el tárgyakat egymástól. A helyzet alapvetése, hogy a gyermekek tovább keresgélnek egy dobozban, ha azt feltételezik, hogy az még egy további tárgyat rejt. Például egy év körüli gyermekek legfeljebb három darab tárgyat tudnak egyszerre számontartani, négyet már nem. Ez abban nyilvánul meg, hogy két tárgy megtalálása után hosszabban keresik a harmadik játékot egy üresnek feltételezett dobozban való keresgéléshez képest akkor, ha három tárgy volt elrejtve a dobozban, ugyanakkor nem keresnek hosszabban, ha a dobozba négy tárgyat rejtettek el (Feigenson–Carey, 2003). Ehhez hasonló helyzetben Kampis Dora és Kovács Ágnes Melinda (2022) rámutattak, hogy 14 hónapos gyermekek keresési viselkedését a saját tapasztalataik mellett az is befolyásolja, hogy egy másik személy mit gondolhat a dobozban lévő tárgyak mennyiségéről.

Az *utánzásos* (imitációs) helyzetek többek között lehetőséget adnak az emlékezeti folyamatok és a gyermekek kultúrájában releváns információ elsajátításának (kulturális tanulás) vizsgálatára. Az utánzásos vizsgálatok során jellemzően először egy demonstrátor mutat be egy cselekvést (például eszközhasználatot), majd a gyermekek lehetőséget kapnak arra, hogy játszanak az eszközzel. A kutatók a vizsgálat fókuszától függően változtathatják a konkrét kísérleti elrendezést, például a bemutatás és az utánzás között eltelt időt (pár percről akár egy hétre); a bemutató személy különböző tulajdonságait (például az általa beszélt nyelv); vagy a bemutatás jellegét (például kommunikál-e a bemutató személy a gyermekkel, vagy sem). Ezek alapján elmondható, hogy hat hónaposak is sikeresen felidéznek egy nap elteltével a korábban bemutatott eszközhasználatot (Barr et al., 1996), továbbá pontosabban utánóznak olyan helyzetekben, ahol a bemutatás során megjelenő jelzések arra utalnak, hogy az információ kulturálisan releváns lehet számukra (Gergely et al., 2002). Utóbbi eredmény rávilágít arra, hogy fiatal gyermekek érzékenyek azon ismeretek iránt, amelyek a kultúrájukba tartozó személyekkel osztozhatnak, és motiváltak ezek elsajátítására.

A kulturális tanulás feltárásának egyik további eszköze annak vizsgálata, hogy vajon a gyermekek értik-e az őket körülvevő szabályokat, illetve ezek fontosabb jellemzőit (például Piaget, 1997; Kalish–Sabbagh, 2007). Ennek egyik mérési lehetősége az ún. *tiltakozási paradigma* (például Rakoczy et al., 2008), amely arra a jelenségre épít, hogy a gyermekek részéről a fejlődés során már igen korán megjelenik a tiltakozás valamilyen formája mások viselkedése kapcsán. A kísérletek során jellemzően a gyermekek valamely bábbal (megjegyzés: a gyermekek kevésbé tiltakoznak, ha felnőttek szegnek meg szabályokat, mivel őket feltehetően tekintélyszemélynek tartják) és egy kísérletvezetővel játszanak együtt. A játék során a báb bizonyos helyzetekben „megszeg egy szabályt” (például a játékban szappannak kijelölt építőkövét „megkóstolja”), míg más helyzetekben követi azt (az építőkövet kézmosásra használja). Így vizsgálható, vajon ez előbbi esetben megjelenik-e valamilyen tiltakozás a résztvevők részéről. Az ilyen módszerre építő kutatások eredményei azt mutatják, hogy a két-három éves gyermekek gyorsan, akár egy bemutatást követően tanulnak meg új játékszabályokat (Rakoczy et al., 2008), illetve úgy tűnik, hogy ebben a korban már azt is követni tudják, hogy kikkel osztoznak ezen szabályok ismeretében (Andrási et al., 2022).

MIRŐL ÁRULKODIK A GYERMEKEK TEKINTETE? – SZEMMOZGÁSKÖVETÉS, GYAKRAN ALKALMAZOTT KÍSÉRLETI PARADIGMÁK, PUPILLOMETRIA

Az információfeldolgozás egyik mutatója a nézési viselkedés, amely magába foglalja többek között a tekintet mozgását, a figyelem hosszát. Több kísérleti elrendezés is épít a nézési viselkedés feltárására gyermekek és felnőttek esetén is. Ez pusztán egy kamera segítségével is rögzíthető, ám a *szemmozgáskövetés* technológiájának

fejlődése a nézési viselkedés egyre pontosabb rögzítését teszi lehetővé. A szemmozgáskövető berendezések egy beépített kamerával és egy infravörös lámpával vannak ellátva (URL1). A lámpa infravörös sugarakat bocsát ki, amelyeket visszaver a résztvevő szeme, a visszaverődéseket pedig rögzíti a beépített kamera. A mérőeszköz nyers adatai alapján következtetéseket lehet levonni arról, hogy a személyek hova és mennyi ideig néztek a képernyőn. Ezek meghatározásához először be kell mérni a résztvevő szemét (kalibrációs fázis), amely során a felnőtteknek a képernyőn megjelenő pontokat kell követniük a szemükkel, míg a gyermekek esetén figyelemfelhívó ábrák jelennek meg a képernyő különböző pontjain (például zenélő kacsa). Az alábbiakban három olyan, a nézési viselkedés rögzítésére építő paradigmát mutatunk be, amelyeket gyakran alkalmaznak csecsemők vizsgálatára.

A *habituációs paradigma* és az *elvárásmegszegési paradigma* egymással közeli rokonok, ezért ezeket együtt mutatjuk be (Margoni et al., 2023 alapján). A két paradigmában közös, hogy gyermekek nézési idejét rögzítik a kutatók, azonban míg a standard habituációs eljárás a csecsemők újdonságpreferenciájára épít, vagyis arra, hogy az új ingereket szívesebben nézik, addig az elvárásmegszegési paradigma azon alapszik, hogy a csecsemők tovább nézik a nem lehetséges, mint a lehetséges eseményeket. A *habituációs vizsgálatok* során a kutatók a csecsemőnek például bemutatnak egy eseménysort, amelyet újból és újból levetítenek, addig, amíg a résztvevő el nem veszti az érdeklődését iránta (habituáció). A teszt során a kísérlet vezetői felváltva egy régi és egy új jelenetet mutatnak a gyermeknek. A paradigma arra a feltételezésre épít, hogy ha a csecsemő figyelme felélénkül az új esemény bemutatásakor (diszhabituáció), és hosszabban nézi azt, mint az ismerős jelenetet, akkor az új jelenetet megkülönböztetik a korábban látottaktól.

Az *elvárásmegszegési paradigma* során ugyancsak két eseményt látnak a csecsemők, azonban az egyik jelenet egy normatív/lehetséges, a másik esemény pedig egy nem lehetséges forgatókönyvet mutat be (például egy dobozt a levegőben helyeznek el, és nem esik le; Needham–Baillargeon, 1993). A paradigma arra alapoz, hogy a csecsemők a tapasztalataik alapján folyamatosan elvárásokat alakítanak ki a környezetükről (például a tárgyak nem tudnak lebegni, leesnek a földre), és amikor ezek az előzetes elvárások sérülnek, az felkelti a gyermekek figyelmét. Ezen paradigmára alapozva Kristine H. Onishi és Renée Baillargeon (2005) klasszikus kísérletükben csupán 15 hónapos csecsemők tudatelméleti képességét váratlan át-helyezésre épülő feladatban vizsgálták. Az eredmények alapján a csecsemők számoltartották egy képernyőn látott személy vélekedését a tárgy helyével kapcsolatban abban az esetben is, ha ez időközben tévessé vált. Ez abban mutatkozott meg, hogy hosszabb ideig figyelték azokat a jeleneteket, amikor valaki a vélekedésével ellentétes módon viselkedett, ami arra utal, hogy a csecsemők elvárást alakítottak ki a másik személy viselkedésével kapcsolatban a vélekedésére alapozva.

Az elvárások vizsgálatának további módszere az *anticipációs nézés paradigma*, amely arra alapoz, hogy az elvárásokra épülő előrejelzések megjelenhetnek

a résztvevők nézési viselkedésében (például a csecsemők két doboz közül arra néznek, ahova várákosásaik szerint egy személy nyúlni fog). A mérés során – a habituációs és elvárásmegejegzési eljárásokhoz hasonlóan – a gyermekek először megismerik az eseményeket, amelyek alapján elvárásokat formálhatnak. A teszt-fázisban viszont nem egy már befejezett eseménysorra adott választ mérnek a kutatók, hanem azt, hogy a gyermekek elvárnak-e (anticipálnak-e) bizonyos viselkedéseket az esemény kibontakozása közben. Ez általában olyan formában történik, hogy a gyermekek egy megszakított eseménysort látnak (például valaki nyúlni kezd két doboz irányába, ám nem lehet tudni, melyiket választja), s a jelenet megszakadását követően a gyermekek tekintetének mozgását rögzítik (például hogy melyik doboz irányába néznek). Hasonlóan az elvárásmegejegzési paradigmához, ezt a paradigmát is alkalmazták a tudatelméleti képesség vizsgálatára, amel szintén megerősítette, hogy már kétéves gyermekek is elvárásokat alakítanak ki mások viselkedésére nézve a nekik tulajdonított vélekedések alapján (Southgate et al., 2007). Ugyanakkor miután ezen eredményeket későbbi kutatások nem vagy csak részben replikálták, így a mérőeszköz megbízhatósága vita tárgyát képezi (Kampis et al., 2021; Kulke et al., 2018).

A szemmozgást követő mérőeszközök további információk rögzítésére is alkalmasak. Ezek közé tartozik a pupillaméret változásának mérése, avagy más néven a *pupillometria*. A pupilla átmérője a környezeti fény mennyiség függvényében változik: világosban szűkül, míg sötétben tágul, így szabályozva a szembe jutó fény mennyiségét. Ugyanakkor a pupilla átmérőjének változását nem csupán környezeti, hanem egyéb, információfeldolgozáshoz kapcsolódó tényezők is befolyásolják. Például felnőtteket célzó kutatások igazolták, hogy a megjegyzendő információk mennyiségének növekedésével párhuzamosan a pupilla kis léptékű tágulása is megfigyelhető (Kahneman–Beatty, 1966). Emellett ha egy információ meglepő, az is a pupilla tágulásához vezet felnőttek esetén (Preuschoff et al., 2011). Ezek az eredmények további kutatásokat inspiráltak, amelyek a gyermekek információfeldolgozási folyamatainak vizsgálatát célozták, szintén a pupillaméret változásának rögzítésén keresztül. Ilyen mérésre építve kiderült, hogy valószínűleg már a 14 hónapos csecsemők is mérlegelik és számba veszik a különböző eshetőségeket, amikor olyan eseményeket látnak, amelyeknek több kimenetele is lehetséges (Cesana-Arlotti et al., 2022; lásd még Kispál Anna és szerzőtársai cikkét a jelen összeállításban).

A GYERMEKI AGY FELFEDEZÉSE – EEG, (F)NIRS ÉS (F)MRI

Az elmúlt évtizedek technológiai fejlődése lehetővé teszi azt is, hogy feltérképezzük a gyermekek agyának szerkezeti jellemzőit, valamint hogy megvizsgáljuk, milyen folyamatok zajlanak az agyukban, miközben megismerik környezetüket. Ezáltal tárhatjuk fel azon kognitív képességek gyökereit, korai jeleit, amelyek

a gyermeki viselkedésben akár csak évekkel később nyilvánulnak meg. Ezen folyamatok mérése kapcsán érdekes lehet annak feltárása, hogy mi jellemzi az agyban zajló információfeldolgozás bizonyos lépéseit. Emellett az éppen aktív agyterületek azonosítása is lehetséges, amelyre építve egyrészt feltárható, hogy egyes információk feldolgozása közben hasonló agyterületek működnek-e aktívan a felnőttek és a gyermekek esetén. Másrészt megvizsgálható, hogy a különböző agyterületek specializációja miként alakul ki a fejlődés során.

Az agyi aktivitás többféle módon is mérhető. Egyrészt direkt módon, a sejtek közötti kommunikáció nyomán keletkező enyhe elektromos aktivitás rögzítésén keresztül (elektroencefalográf, EEG). A noninvazív EEG-s mérés során ezen aktivitás a résztvevők koponyáján elhelyezett elektródák segítségével mérhető. Az ún. *EKP* (eseményhez kötött potenciál) típusú mérés során a résztvevők ismételtelen találkoznak valamely információval, s az ennek feldolgozása mentén rögzített elektromos jel összegzésre kerül, amelynek időbeli jellemzői, valamint amplitúdója is elemezhető. Az EEG-s mérés előnye, hogy alkalmas az agyi aktivitásban bekövetkező gyors változások rögzítésére, ugyanakkor nem szolgáltat megbízható információt arra nézve, hogy pontosan mely agyterületen jelentkezik ez az aktivitás. Ennek segítségével számos olyan, bizonyos feldolgozási folyamatokhoz köthető kiváltott potenciál került azonosításra felnőttek esetén, amelyek megléte (vagy annak hiánya) gyermekek esetén is vizsgálható. Ilyen módszerre építő vizsgálatok eredményeiből megtudtuk, hogy már a 14 hónapos csecsemők is fel tudják venni mások nézőpontját, s észreveszik, ha egy tárgy megnevezése a társuk szempontjából meglepő (Forgács et al., 2020).

Az agyi aktivitás másrészt indirekt módon is feltárható, például az aktivitás mentén bekövetkező fiziológiai változások rögzítésével. Több módszer is épít többek között annak mérésére, hogy az agyi aktivitást a környékbeli vérben megtalálható oxigénmennyiség változása kíséri. Ezek közé tartozik a funkcionális infravörös spektroszkópia (fNIRS) (Gervain et al., 2011). A koponyára helyezett, sapkaszerű NIRS-eszköz fényt bocsát ki, amely eltérő mértékben verődik vissza a különböző típusú szövetekről és sejtekről. A visszaverődő fény rögzítése és elemzése alapján mérhető az oxigénnel telített vér jelenléte, amelyen keresztül az agyi aktivitás helye megállapíthatóvá válik. Régebb óta alkalmazott módszer a funkcionális mágnesesrezonancia-vizsgálat nevű képalkotó eljárás (fMRI). A vizsgálat során a résztvevők egy olyan gépben fekszenek, amelyben mesterséges mágneses tér kerül kialakításra, és a vér oxigéntelítettségének mértéke a mágneses jel változásán keresztül tárható fel. Az EEG-hez képest ezek az eszközök lassabban bekövetkező változások mérésére alkalmasak, ugyanakkor azonosítani tudják, mely területen jelenik meg az agyi aktivitás.

Fejlődéskutatási szempontból az fNIRS előnye az fMRI-hez képest, hogy könnyen felhelyezhető, és nem igényel mozdulatlanságot az alanyok részéről, ami igen fontos szempont csecsemő és totyogó résztvevők esetében. Az (f)MRI al-

kalmazása gyermekeknél sok kihívással jár, részben az elvárt mozdulatlanság, részben a gép hangos működése miatt. Ennek megfelelően alapos tervezésre van szükség egy ilyen vizsgálat esetén: jellemző, hogy a felvételek készítése előtt a gyermekek kipróbálhatnak egy, a kutatáshoz kialakított „ál-MRI”-készüléket, hogy így ismerős legyen számukra az adatgyűjtési helyzet (például Saxe et al., 2009). Ezen módszerek alkalmazása lehetővé tette annak feltárását, hogy már a kettő–kilenc hónapos csecsemők esetén is kimutathatók olyan agyi területek, amelyek az emberi arcok megfigyelése közben aktiválódnak (Kosakowski et al., 2022). Úgy tűnik tehát, hogy az emberi arcokra való érzékenység igen korán jellemzi az emberi megismerést. Továbbá bizonyíték van rá, hogy – felnőtt vizsgálatok alapján – a tudatelméleti képességhez köthető, temporoparietális csomópont aktivitása jellemző hét hónapos csecsemőkre mentalizációs folyamatokat igénylő helyzetek megfigyelése közben (Hyde et al., 2018). Ez illeszkedik azon kutatások eredményeihez, amelyek a tudatelméleti képesség bizonyos formáinak korai jelenlétét jelzik.

ÖSSZEZÉS

Írásunk célja olyan, gyakran alkalmazott kognitív pszichológiai mérőeszközök, kísérleti paradigmák bemutatása volt, amelyek lehetővé teszik a legfiatalabb gyermekek megismerési folyamatainak vizsgálatát. Összegeztük a csecsemővizsgálatok során használt egyszerű viselkedéses, tekintetkövetésre épülő, illetve agyi aktivitást rögzítő eljárásokat, mely kutatások eredményei rámutattak arra, hogy számos, felnőtt korban jellemző megismerési folyamat már a korai életévekben is jelen lehet. Fontos kiemelni, hogy bár a cikk az egyes módszereket külön tárgyalja, ezeket a kutatók gyakran együttesen alkalmazzák, ugyanis a mérések közötti együttjárások a megismerési képességek mélyebb és pontosabb feltárására adnak lehetőséget. Ilyen lehet az elvárás megszegési paradigma esetén, ha a kutatók a jelenet bemutatása közben szemmozgáskövető segítségével a pupilla tágulását is rögzítik. Míg a nézési idő elemzése betekintést enged abba, hogy a csecsemők miként vélekednek egy már lezárult eseményről, a pupilla méretének változásán keresztül rögzíthető a következtetési folyamatok időbeli lefutása is. Ezáltal mérhetővé válik nemcsak az, hogy egy adott megismerési képesség (például deduktív logikai következtetés; Cesana-Arlotti et al., 2018) jelen van-e egy bizonyos életkorban, hanem az is, hogy a megismerési folyamat – például a következtetések meghozatala – hogyan zajlik le időben adott jelenetek megfigyelése közben.

Visszatérve a tudatelméleti képesség fejlődésének kérdésére, a fentebb bemutatott vizsgálati módszerek nagymértékben hozzájárultak azon kérdés megválaszolásához, vajon hogyan emelkedik ki a tudatelméleti képesség a fejlődés során. Az agyi aktivitást feltáró kutatások eredményei, miszerint felnőttek és csecsemők

esetén hasonló területek aktiválódnak téves vélekedéseket tartalmazó jelenetek megfigyelése közben, azt a feltételezést erősítik, hogy a tudatelméleti képesség bizonyos formája már az egyéves kort megelőzően jelen van (Hyde et al., 2018). Továbbá mind az elvárásmegszegési, mind az anticipáló nézési paradigmára építő kutatások eredményei azt sugallják, hogy a gyermekek már a második életévük során képesek téves vélekedések alapján kialakítani elvárásokat mások viselkedésére vonatkozóan (Onishi–Baillargeon, 2005; Southgate et al., 2007). Valószínűsíthető tehát, hogy a fiatal gyermekek hagyományos váratlan áthelyezési paradigmában mutatott teljesítménye nem a tudatelméleti képesség hiányából fakad. Ugyanakkor továbbra is vita tárgyát képezi, hogy ezek a korai életkorban jelen lévő tudatelméleti folyamatok milyen mértékben mutatnak egyezést a felnőttkori képességekkel. Ehhez hasonlóan, a fentebb tárgyalt mérőeszközök más képességek esetén is alkalmasak a fejlődés folyamatának feltárására.

Az áttekintett vizsgálati módszerek mellett még számos olyan eljárás létezik, amely segíthet a fejlődéssel kapcsolatos felmerülő kérdések megválaszolásában. Mindezek nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy megértsük a gyermekek fejlődését, valamint betekintést engednek a felnőttkori megismerés háttérében álló folyamatok megértésébe is. Habár még mindig sok kérdés van arra vonatkozóan, hogy milyen képességek vannak jelen a születéstől, illetve fiatal gyermekkortól fogva, az egyre bővülő módszertani eszköztár segítségével lehetőségünk nyílik arra, hogy pontosabban megértsük a fejlődés folyamatát – és így rejtélyes lakótársaink gondolkodását.

IRODALOM

- Andrási Krisztina – Schvajda Réka – Király Ildikó (2022): Young Children Expect Pretend Object Identities to Be Known Only by Their Partners in Joint Pretence. *British Journal of Developmental Psychology*, 40, 3, 398–409. DOI: 10.1111/Bjdp.12417, <https://bpspsychub.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bjdp.12417>
- Barr, Rachel – Dowden, Anne – Hayne, Harlene (1996): Developmental Changes in Deferred Imitation by 6- to 24-Month-Old Infants. *Infant Behavior and Development*, 19, 2, 159–170. DOI: 10.1016/S0163-6383(96)90015-6
- Bohn, Manuel – Zimmermann, Luise – Call, Josep et al. (2018): The Social-Cognitive Basis of Infants' Reference to Absent Entities. *Cognition*, 177, 41–48. DOI: 10.1016/J.Cognition.2018.03.024, https://manuelbohn.github.io/paper/Bohn_Zimmermann_Call_Tomasello_common_ground_displacement_infants.pdf
- Cesana-Arlotti, Nicoló – Martín, Ana – Téglás Ernő et al. (2018): Precursors of Logical Reasoning in Preverbal Human Infants. *Science*, 359, 6381, 1263–1266. DOI: 10.1126/Science.Aao3539, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aao3539>
- Cesana-Arlotti, Nicoló – Varga Bálint – Téglás Ernő (2022): The Pupillometry of the Possible: An Investigation of Infants' Representation of Alternative Possibilities. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 377, 1866. DOI: 10.1098/Rstb.2021.0343, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2021.0343>

- Feigenson, Lisa – Carey, Susan (2003): Tracking Individuals Via Object-Files: Evidence from Infants' Manual Search. *Developmental Science*, 6, 5, 568–584. DOI: 10.1111/1467-7687.00313, https://www.researchgate.net/publication/227501706_Tracking_individuals_via_object-files_Evidence_from_infants'_manual_search
- Forgács Bálint – Gervain Judit – Parise, Eugenio et al. (2020): Electrophysiological Investigation of Infants' Understanding of Understanding. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 43. DOI: 10.1016/J.Dcn.2020.100783, <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/64024>
- Gergely György – Bekkering, Harold – Király Ildikó (2002): Rational Imitation in Preverbal Infants. *Nature*, 415, 755–756. DOI: 10.1038/415755a, <https://www.nature.com/articles/415755a>
- Gervain Judit – Mehler, Jacques – Werker, Janet F. et al. (2011): Near-Infrared Spectroscopy: A Report from The McDonnell Infant Methodology Consortium. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 1, 22–46. DOI: 10.1016/J.Dcn.2010.07.004, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878929310000058>
- Hyde, Daniel C. – Simon, Charline E. – Ting, Fransisca et al. (2018): Functional Organization of the Temporal–Parietal Junction for Theory of Mind in Preverbal Infants: A Near-Infrared Spectroscopy Study. *The Journal of Neuroscience*, 38, 18, 4264–4274. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0264-17.2018, <https://www.jneurosci.org/content/38/18/4264.long>
- Kahneman, Daniel – Beatty, Jackson (1966): Pupil Diameter and Load on Memory. *Science*, 154, 3756, 1583–1585. DOI: 10.1126/Science.154.3756.1583
- Kalish, Charles W. – Sabbagh, Mark A. (2007): Conventionality and Cognitive Development: Learning to Think The Right Way. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2007, 115, 1–9. DOI: 10.1002/Cd.178, https://www.researchgate.net/publication/6386236_Conventionality_and_cognitive_development_Learning_to_think_the_right_way
- Kampis Dora – Kármán Petra – Csibra Gergely et al. (2021): A Two-Lab Direct Replication Attempt of Southgate, Senju and Csibra (2007). *Royal Society Open Science*, 8, 8. DOI: 10.1098/Rsos.210190, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.210190>
- Kampis Dora – Kovács Ágnes Melinda (2022): Seeing The World from Others' Perspective: 14-Month-Olds Show Altruistic Modulation Effects by Others' Beliefs. *Open Mind*, 5, 189–207. DOI: 10.1162/Opmi_A_00050, https://direct.mit.edu/opmi/article/doi/10.1162/opmi_a_00050/108986/Seeing-the-World-From-Others-Perspective-14-Month
- Kosakowski, Heather L. – Cohen, Michael A. – Takahashi, Atsushi et al. (2022): Selective Responses to Faces, Scenes, and Bodies in the Ventral Visual Pathway of Infants. *Current Biology*, 32, 2, 265–274. DOI: 10.1016/J.Cub.2021.10.064, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982221015086>
- Kulke, Louisa – Reiß, Mirjam – Krist, Horst et al. (2018): How Robust Are Anticipatory Looking Measures of Theory of Mind? Replication Attempts across the Life Span. *Cognitive Development*, 46, 97–111. DOI: 10.1016/J.Cogdev.2017.09.001, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0885201417300369>
- Margoni, Francesco – Surian, Luca – Baillargeon, Renée (2023): The Violation-of-Expectation Paradigm: A Conceptual Overview. *Psychological Review*, 113, 3. DOI: 10.1037/Rev0000450, https://www.researchgate.net/publication/373114262_The_Violation-of-Expectation_Paradigm_A_Conceptual_Overview
- Needham, Amy – Baillargeon, Renée (1993): Intuitions About Support in 4.5-Month-Old Infants. *Cognition*, 47, 2, 121–148. DOI: 10.1016/0010-0277(93)90002-D, https://labs.psychology.illinois.edu/ICL/articles.old/needham_baillargeon1993.pdf.pdf
- Onishi, Kristine H. – Baillargeon, Renée (2005): Do 15-Month-Old Infants Understand False Beliefs? *Science*, 308, 5719, 255–258. DOI: 10.1126/Science.1107621, https://www.researchgate.net/publication/7915866_Do_15-Month-Old_Infants_Understand_False_Beliefs

- Piaget, Jean (1997): *The Moral Judgment of the Child*. New York: Free Press Paperback
- Preuschhoff, Kerstin – ‘t Hart, Bernard M. – Einhäuser, Wolfgang (2011): Pupil Dilation Signals Surprise: Evidence for Noradrenaline’s Role in Decision Making. *Frontiers in Neuroscience*, 5. DOI: 10.3389/Fnins.2011.00115, <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2011.00115/full>
- Rakoczy, Hannes – Warneken, Felix – Tomasello, Michael (2008): The Sources of Normativity: Young Children’s Awareness of the Normative Structure of Games. *Developmental Psychology*, 44, 3, 875–881. DOI: 10.1037/0012-1649.44.3.875, https://www.researchgate.net/publication/5377255_The_Sources_of_Normativity_Young_Children’s_Awareness_of_the_Normative_Structure_of_Games
- Saxe, Rebecca R. – Whitfield-Gabrieli, Susan – Scholz, Jonathan et al. (2009): Brain Regions for Perceiving and Reasoning About Other People in School-Aged Children. *Child Development*, 80, 4, 1197–1209. DOI: 10.1111/J.1467-8624.2009.01325.X, <https://srcd.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8624.2009.01325.x>
- Southgate, Victoria – Senju, Atsushi – Csibra Gergely (2007): Action Anticipation through Attribution of False Belief by 2-Year-Olds. *Psychological Science*, 18, 7, 587–592. DOI: 10.1111/J.1467-9280.2007.01944, https://core.ac.uk/reader/1144957?utm_source=linkout
- Wimmer, Heinz – Perner, Josef (1983): Beliefs About Beliefs: Representation and Constraining Function of Wrong Beliefs in Young Children’s Understanding of Deception. *Cognition*, 13, 1, 103–128. DOI: 10.1016/0010-0277(83)90004-5, <https://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/chwe/austen/wimmerperner.pdf>

URL1: *How Do Tobii Eye Trackers Work?*, <http://tinyurl.com/2nrrj9zn>

KOMMUNIKATÍV TUDATELMÉLET CSECSEMŐKNÉL

COMMUNICATIVE MIND-READING IN INFANTS

Tauzin Tibor

PhD, posztdoktori kutató

Institute of Linguistics, University of Vienna, Bécs, Ausztria

tibor.miklos.tauzin@univie.ac.at

ÖSSZEFOGLALÓ

A legújabb kutatások eredményei arra utalnak, hogy a korábban feltételezettnél jóval előbb, már csecsemőkorban megjelenik a tudatelméleti képesség. A tudatelmélet teszi lehetővé, hogy megértsük, hogy másokat a belső, mentális állapotaik (céljaik, vágyaik, vélekedéseik) vezérelnek, és nem egyszerűen csak külső erőkre reagálnak, ahogy az élettelen tárgyak teszik. A csecsemőkori tudatelmélet létét igazoló új eredményeket azonban sok kutató kétkedéssel fogadja. Ebben a cikkben azt szeretném bemutatni, hogy miért van szüksége a mentálisállapot-tulajdonításra annak a fajnak, amelyet a kooperációs képessége tett naggyá.

ABSTRACT

Recent research suggests that the ability to have a theory of mind emerges much earlier than previously thought, in infancy. Theory of mind allows us to understand that others are driven by their internal mental states (goals, desires, beliefs) rather than simply responding to external forces, as inanimate objects do. However, recent evidence suggesting that infants have a theory of mind has been met with scepticism by many researchers. In this article, I aim to show why the ability to attribute mental states is necessary for a species made great by its ability to cooperate.

Kulcsszavak: tudatelmélet, kommunikáció, csecsemő

Keywords: theory of mind, communication, infant

BEVEZETÉS

Mások megértésének képessége azon alapszik, hogy őket vágyakkal, vélekedésekkel bíró lényekként észleljük. Akár egy embert, egy háziállatot vagy animációs figurát látunk, önkéntelenül is olyan belső mentális állapotokat tulajdonítunk nekik, amelyek közvetlenül nem figyelhetők meg. Ezt a képessé-

get tudatelméletnek nevezzük, azt az alapvető tendenciát pedig, hogy másokat szándékkal és célokkal rendelkező entitásként értelmezünk, intencionális hozzáállásnak (Dennett, 1989). A tudatelméleti képesség – elvben – minden mentális állapot tulajdonítására való képességet takar. Ez magában foglalja a preferenciákat, vágyakat, a világról való vélekedések sorát, a világról való tudást, és ezzel együtt azt is, hogy mások érzelmekkel és meghatározott figyelmi kapacitással rendelkeznek.

A tudatelmélettel foglalkozó – és a tudatelmélet fogalmát bevezető – egyik első kísérleti munka (Premack–Woodruff, 1978) érdekes módon nem embernél, hanem csimpánzoknál vizsgálta azt, hogy képesek-e mentális tudatállapotok felismerésére. A bemutatott eredményeket sok kritika érte, és egészen a legutóbbi évekig (lásd Krupenye et al., 2016) nem is sikerült meggyőző eredményt találni arra, hogy más fajok is rendelkezhetnek tudatelmélettel. Ezzel együtt azonban két okból mégis alapvető fontosságú munkaként tekinthetünk a mai napig is David Premack és Guy Woodruff (1978) kísérletére. Az egyik ok, hogy közvetett módon rámutatott, hogy a tudatelmélet – ha nem is humánspecifikus, de – az emberi észlelésre és gondolkodásra nagy hatást gyakorló képesség. A másik ok, hogy az első kísérlet rengeteg olyan munkát inspirált, amely a mai napig meghatározza azt, hogy miként gondolkodunk a tudatelméleti képességről, annak fejlődéséről és arról, hogyan érdemes azt vizsgálni.

Premack és Woodruff (1978) kísérletére adott válaszában Daniel Dennett (1978) amellet érvelt, hogy a tudatelméleti képesség legmeggyőzőbben akkor bizonyítható, ha azt vizsgáljuk meg, hogy képes-e valaki másoknak hamis vélekedést tulajdonítani. Hamis vélekedéssel akkor rendelkezik valaki, ha biztos valamiben (például, hogy hova tett egy tárgyat korábban), de ez a tudása a valóságnak nem felel meg (például mert időközben valaki más áthelyezte a tárgyat egy másik helyre). Hamis vélekedést *tulajdonítani* azt jelenti, hogy bár a megfigyelő ismeri a valóságot (ismét csak: a tárgy helyét), de egyben azzal is tisztában van, hogy a személy, akit lát, nincs ezzel tisztában. A hamis vélekedés tulajdonítása tehát azt igényli, hogy valaki képes legyen egymással ellentmondásban lévő információkat észben tartani; míg ő maga jól tudja, hogy mi a helyes válasz, azt is felismeri, hogy mások ezt nem tudják. Ez alapján képes lehet mások viselkedésének előrejelzésére, vagyis annak felismerésére, hogy a másik személy a saját tudása alapján fog cselekedni és nem pedig a valóságnak megfelelően. Ez a képesség a hétköznapi életben sokszor tetten érhető. Ha egy óvodás olyan mesefilmet néz, amelyben a főszereplő nem tud róla, hogy valaki csapdát állít neki, a gyerek felismeri az ebben rejlő konfliktust, és *nem* várja el, hogy a főszereplő is tudja, amit ő nézőként tud. A hamis vélekedés tulajdonítása és az ez alapján történő viselkedés-előrejelzés azért központi jelentőségű a tudatelmélet megértése kapcsán, mert a megfigyelő számára nincs olyan *közvetlenül észlelhető* információ, amely segítheti a másik tudatállapotának megértését.

Az érzelmek, vágyak, preferenciák esetén a látható viselkedés (például érzelme kifejezések) vagy a releváns tárgyak (például céltárgy) jelenléte segítséget nyújthat egy személy viselkedésének megjósolásában. Ha például egy gyerek látta, hogy korábban valaki mindig a zöldséget választotta ahelyett, hogy kekszet evett volna, azt fogja feltételezni, hogy ha az illető ételt kér, akkor a zöldségre és nem a kekszre gondol abban a helyzetben, amikor ez a két étel van jelen (Repacholi–Gopnik, 1997). A hamis vélekedés tulajdonításánál ilyen látható segítség nincs. Ennek során meg kell érteni, hogy egy másik személy milyen tudással rendelkezik, ezt a tudást a memóriában fenn kell tartani, és ez alapján mondani meg az ő jövőbeli viselkedését. A hamis vélekedés tehát nem az egyetlen mentális tudatállapot, amelyet felismerünk másokban, azonban Dennett (1978) szerint az egyetlen olyan, amely meggyőzően bizonyítja, hogy valaki valóban rendelkezik tudatelmélettel, és nem csupán néhány kulcsinger alapján képes mások jövőbeli cselekedeteit megjósolni.

Dennett kritikájának hatására a későbbi tudatelméleti vizsgálatok meghatározott irányt vettek. A kutatók célja az lett, hogy kimutassák a hamis vélekedés tulajdonításának képességét, és egyben azt is feltárják, hogy a fejlődés során mikor jelenik ez meg. Klasszikus kísérletükben Heinz Wimmer és Josef Perner (1983) egyszerű feladatot adott óvodáskorú gyerekeknek. A résztvevőknek azt kellett megmondaniuk, hogy egy mese főszereplője hol fog egy tárgyat keresni azt követően, hogy a főszereplő ezt elrejtette valahová, de később másvalaki ezt a tárgyat új helyre tette. Kísérletük arra az alapfeltevésre épült, hogy ha valaki képes megfelelő *kommunikatív választ* adni egy hamis vélekedést tesztelő kérdésre, az meggyőzően igazolja, hogy valóban rendelkezik tudatelmélettel. Az eredményeik azt mutatták, hogy a hamis vélekedés tulajdonítására való képesség nagyjából négy-öt éves korban jelenik meg. Ekkor válnak a gyerekek képessé arra, hogy megmondják, hogy a főszereplő *nem* ott fogja keresni a tárgyat, ahova azt áthelyezték a tudta nélkül, hanem azon a helyen, ahol ezt a tárgyat eredetileg hagyta. Ez egyben azt is jelenti, hogy csak a négy-öt évesnél idősebb gyerekek képesek megérteni, hogy egy másik személy viselkedését nem a valóság (a tárgy tényleges helye), hanem a valóságról való tudása befolyásolja. Vizsgálatuk előfeltevése egyben azt is sugallja, hogy az emberen kívül más fajok nem rendelkeznek tudatelmélettel, hiszen más faj nem képes humán kommunikációra (bár a kommunikáció alapjául szolgáló egyes kulcsingereket felismerheti (lásd Tauzin et al., 2015a; 2015b; 2016). Számtalan későbbi kísérlet megerősítette Wimmer és Perner (1983) eredeti kísérletének eredményeit. Ezek a tanulmányok mind arra utalnak, hogy négyéves kor alatt nincs hamisvélekedés-tulajdonítási képesség az embernél, tehát felnőtt értelemben vett tudatelmélet sincsen. A kisebb gyerekek tehát nem – vagy csak nagyon korlátozott mértékben – képesek másoknak mentális tudatállapotokat tulajdonítani, és azt megérteni, hogy ezek a mentális tudatállapotok irányítják a viselkedésüket.

HAMIS VÉLEKEDÉSEK A HAMISVÉLEKEDÉS-TESTRŐL

Ezen a ponton érdemes azonban elidőzni egy pillanatra, hogy alaposabban megvizsgáljuk Wimmer, Perner és Dennett előfeltevéseit. (1) Valóban a tudatelmélet meglétének elsődleges és legmeggyőzőbb bizonyítéka, ha valaki helyes szóbeli választ tud adni arra a kérdésre, hogy mások hogyan viselkednek majd, ha egy lényeges információ nincs a birtokukban? Ha valaki nem szóbeli választ ad, de a viselkedését spontán módon ahhoz a helyzethez igazítja, amelyben valaki hamis vélekedéssel rendelkezik, miért nem meggyőzőbb például? (2) Valóban a hamis vélekedés az egyetlen, amely érvényes jele annak, hogy valaki rendelkezik tudatelmélettel? Ha valaki képes megérteni, hogy mások érzelmi állapota hogyan befolyásolja a viselkedésüket, és ennek megfelelően értelmezi az adott személy viselkedését, az mi miatt lehet kevésbé meggyőző bizonyíték?

Az első kérdésre ma egyértelműen nemmel válaszolnánk. Az, aki helyes választ ad a hamisvélekedés-tesztre, valóban azt a *benyomást* keltheti a megfigyelőben, hogy tudatelmélettel rendelkezik. Azonban a helyes szóbeli válasz nem szükségszerűen jelzi egy mélyebb megértés meglétét. Helyes választ az is adhat, aki eleget gyakorolt már egy meghatározott feladatot. A tárgyak helyével és valaki tudta nélküli áthelyezésével kapcsolatos helyzetben márpedig kellően sok gyakorlatra tehet szert egy négy-öt éves gyerek, szemben egy fiatalabb óvodással. Egy további probléma, hogy ha *kizárólag* a kommunikatív választ fogadjuk el meggyőző bizonyítéknak, akkor automatikusan kizárjuk azt a korosztályt, amelyik még nem képes szofisztikált kommunikációra. Egy kétéves nyelvi kapacitása nem teszi lehetővé, hogy összetett mondatokat alkosson. Egy hároméves nyelvtani szempontból helyes mondatokat ugyan képes alkotni, de a mondatainak komplexitása még meglehetősen behatárolt. Pusztán nyelvfejlődési szempontból legkorábban négy-öt éves korban válik valaki képessé arra, hogy különösebb megerőltetés nélkül megértse és produkálja a hamisvélekedés-tesztben elvárt mondatokat. Fontos ellenérv lehet, hogy a résztvevőknek nem kell szóban válaszolniuk, elég, ha egy képen megmutatják a helyesnek vélt választ. Ez azonban nem teszi kevésbé problémássá, hogy ha egy feladat megoldása erősen a nyelvértéshez kötött, akkor azt a feladatot nem lesznek képesek megoldani azok, akiknek a nyelvi képességei még nem eléggé fejlettek. És ha mindez nem lenne elég meggyőző érv, akad egy ennél újabb probléma is. A fejlett nagy nyelvi modellek (large language model, LLM) ugyanis *képesek* helyesen megválaszolni a hamis vélekedést mérő tesztek jelentős részét, és várhatóan pár éven belül képesek lesznek mindet megoldani (Brunet-Gouet et al., 2023). Mégsem feltételezzük azt, hogy a nagy nyelvi modellek rendelkeznek tudatelmélettel. A nagy nyelvi modellek azt tudják *szimulálni*, hogy mi a *legvalószínűbb* válasz egy adott kérdésre (korábbi statisztikai együttjárások alapján), és nem pedig azt, hogy mi a *helyes* válasz. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a tesztek, amelyek a nyelvértésen vagy nyelvhasználaton

keresztül akarják megmérni a tudatelmélet meglétét, valójában nem alkalmasak erre a feladatra. Amit a klasszikus hamisvélekedés-tesztek mérnek, az feltehetően egy komplex metakognitív gondolkodási és érvelési folyamatokat is magában foglaló képesség, és nem önmagában a mentális tudatállapotok tulajdonításának képessége.

Dennett (1978) előfeltevését – amely szerint a tudatelmélet megléte csak a hamisvélekedés-tesztekkel mérhető, mert minden más mentális tudatállapot esetén van egyszerűbb alternatív magyarázat – szintén érdemes megvizsgálni. Dennett elvárása az, hogy az érzékszervek számára nem hozzáférhető információ alapján, pusztán emléknymokra támaszkodva valaki képes legyen mások viselkedését előre jelezni. Mindezt ráadásul olyan helyzetekben is, amikor a megfigyelő (a gyerek) és a főszereplő vélekedése konfliktusban van egymással. A nehézséget itt az okozza, hogy nem tudjuk, valójában van-e konfliktus a két reprezentáció közt. A hamisvélekedés-helyzetek megoldásához elégséges, ha valaki *kizárólag* a másik nézőpontját érti, ezért nem szükséges figyelembe vennie a saját tudását. Amennyiben például valaki tudja, hogy a főszereplő hol rejtett el egy tárgyat, erre a tudásra építve helyes választ tud adni. Azt, hogy közben a tárgy máshova került, nem kell figyelembe vennie. A másnak tulajdonított vélekedést tehát nem kell a megfigyelőnek úgy értékelnie, hogy az *hamis* (ellentétes a valósággal és azzal, amit a gyerek tud). Elég csak megérteni, hogy a főszereplő az emléknymoi alapján halad egy nem látható cél felé. Más szavakkal, a mások viselkedését helyesen előre jelző személy *emlékezeti* és nem tudatelméleti képességet kell tulajdonítson a másoknak. Ehhez ráadásul neki magának is olyan emlékezeti rendszerre van szüksége, amely lehetővé teszi a számára is ezeknek az információknak a megfelelő helyzetben történő adekvát felidézését. A tudatelméleti képesség tehát önmagában nem elegendő a javasolt tudatelméleti tesztek sikeres teljesítéséhez: ehhez fejlett (munka- és epizodikus) memória, valamint szofisztikált nyelvi képességek is szükségesek. Így talán kevésbé meglepő, hogy négyéves kor alatt miért nem tudják helyesen megoldani a gyerekek a klasszikus tudatelméleti teszteket. Mindez azt jelenti tehát, hogy valójában *nem tudjuk*, pontosan mit mérnek ezek a tesztek. Természetesen állíthatja valaki, hogy a nyelvi és emlékezeti kapacitás szerves része a tudatelméleti képességnek. Ebben az esetben azonban nincs értelme arról beszélni, hogy létezhet-e tudatelmélet hároméves gyerekeknél. Az idegrendszer érési folyamatai miatt erre egyszerűen nincs lehetőség, tehát maga a kérdés is értelmezhetetlen.

Ezt az állítást azonban manapság sokan vitatják. Az utóbbi két évtized kutatási adatai arra utalnak, hogy a tudatelméleti képesség már csecsemőkorban megjelenik (például Buttelmann et al., 2009). Elegáns kísérletükben Kristine Onishi és Renée Baillargeon (2005) azt találták, hogy hamis vélekedés tulajdonítására már a tizenöt hónaposok is képesek. Ennek kimutatásához azonban meg kellett változtatniuk a módszert, amellyel ez a képesség mérhető. Vizsgálatukban

videókat mutattak be a csecsemőknek, amelyekben egy másik személy szerepelt, előtte pedig egy céltárgy és a képernyő két oldalán két doboz jelent meg. A személy láthatta, ahogy a tárgy az egyik dobozba kerül, de azt már nem, hogy ezt követően a másikon lett elrejtve. Ezután a személy a tárgyért vagy abba a dobozba nyúlt, ahol az ténylegesen volt, de a személy ezt nem tudhatta volna, vagy a másik, hamis vélekedésével megegyező helyen kereste, miközben a kutatók a részt vevő csecsemő nézési idejét mérték. A nézési idő hossza arról árulkodik, hogy egy eseményt egy csecsemő mennyire talál meglepőnek. Ha meglepőnek tartja, ami történt, hosszabb ideig néz a képernyőre (lásd Kelemen Alexandra és szerzőtársai írását a jelen összeállításban). Onishi és Baillargeon azt találták, hogy a csecsemők számára az a meglepőbb, ha a személynek hamis vélekedése kéne legyen a tárgy helyéről, mégis jó helyen keresi azt. Ez elsőként utalt arra, hogy már jóval négyéves kor előtt is jelen lehet az embernél a tudatelméleti képesség. Ezt későbbi vizsgálatok is megerősítették, legkorábban hét hónapos csecsemőknél (Kovács et al., 2010). További kísérletek azt is kimutatták, hogy ha nem a nézési időt, hanem a gyerek egyéb, nem verbális viselkedését mérik, akkor – feladattól függően – legkésőbb 18 hónapos korban láthatóvá válnak a tudatelméleti képesség jelei.

A nem verbális tesztek azonban kételkedést és ellenállást váltottak ki azokból, akik szerint a tudatelmélet csak kommunikatív helyzetben mérhető. Értelmissük alapja pedig kettős volt. Egyrészt azt állították, hogy a csecsemőkkel végzett kísérletek nem megbízhatók. Több olyan tanulmány is született ugyanis, ahol nem tudták megismételni a nem verbális kísérletek eredményeit. Másrészt azt mondták, hogy ha létezik is valamiféle tudatelmélet csecsemőknél, ez a képesség más, mint amit a szóbeli tesztek mérnek; a két képesség közt nincs folytonosság.

Az első ellenérv kapcsán fontos kiemelni, hogy a tudományos módszer alapja a megismételhetőség. Ha egy eredményt nem sikerül újra kimutatni, akkor felmerülhet, hogy az eredeti kísérlet eredményei tévesek voltak. Azonban azt is érdemes hangsúlyozni, hogy egy kísérlet eredményeinek teszteléséhez az eredeti kísérlet részletekbe menő, pontos lemásolása alkalmas csak. Egyes korai tudatelméleti eredményeket valóban többször, de nem mindig sikerült megismételni. Arról azonban kevés adatunk van, hogy az eredeti kísérletet mennyire pontosan sikerült lemásolni azokban az esetekben, amikor nem kapták ugyanazt az eredményt, mint korábban. A csecsemővizsgálatok kis különbségekre is érzékenyek. A rossz szülői instrukciók, a figyelemelterelő környezet (például háttérzaj, zavaró fényviszonyok), a tesztelt minta mind eredményezhetik, hogy egy eredményt nem sikerül újra kimutatni. És ahogy egy rossz módszerrel végzett sikertelen kísérletet más tudományokban sem tekintünk elég evidenciának arra, hogy a korábbi elméleteket átírjuk, úgy egyetlen (esetlegesen pontatlanul elvégzett) csecsemővizsgálat sem elég ahhoz, hogy a korábbi pozitív eredményeket semmisenek tekintsük.

A második ellenérv pártolói azt javasolják, hogy a tudatelméleti képességet bontsuk ketté. Eszerint létezik korai (implicit) és késői (explicit) tudatelmélet. Az ok, amely miatt a csecsemők képesek bizonyos tudatelméleti feladatokra helyesen reagálni, az, hogy rendelkeznek implicit tudatelmélettel, de az explicit tudatelmélet hiánya megakadályozza őket abban, hogy jól teljesítsenek a klasszikus tudatelméleti feladatokban (Apperly–Butterfill, 2009). Ezt a nézetet olyan új idegtudományi eredmények is alátámasztják (Grosse Wiesmann et al., 2020), melyek arra utalnak, hogy a két képességért más idegrendszeri területek felelősek az agyban. Ezek az eredmények azonban egy további alternatív magyarázattal is összeegyeztethetők. Lehetséges, hogy a képesség, amely már csecsemőkorban is kimutatható, elegendő a mentális tudatállapotok tulajdonításához, ami pedig négy-öt éves kor körül jelenik meg, egy ettől teljesen független metakognitív képesség, melynek segítségével egy gyerek már képes megérteni és szóban is reflektálni a saját reprezentációira. Az utóbbi tehát a szó szoros értelmében vett *tudatelmélet*. Egy naiv pszichológiai elmélet arról, hogy mások milyen tudás alapján cselekednek a jövőben. Azonban egy kognitív képesség meglétéhez nem szükséges naiv pszichológiai elmélettel is rendelkezni róla. Bár egy beszélni tanuló kétéves korú gyerek nem rendelkezik naiv nyelvtanelmélettel, mégsem gondoljuk, hogy ne lenne nyelvi képessége. Hasonló módon az, hogy egy kétéves nem rendelkezik naiv *tudatelmélettel*, nem jelenti, hogy ne lenne képes mentális tudatállapotok tulajdonítására.

Mindez azért fontos, mert a mentális tudatállapotok tulajdonítása sok helyzetben lehet releváns egy négyéves kor alatti gyerek számára. Az egyik kontextus, melyben a tudatelmélet hasznos lehet, a kommunikatív interakciók megértése. Egy, a közelmúltban publikált vizsgálatunkban (Tauzin–Gergely, 2018) arra tártunk bizonyítékot, hogy a csecsemők akár már tizenhárom hónapos korukban képesek lehetnek arra, hogy a tudatelméleti képességüket használva értelmezzék, hogy milyen célt szolgálhat egy beszélgetés. A vizsgálatban animációs videókat mutattunk be a csecsemőknek, melyben azt láthatták, hogy két új, a gyerekek által nem ismert ágens egyike előbb elrejtett egy tárgyat két doboz valamelyikében, majd elment. Ezután a másik, eseményeket megfigyelő ágens jelenlétében a tárgy átkerült a másik dobozba. Így tehát hamis vélekedése volt a tárgyat elrejtő ágensnek a tárgy helyéről. Miután a tárgyat elrejtő ágens visszatért, nem beszédhangokból álló, variábilis vagy ismétlődő hangsorokat váltott a megfigyelő ágenssel. Mivel korábbi vizsgálataink arra utaltak, hogy csak a variábilis, és nem pedig a folytonosan ismétlődő hangokat észlelik a csecsemők kommunikációra alkalmasnak (Tauzin–Gergely, 2019, 2021; Forgács et al., 2022), azt feltételeztük, hogy a variábilis hangsorokkal való beszélgetést a csecsemő úgy értelmezi majd, hogy a releváns tudással rendelkező ágens korrigálta a másik szereplő hamis vélekedését. Az eredmények igazolták ezt a hipotézist. A csecsemők a variábilis hangsor feltételben azt várták el, hogy a tárgyat elrejtő ágens a jó helyen keresse a céltárgyat, és nem pedig ott, ahol hagyta. Ezzel szemben az ismétlődő hangso-

rokat bemutató feltételben a csecsemők azt várták el, hogy az ágens az aktuálisan üres dobozhoz menjen, ahol eredetileg hagyta a céltárgyat. Mindez azt jelzi, hogy a csecsemők már tizenhárom hónapos korukban képesek hamis vagy igaz vélekedést tulajdonítani másoknak, annak alapján, hogy mit láttak. Ráadásul ez alapján ki tudják következtetni azt is, hogy mi lehetett egy beszélgetésszerű interakció legvalószínűbb tartalma.

Egy további tanulmányban azt találtuk, hogy szemben más főemlősökkel (Tauzin et al., 2020), az embergyerek maga is képes mások hamis vélekedését korrigálni (Tauzin et al., 2024). A kutatásunkban tizennyolc hónaposoknál vizsgáltuk, hogy képesek-e úgy módosítani a mutatójukat, hogy azzal egyértelműen jelezzék a kommunikatív partnernek egy tárgy helyét. A kommunikatív partner vagy ismerte a tárgy helyét, vagy egyáltalán nem tudta, hol van, esetleg bizonytalan volt vele kapcsolatban, vagy hamis vélekedése volt róla. Az eredményeink azt mutatták, hogy a csecsemők képesek a mutatójuk módosítására, és *szignifikánsan gyakrabban teszik ezt*, amikor a másiknak *releváns információra van szüksége* a tárgy helyéről. Ha tehát a kommunikatív partner nem tudta, vagy rosszul tudta a tárgy helyét, esetleg bizonytalan volt ezzel kapcsolatban, a csecsemők ezt képesek voltak figyelembe venni, és ennek megfelelően alakítani a kommunikatív jelzéseiket. Ez arra utal, hogy mások mentális tudatállapotának megértését nemcsak arra használják a csecsemők, hogy megértsenek másokat, hanem azért is, hogy hatékonyabban tudjanak releváns információt közölni velük.

KONKLÚZIÓ

A fent bemutatott eredmények nem értelmezhetők a tudatelmélet fejlődésének klasszikus nézete alapján. Tizenhárom vagy tizennyolc hónapos csecsemők a klasszikus nézet szerint nem rendelkezhetnének tudatelmélettel. Ha csak implicit tudatelmélettel rendelkeznének, ahogy azt Ian Apperly és Stephen Butterfill javasolta, azt nem tudnák alkalmazni kommunikatív helyzetekben. Az empirikus eredmények azonban nem támasztják alá ezeket a nézeteket. Az adatok ugyanis arra utalnak, hogy a tudatelméleti képesség korán megjelenik (lásd Onishi–Baillargeon, 2005; Southgate et al., 2009; Surian et al., 2009), és olyan szofisztikált funkciók alapjául szolgál, mint a kommunikáció megértése vagy a kommunikatív jelek produkciója. Ezek a tanulmányok arra utalnak tehát, hogy nemcsak óvodáskorú gyerekek, de csecsemők is rendelkeznek tudatelmélettel. Amennyiben a tudatelmélet jelentését a klasszikus munkák alapján értelmezzük, ez valóban nehezen elfogadható állítás, elvégre a csecsemők nem tudják szóban megfelelően kifejezni magukat. Emellett, mások téves vélekedése alapján a viselkedésük előrejelzése is sokszor nehézséget okozhat nekik. Ha azonban megértjük, hogy a tudatelmélet nemcsak egyféle módon mérhető, és nemcsak hamis vagy igaz

vélekedések tulajdonításáról szól, hanem tudás, érzelmek és célok másoknak tulajdonítását is magában foglalja, akkor könnyebb elfogadni, hogy a tudatelméleti képességgel már a csecsemők is rendelkeznek, mert ez nélkülözhetetlen számukra a kognitív fejlődéshez.

IRODALOM

- Apperly, Ian – Butterfill, Stephen (2009): Do Humans Have Two Systems to Track Beliefs and Belief-Like States? *Psychological Review*, 116, 4, 953. DOI: 10.1037/A0016923, <http://www.ianapperly.eclipse.co.uk/Apperly%20&%20Butterfill%202009%20pdf.pdf>
- Brunet-Gouet, Eric – Vidal, Nathan – Roux, Paul (2023): *Can a Conversational Agent Pass Theory-Of-Mind Tasks? A Case Study of ChatGPT with the Hinting, False Beliefs, and Strange Stories Paradigms*. <https://hal.science/hal-03991530>
- Buttelmann, David – Carpenter, Malinda – Tomasello, Michael (2009): Eighteen-Month-Old Infants Show False Belief Understanding in an Active Helping Paradigm. *Cognition*, 112, 2, 337–342. DOI: 10.1016/J.Cognition.2009.05.006, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027709001115?via%3Dihub>
- Dennett, Daniel (1978): Beliefs about Beliefs. *Behavioral and Brain Sciences*, 1, 4, 568–570. https://www.researchgate.net/publication/231855452_Beliefs_about_beliefs_PW_SRB
- Dennett, Daniel (1989): *The Intentional Stance*. MIT Press. DOI: 10.1017/S0140525x00076664
- Forgács Bálint – Tauzin Tibor – Gergely György et al. (2022): The Newborn Brain Is Sensitive to the Communicative Function of Language. *Scientific Reports*, 12, 1220. DOI: 10.1038/S41598-022-05122-0, <https://tinyurl.com/3jw5ayuk>
- Grosse Wiesmann, Charlotte – Friederici, Angela – Singer, Tania et al. (2020): Two Systems for Thinking about Others' Thoughts in the Developing Brain. *Proceedings of The National Academy of Sciences of the USA*, 117, 12, 6928–6935. DOI: 10.1073/Pnas.1916725117, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1916725117>
- Kovács Ágnes – Téglás Ernő – Endress, Ansgar Denis (2010): The Social Sense: Susceptibility to Others' Beliefs in Human Infants and Adults. *Science*, 330, 6012, 1830–1834. DOI: 10.1126/Science.1190792, <https://www.endress.org/publications/puffo.pdf>
- Krupenye, Cristopher – Kano, Fumihiro – Hirata, Satoshi et al. (2016): Great Apes Anticipate That Other Individuals Will Act According to False Beliefs. *Science*, 354, 6308, 110–114. DOI: 10.1126/Science.Aaf8110
- Onishi, Kristine – Baillargeon, Renée (2005): Do 15-Month-Old Infants Understand False Beliefs? *Science*, 308, 5719, 255–258. DOI: 10.1126/Science.1107621, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027711002009>
- Premack, David – Woodruff, Guy (1978): Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1, 4, 515–526. DOI: 10.1007/978-3-319-16999-6_3117-1, <https://tinyurl.com/5ajwazfp>
- Repacholi, Betty – Gopnik, Allison (1997): Early Reasoning about Desires: Evidence from 14- and 18-Month-Olds. *Developmental Psychology*, 33, 1, 12. DOI: 10.1037//0012-1649.33.1.12, <https://depts.washington.edu/babylab/wordpress/wp-content/uploads/2017/03/RepacholiGopnik1997.pdf>
- Surian, Luca – Caldi, Stefania – Sperber, Dan (2007): Attribution of Beliefs by 13-Month-Old Infants. *Psychological Science*, 18, 7, 580–586. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2007.01943.x, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1dc356d2b4002f29994d35f66db6054867f602bb>

- Tauzin Tibor – Bohn, Manuel – Gergely György et al. (2020): Context-Sensitive Adjustment of Pointing in Great Apes. *Scientific Reports*, 10, 1048. DOI: 10.1038/S41598-019-56183-7, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6978377/>
- Tauzin Tibor – Call, Josep – Gergely György (2024): Infants Point to Satisfy the Epistemic Needs of Their Communicative Partner. In: *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 46. <https://escholarship.org/content/qt3gr3p57b/qt3gr3p57b.pdf>
- Tauzin Tibor – Csik Andor – Kis Anna et al. (2015a): The Order of Ostensive and Referential Signals Affects Dogs' Responsiveness When Interacting with a Human. *Animal Cognition*, 18, 4, 975–979. DOI: 10.1007/S10071-015-0857-1
- Tauzin Tibor – Csik Andor – Kis Anna et al. (2015b): What Or Where? The Meaning of Referential Human Pointing for Dogs (*Canis Familiaris*). *Journal of Comparative Psychology*, 129, 4, 334–338. DOI: 10.1037/A0039462, <https://kisanna.web.elte.hu/doc/tdk/Tauzin2015.pdf>
- Tauzin Tibor – Gergely György (2018): Communicative Mind-Reading in Preverbal Infants. *Scientific Reports*, 8, 9534. DOI: 10.1038/S41598-018-27804-4, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-27804-4>
- Tauzin Tibor – Gergely György (2019): Variability of Signal Sequences in Turn-Taking Exchanges Induces Agency Attribution in 10.5-Mo-Olds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 116, 31, 15441–15446. DOI: 10.1073/Pnas.1816709116, <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1816709116>
- Tauzin Tibor – Gergely György (2021): Co-Dependency of Exchanged Behaviors Is a Cue for Agency Attribution in 10-Month-Olds. *Scientific Reports*, 11, 18217. DOI: 10.1038/S41598-021-97811-5, <https://www.nature.com/articles/s41598-021-97811-5>
- Tauzin Tibor – Kovács Krisztina – Topál József (2016): Dogs Identify Agents in Third-Party Interactions Based on the Observed Degree of Contingency. *Psychological Science*, 27, 8, 1061–1068. DOI: 10.1177/0956797616647518, https://real.mtak.hu/44988/1/tauzin_etal_ACCEPTED.pdf
- Wimmer, Heinz – Perner, Josef (1983): Beliefs about Beliefs: Representation and Constraining Function of Wrong Beliefs in Young Children's Understanding of Deception. *Cognition*, 13, 1, 103–128. DOI: 10.1016/0010-0277(83)90004-5, <https://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/chwe/austen/wimmerperner.pdf>

A STATISZTIKAI TANULÁS HATÁRAI ÚJSZÜLÖTT CSECSEMŐKNÉL

LIMITS OF STATISTICAL LEARNING IN NEWBORN INFANTS

Winkler István¹, Háden Gábor Péter², Tóth Brigitta³

¹az MTA doktora, tudományos tanácsadó, HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Budapest
winkler.istvan@ttk.hu

²PhD, tudományos munkatárs, HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Budapest
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, Budapest
haden.gabor@ttk.hu

³PhD, tudományos munkatárs, HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Budapest
toth.brigitta@ttk.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A statisztikai tanulás szűk értelemben az ingersorok elemei közötti ún. átmeneti valószínűségeknél (milyen valószínűséggel követi A ingert B inger) a környezetből beérkező ingersorokból történő kiemelését, tárolását és felhasználását jelenti. Az eddig elvégzett vizsgálatok alátámasztják a statisztikai tanulás elsődleges szerepét a korai (csecsemőkori) tanulásban. Jelen cikkben négy, kutatócsoportunk által újszülötteken elvégzett vizsgálat eredményeit mutatjuk be, melyek segítségével két kérdésre szeretnénk választ adni: 1) a statisztikai tanulás önmagában magyarázza-e a korai kognitív fejlődésben tapasztalható nagyszabású tanulási teljesítményeket, mint például az anyanyelv elsajátítását, illetve 2) milyen más tanulási formák működnek születéskor? Eredményeink alapján levonható a következtetés, hogy a statisztikai tanulás fontos szerepet tölt be a csecsemők korai kognitív fejlődésében, minősége például előrejelzi a beszédfejlődés későbbi menetét. Ugyanakkor az ingerek időbeli megjelenésének szerkezetét a statisztikai tanulástól független módon emeljük ki. Sőt, az ingerek beérkezésének időbeli egyenletessége (általában, bejósolhatósága) elősegíti a statisztikai tanulás eredményességét. Továbbá eredményeink arra is utalnak, hogy a statisztikai tanulás alkalmazkodik az ingersorok magasabb rendű struktúrája kiemelésének folyamataihoz, ahogyan a szótanulás a kifejezések, mondatok megértésének elsajátításához szükséges részfolyamat.

ABSTRACT

Statistical learning, in a narrow sense, is the extraction, storage, and use of the so-called transition probabilities (the probability that stimulus A is followed by stimulus B) that characterize the sequence of stimuli received from the environment. Previous studies support the notion that statistical learning plays primary role in early (infant) learning. In the present paper, we review

the results of four studies conducted by our research group on newborn infants to answer two questions: 1) whether statistical learning alone explains the extensive learning achievements in early cognitive development, such as the acquisition of one's native language, and 2) what other forms of learning are functional at birth. Our results lead us to conclude that statistical learning plays an important role in early infantile cognitive development; for example, its quality predicts the later course of speech development. At the same time, we extract the temporal structure of stimulus presentation independently of statistical learning. Moreover, isochrony (in general, temporal predictability) of the incoming stimuli facilitates the effectiveness of statistical learning. Further, our results also suggest that statistical learning adapts to the processes of extracting the higher-order structure of the stimulus sequence, just as word learning is a sub-process necessary for learning to comprehend phrases and sentences.

Kulcsszavak: statisztikai tanulás, újszülött csecsemő, predikció, hangfeldolgozás

Keywords: statistical learning, newborn infant, prediction, sound processing

BEVEZETÉS

A pszichológia és az idegtudományok elmúlt negyven évének egyik legjelentősebb felismerése, hogy az ember (és valószínűleg, legalábbis a fejlett állatok) észlelése és viselkedése inkább proaktív, mint reaktív (Gregory, 1980; Friston, 2005). Jól szemlélteti ezt a klasszikus kondicionálás értelmezésének megváltozása. A klasszikus kondicionálás során a választ kötelezően kiváltó (feltétlen) inger előtt következetesen bemutatott, eredetileg a válaszhoz nem kötődő (feltételes) inger a sokszori társítás eredményeképpen önmagában is kiváltja a választ. Ezt általában Ivan Petrovics Pavlov (valójában ebben a formában soha el nem végzett) kísérletével szokás szemléltetni, melyben egy kutya minden falat megkapása (feltétlen inger) előtt egy csengőhangot hall (feltételes inger). A társítás után a csengőhang önmagában is kiváltja a nyáleválasztást (válasz). E tanulási alapjelenség hagyományos magyarázata, hogy a feltételes inger asszociáció révén aktiválja a választ – azaz az agy a feltételes ingerre reagál. Ma inkább azt mondanánk, hogy az agy megtanulta, hogy a feltételes ingert a feltétlen követi, és előkészül annak fogadására – azaz proaktívan működik.

A proaktív viselkedés előfeltétele az előrejelzés, melyet az ingersorok szabályainak kiemelése alapoz meg. Habár a modern pszichológia szinte a kezdetektől fogva vizsgálja az ingersorok tanulását, érdekes módon a csecsemőkori nyelvtanulás magyarázatának igénye irányította rá a figyelmet a sorrend jelentőségére az ingersorok egységeinek kiemelésében és ezáltal a szabályok hierarchiájának elszámításában. Jenny R. Saffran és szerzőtársai (1996) alapvető jelentőségű kísérletükben azt találták, hogy a vizsgálati személyek megkülönböztették a korábban hallott mesterséges szavakat azoktól, melyekkel még nem találkoztak. Kísérle-

tükben a hallott és nem hallott mesterséges szavak csupán abban tértek el egymástól, hogy a korábban szünetek nélkül bemutatott szótagsorban az őket alkotó szótagok gyakran vagy ritkán követték-e egymást a megfelelő sorrendben. Azaz az egymásra következés valószínűsége (az ún. átmeneti valószínűség) lehetővé teszi, hogy egy strukturált hangsorban elhatároljuk egymástól a hangsort alkotó egységeket – a beszédre vonatkoztatva például a szavakat. Szűk értelemben az átmeneti valószínűségek tanulását nevezzük statisztikai tanulásnak (a fogalom kiterjesztését lásd például Fiser–Lengyel, 2022). A tény, hogy az emberi agy érzékeny az átmeneti valószínűségekre, alátámasztja az agy proaktív működését feltételező szemléletet, hiszen ezek az információk alkalmasak a hamarosan bekövetkező események előrejelzésére.

Fontos kérdés tehát, hogy az újszülött agy is érzékeny-e az átmeneti valószínűségekre, illetve használja-e ezeket az ingerekre adott válaszok kialakításában. Számos vizsgálat kimutatta, hogy az újszülöttek detektálják egy hangsor szabályosságait megsértő hangokat (Kushnerenko et al., 2013). Valószínűsíthető, hogy ennek során, a felnőttekhez hasonlóan, felhasználják az agyuk által automatikusan előállított előrejelzéseket (Háden et al., 2015). A nyelvelsajátítási vizsgálatokból pedig leszűrhető, hogy az újszülöttek is kiemelik a hangsorokból az egységek közötti átmeneti valószínűségeket, és ez a képességük valószínűleg fontos szerepet tölt be az anyanyelv elsajátításában. Ugyanakkor kétségtelen, hogy a statisztikai tanulás nem az egyetlen tanulási forma, amely elősegíti az észlelés fejlődését és ezen belül a nyelvelsajátítást (összefoglalót lásd Winkler–Lukács, 2017). A továbbiakban saját, a közelmúltban végzett kutatásainkból adunk ízelítőt a statisztikai és azt ezt kiegészítő tanulási formák működéséről újszülött csecsemőkön végzett vizsgáataink alapján.

STATISZTIKAI TANULÁS ÚJSZÜLÖTT CSECSEMŐKNÉL

Bár a statisztikai tanulás elmélete eredetileg a nyelvelsajátítás kontextusában alakult ki, és a korai vizsgálatok elsősorban a szótanulásra fókuszáltak, az azóta lefolytatott nagyszámú vizsgálat bebizonyította, hogy egy általános mechanizmusról van szó, mely bármilyen modalitású (például képekből álló) ingersor feldolgozásában szerepet játszik, és egyaránt érvényesül az alacsonyabb (például szavak) és magasabb rendű ingeregységek (például kifejezések) elhatárolásában és elsajátításában (Aslin, 2016). A statisztikai tanulás további fontos tulajdonságai közé tartozik, hogy nem igényel explicit instrukciókat, azaz elegendő hozzá, hogy az alany találkozzon az adott strukturált ingersorral, akár úgy is, hogy nem figyel rá. Ráadásul a statisztikai tanulás igen gyorsan végbemegy: a struktúra bonyolultságától függően lehet néhány másodperc (például egy ismétlődő hangsor), de legfeljebb néhány órát vesz igénybe (például egy ismeretlen nyelvben

milyen fonémák követik szokásosan egymást egy szón belül). Ezek a tulajdonságok alapvetően szükségesek ahhoz, hogy a bennünket körülvevő változó, zajos környezetben ki tudjuk emelni egy ingersor szabályosságait. Az anyanyelv elsajátítása során például meg kell küzdeni a beszéddel párhuzamosan a környezetben előforduló zajokkal, az egyes beszélők egymástól eltérő, a beszéd tartalmához, a beszélő belső állapotához és a közlés érzelmi töltéséhez alkalmazkodó, időben is változó artikulációjával (csecsemőknél részletesebben lásd Winkler, 2015).

A hallási deviánsdetekció egyike azoknak a területeknek, melyen gyakran vizsgálják különböző hangsorok szabályosságainak kiemelését nem figyelt helyzetekben. A legegyszerűbb esetben a vizsgálati személy egyetlen ismétlődő hangból (standard) álló hangsort hall, miközben valamilyen elterelő (például látási) feladatot teljesít. Az ismétlődő hangsorba a kísérletezők időnként egy-egy eltérő hangot (deviáns) iktatnak be. Ez az ún. kakukktojás paradigma. A deviáns és a standard hangra adott agyi elektromos válasz különbsége egy olyan jelösszetevőt (komponenst) tartalmaz, mely az eltérés detektálását jellemzi: ezt nevezzük eltérési negativitásnak (EN) (Näätänen, 1990). A modern elméletek szerint az EN-komponens az agyban a hangsor folytatására kialakult előrejelzések megsértésének detektálását jelzi (Fitzgerald–Todd, 2020). Bár az EN keletkezésének más lehetséges magyarázatai is vannak, ez a hipotézis kompatibilis valamennyi publikált EN-tanulmány eredményével. Ezen belül az EN megjelenése azokban a kísérletekben, ahol a deviánst csak valamilyen hangok közötti reláció különbözteti meg a standardtól, viszonylag erős érv az előrejelzési hipotézis mellett, mert azt mutatja, hogy az EN mögött álló ingerfeldolgozási műveletek nemcsak az egyedi hangokat, hanem azoknak az előző hanghoz való viszonyát is figyelembe veszik. Ez jól illeszkedik a statisztikai tanulás, és általánosabban az előrejelző észlelés elvéhez. Ilyen bizonyítékot szolgáltat újszülöttekre vonatkozóan Hádén Gábor Péter és szerzőtársainak (2015) vizsgálata, melyben folytonosan ereszkedő hangok sorában jelentek meg időnként emelkedő hanglépések. A hangsor közepén megjelenő emelkedő hangközre adott agyi választ összehasonlítva a hangsor legelején ugyanerre a mintázatra kapott válasszal (amikor még nem állapítható meg, hogy a hangsor szabályossága az ereszkedő dallam), kimutatható volt az EN csecsemőkre jellemző változata (az eltérési válasz, EV). Hádén és szerzőtársai (2015) eredménye azt valószínűsíti, hogy a hangfeldolgozás újszülött csecsemők esetében is a felnőttekhez hasonló elvek alapján megy végbe.

A deviánsdetekció mellett az agyi elektromos aktivitás változása, legalábbis felnőtteknél, jelzi azt is, amikor egy adott hangmintázat bejósolhatóvá válik az agy számára, például mert valószínűleg megegyezik egy korábban már hallott mintázattal (Barascud et al., 2016). Mindezek alapján a hallási eseményfüggő elektromos agyi aktivitás mérése és a deviánsdetekciós paradigma felhasználható (és általunk is használt) módszerek a hangsorok tanulásának vizsgálatára, ezen belül a statisztikai tanulás hatásainak tesztelésére (az összefoglalót lásd Kujala et al., 2023).

Hangmintázatok ismétlődésének detektálása újszülötteknél

Egy nemrégiben közölt vizsgálatunk hangmintázatok tanulási folyamatát mérte alvó újszülötteken (Tóth et al., 2023). Az újszülöttek két különböző típusú, három másodperces hangmintát hallgattak véletlenszerű sorrendben. Az egyik típusú hangminta hatvan tiszta, különböző hangmagasságú hang véletlenszerű sorozata volt. A másik típus szintén hatvan hang sorozata volt, de ebben az esetben az első tíz hang alkotta hangsort ötször megismételtük (szabályos hangsor). A szabályos hangsor esetében a hallórendszernek módja volt a tíz hangból álló hangmintázat ismétlődését megtanulni. A véletlenszerű és a szabályos hangsor hatására megjelenő agyi aktivitást összehasonlítva azt találtuk, hogy azok a szabályos hangsorban ismétlődő tíz hangból álló mintázat harmadik bemutatásától (második ismétlődésétől, a hangsor kezdetétől számítva egy másodperctől) kezdve statisztikai értelemben jelentősen eltértek egymástól. A megfigyelt tanulási hatás rendkívül gyors, és ezért nem magyarázható egyszerű idegrendszeri fáradási mechanizmusokkal. A szabályos hangsort a szabálytalantól megkülönböztető elektromos agyi aktivitás forrása parietális régiókhöz köthető, nem pedig az elsődleges hallókéreghez, ahol a hangok alapvető tulajdonságainak kiemelése zajlik. Ezzel szemben a parietális kéregben az inger modalitásától független általánosabb összefüggések kiemelése zajlik. Ezért eredményünk arra utal, hogy a mintaismétlődés detektálása magasabb szintű kognitív folyamat. A tanulás hatékonyságának felmérésére a vizsgálatban használt hangsorokat egy matematikai modell segítségével is kiértékeljük (Information Dynamics of Music, IDyOM) (Pearce et al., 2010), mely a statisztikai (bayesi) értelemben ideális észlelő szempontjából mutatja ki, hogy az előzmények alapján mekkora az adott hang megjelenésének meglepetésértéke (információs tartalma). A matematikai modell a véletlenszerű és a szabályos hangsorok között átlagosan a második ismétlődés felénél tud különbséget tenni. Ez csak néhány száz millisekondummal előzi meg az újszülött hallórendszerének teljesítményét. Összességében eredményeink alátámasztják, hogy hangmintázatok statisztikai tanulása újszülött csecsemők esetében is a felnőttekéhez (illetve az ideális észlelő modelljéhez; Barascud et al., 2016) hasonló elvek alapján megy végbe, csak valamivel lassabban.

Szótagokból szavak – előrejelzés és statisztikai tanulás újszülötteknél

A kísérletben a szótanulást vizsgáltuk újszülötteknél (Suppanen et al., 2022). Előszörként egy olyan hangsort hallottak, melyben két két szótagú szó szerepelt azonos gyakorisággal (a szótagokat betűkkel helyettesítve az AB és CD szavak). A szavak teljes hossza egységes volt, és ezen belül a második szótag mindig ugyanakkor kezdődött. A két egymást követő szót azonos hosszúságú csend választotta el. Ezután egy olyan hangsort mutattunk be, melyben magas valószínűséggel fordult elő az AB szó (standard), egymás között egyenlő valószínűséggel pedig négy különböző ritka deviáns szó: AD, AX, CB és CD. A teszt hangsor szavai közül tehát

a gyakori (AB) és az egyik ritka szó (CD) ismerős volt a babáknak a bemutató hangsorból. A másik három ritka szó közül kettő (AD és CB) olyan szótagokból állt, melyek szerepeltek a bemutató hangsorban, de sosem ebben a sorrendben. Végül az AX szóban az ismerős 'A' szótagot egy, a bemutató hangsorban nem hallott szótag ('X') követte. A szavaknak a finn nyelvben nem volt jelentésük, kivéve az AD kombinációt.

Az átmeneti valószínűségek tanulását a CD és CB deviánsok második szótagjára ('D', illetve 'B') adott válaszok összehasonlításával vizsgálhatjuk. Ha ugyanis az előzetes bemutatás során az újszülöttek megtanulták, hogy a 'C' szótagot mindig a 'D' szótag követi, akkor a CB szavak megsértik az ebből fakadó elvárást. Minden egyéb szempontból a CB és a CD szavak azonos módon szerepeltek a teszt hangsorban. Ha tehát a CD és CB szavakban a 'D' (ismerős folytatás a 'C' után) és a 'B' szótagra (a bemutatóban nem szereplő folytatás a 'C' után) különböző választ kapunk, akkor azt úgy értelmezhetjük, hogy az újszülött csecsemők a bemutatás során megtanulták a 'C' és az azt követő szótag közötti magas feltételes valószínűséget, és a teszt hangsorban detektálták, hogy a 'C' után beérkezett szótag megegyezett-e vagy sem az előre jelzett várható szótaggal. (A 'C' és a 'B' szótag akusztikai különbözőségéből származó hatást a kísérleti paradigma megfelelő kialakításával küszöböltük ki.)

A CD és CB szavak által kiváltott eseményfüggő agyi potenciálok statisztikai értelemben jelentősen különböztek a második szótag kezdetétől számított 200 és 400 ms közötti időszakban, míg a két szóra adott válasz egyetlen más időszámban sem tért el egymástól. Ez egyértelmű bizonyítéka annak, hogy az újszülött csecsemők agya megjegyzi a beszédhangok sorrendjének szabályosságait. A CD és CB szavakra adott válaszok nagyságának különbsége (tehát az előrejelzés megsértését követő agyi reakció mértéke) pedig statisztikai értelemben jelentősen összefüggött az ugyanezen babák által két éves korban használt szavak átlagos hosszúságával (MacArthur-Bates Communicative Development Inventory, [MB] CDI). A beszédben használt szavak átlagos hossza jól jellemzi a csecsemők/kisgyerekek beszédfejltségét. Eredményünk eszerint arra is utal, hogy a szótagok közötti átmeneti valószínűségek megtanulásának foka (vagy a tanult átmeneti valószínűségek megsértésére való érzékenység mértéke) összefüggésben áll a beszédtanulás minőségével és/vagy sebességével.

TÚL A STATISZTIKAI TANULÁSON

Sok kutatás foglalkozott a nyelvelsajátítás statisztikai tanuláson túli jelzőmozzanataival (az összefoglalót lásd Winkler–Lukács, 2017). A legjelentősebb közülük a prozódia (Gervain, 2018), mely önmagában is elegendő a szóhatárok kijelölésére csecsemőknél (Fló et al., 2019). Azonban a prozódia nem egy elemi hangvonalas,

hanem a beszéd során több független hangtulajdonság (például hangerő, hangmagasság, időzítés) együttes modulációjával alakítjuk ki, mondandónknak, érzelmi állapotunknak, a partnerrel való kapcsolatunknak megfelelően. Ezért érdemes megvizsgálni, hogy a csecsemők a prozódia jelzőmozzanatai közül mely hangtulajdonságokat használják fel egy hangsor strukturálására.

Egy másik fontos kutatási irány a hangsorok magasabb rendű struktúrájának szerepét vizsgálja. Ismét a beszédből kiindulva, tudjuk, hogy a szavak sokszor kifejezésekben jelennek meg, és mondatokat alkotnak. Vajon a lokális statisztikai tanulás milyen viszonyban áll a tágabb struktúra kiemelésével csecsemőknél? Az alábbiakban e kérdések megválaszolására végzett vizsgálatainkból adunk ízelítőt.

RITMUSÉSZLELÉS A STATISZTIKAI TANULÁSON TÚL ÚJSZÜLÖTTEKNÉL

Újszülötteknél kimutatták, hogy képesek szabályosságokat kinyerni hangsorokból, mind az egyes hangok szabályos sorrendjének kiemelésével (lásd fentebb, az összefoglalót lásd Kushnerenko et al., 2013), mind pedig a hangsor idői periodicitásának kinyerésével (Winkler et al., 2009). Utóbbit a zenei irodalomban ritmus- vagy ütemérzékelésnek nevezik. Azonban a két különböző típusú szabályosság gyakran összekeveredik az azonos időközönként bemutatott hangokból álló (egyenletes ütemű) hangsorokban, mivel mind az átmeneti valószínűségekre alapuló statisztikai tanulás (hangsúlyos hangot mindig hangsúlytalan követ), mind az ütemérzékelés (a hangsúlyos és a hangsúlytalan hangok azonos idővel követik egymást) hatékony lehet a hangsúlyos és hangsúlytalan hangok rendszeres váltakozása esetén. Ennek a két folyamatnak az elkülönítéséhez egy elektroencefalográfiai (EEG) vizsgálatban (Háden et al., 2024) manipuláltuk a hangsorok bemutatásának egyenletességét, hogy elkülönítsük a statisztikai tanulást az ütemérzékeléstől alvó újszülötteknél, ahogy azt korábban felnőtteknél (Bouwer et al., 2016) és makákó majmoknál (Honing et al., 2018) már megtették. Egy felváltva hangsúlyos/hangsúlytalan hangsorozatot használtunk, amely egyenletes ütemben bemutatva erőteljes ütemérzetet idéz elő, de véletlenszerű időzítéssel nem kelti ugyanezt a benyomást. Ezután összehasonlítottuk a deviánsokkal kiváltott eltérési válaszokat (EV), attól függően, hogy a deviánsok hangsúlyos vagy hangsúlytalan pozíciókban jelentek-e meg a hangsorban. Az eredmények egyértelmű különbséget mutattak a hangsúlyos és hangsúlytalan pozíciók között az egyenletesen bemutatott hangsorban. Nem találtunk azonban ilyen különbséget a hangok sorrendjében azonos, de véletlenszerű időzítéssel bemutatott hangsorban. Ez az eredmény további bizonyítékot szolgáltat arra, hogy az ütemfeldolgozás újszülötteknél is megtörténik (Winkler et al., 2009), és a hangnak a hangsor ritmusában betöltött szerepe jelentősen befolyásolja a hang feldolgozását. Annak ellenére, hogy a statisztikai tanulás működését újszülötteknél több korábbi kísérlet ered-

ményei is alátámasztják (lásd fentebb; az összefoglalókat lásd Kujala et al., 2023; Winkler–Lukács, 2017), ebben a vizsgálatban nem találtunk erre bizonyítékot a véletlenszerű időzítéssel bemutatott hangsorok esetén: a deviáns hangok ekkor nem váltottak ki statisztikailag jelentős EV-t. Mivel a korábbi statisztikai tanulási vizsgálatok csecsemőknél egyenletes időzítéssel bemutatott hangsorokat alkalmaztak, a jövőben megvizsgálandó, hogy vajon az egyenletes időzítésű bemutatás hogyan támogatja a statisztikai tanulást csecsemőknél. Mindenesetre a jelen vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a ritmusérzékelés az újszülötteknél nem magyarázható kizárólag a hangok sorrendjének statisztikai tanulásával. Eredményeink arra utalnak, hogy a hangsorok idői szerkezetének kiemelése és a statisztikai tanulás valószínűleg kölcsönösen kiegészítik egymást a hangsorok észlelési/kognitív feldolgozásában és ezen belül a sorban várható hangok előrejelzésében.

Átmeneti valószínűségek és tágabb struktúra feldolgozása újszülötteknél

Vizsgálatunkban (Todd et al., 2022) két kakukktojás paradigmára adott agyi válaszokat hasonlítottunk össze. Az egyik a hagyományos változat volt, azaz a gyakori hosszú hangot időnként egy-egy rövidre cseréltük, vagy fordítva. A hangsorokat egyenletes ütemben mutattuk be kb. 40-40 perces hosszúságban. A másik kakukktojás paradigmában ugyanez a két hang szerepelt, és a hangok lokális valószínűsége is egyezett a hagyományos változattal. A különbség abban rejlett, hogy a másik hangsortípusban 4,2 percenként felcseréltük a gyakori és a ritka ingert. Azaz a hangsor első 4,2 percében a hosszú inger volt a gyakori, a rövid pedig a ritka, majd minden átmenet nélkül a rövid lett a gyakori, a hosszú pedig a ritka. A hangsorok négy ilyen ellentétes szakaszból álltak.

A kétfajta kakukktojás hangsor tehát tágabb struktúrájukat tekintve különbözött egymástól: míg az egyik teljes hosszában egynemű volt, a másik 4,2 percenként váltakozott. Bár a lokális átmeneti valószínűségek tekintetében a standard és a deviáns hang viszonya azonos volt a kétféle hangsorban, a tágabb struktúrát tekintve azonban a lokális deviánsok szerepe más és más volt. Az egynemű hangsorban a deviáns része volt a hangsor tágabb értelemben vett szerkezetének (többnyire az egyik, ritkábban a másik hang hallható), míg a váltakozó hangsorban a deviáns jelezte, hogy a tágabb struktúra (a váltakozó összetételű szakaszok) melyik elemét hallja éppen a csecsemő. Ha tehát eltérést találunk a ritka inger feldolgozását kísérő válaszokban, akkor az a tágabb struktúra hatását mutatja a hangsorok feldolgozására.

Meglepetésünkre a hosszú egynemű hangsor bemutatása alatt rögzített válaszok nem mutattak különbséget a gyakori és a ritka inger között. Ez ellentétben áll azokkal a korábbi vizsgálatokkal, melyekben a jelenhez hasonló egynemű ingersor bemutatásakor a ritka ingerekre adott válaszokban az EV-komponens jelenlétét mutatták ki. Ugyanakkor a váltakozó hangsorban a gyakori és a ritka ingerek a jelen vizsgálatban is eltérő válaszokat váltottak ki. Értelmezésünk szerint

az egynemű hangsorban az újszülöttek azért nem adtak eltérő választ a gyakori és a ritka ingerre, mert a jelen paradigmában sokkal hosszabb hangsort mutattunk be nekik (kb. negyven perc), mint ahogyan az a korábbi hasonló vizsgálatokban történt (tipikusan öt–tíz perc hosszú hangsorok). A hosszú hangsorban a deviáns egy idő után már nem hordoz új információt, pusztán megerősíti a tágabb struktúra fennállását. Ha tehát a csecsemők agya áttér ennek a tágabb struktúrának a reprezentációjára, akkor a lokális deviáns ingerek a tágabb struktúrában szabályosként értelmezhetők. Ez az eredmény azt sejteti, hogy születésünktől fogva agyunk a környezet szélesebb értelemben vett megértésére törekszik, és ennek alárendeli a lokális fluktuációk pontosabb leírását, kivéve, ha a pillanatnyi célunk szempontjából azok relevánsak.

A váltakozó hangsorokban a deviánsok a tágabb struktúra szakaszait jelölik, és ezért végig megmarad információs jelentőségük. Ezt az értelmezést támasztja alá, hogy amennyiben a csecsemők (és hasonlóképpen a felnőttek) agya felfedezi a hangsor tágabb struktúráját, akkor a hangsort ennek megfelelően dolgozza fel. Stefanics Gábor és szerzőtársai (2007) azt találták, hogy a felnőttekhez hasonlóan újszülött csecsemőknél sem jelenik meg az EV-komponens akkor, ha a kakukktojás paradigmában a ritka hang szabályos időközönként jelenik meg a gyakori hangok között (például AAAABAAAAB..., ahol 'A' a gyakori, 'B' pedig a ritka hangot jelöli). Eközben ugyanezeket a hangokat ugyanilyen arányban bemutatva a ritka hangok EV-t váltanak ki, amennyiben véletlenszerűen (nem bejósolható időközönként) jelennek meg.

Eredményünk tehát azt sugallja, hogy az átmeneti valószínűségeken alapuló statisztikai tanulás nem független a tágabb struktúra feldolgozásától. Sőt, a statisztikai tanulás már újszülött csecsemőknél is elsősorban megalapozza a tágabb struktúra kiemelését a hangsorokból. A beszédtanulásra átfordítva ez azt jelenti, hogy a csecsemők például a szavakat nem önmagukban, hanem egy-egy kifejezés vagy mondat részeként tanulják meg.

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

Vizsgálataink eredményei egyértelműen arra mutatnak, hogy a statisztikai tanulás fontos szerepet tölt be a környezetből érkező, idői-sorrendi sorba rendezhető információk szerkezetének felderítésében, és az ezeken alapuló előrejelzések kialakításában. Különösen fontosnak látszik az az eredmény, mely szerint a statisztikai tanulás újszülött kori minősége előre jelzi az anyanyelv elsajátításának minőségét. Ugyanakkor a szűk értelemben vett statisztikai tanulás csak egy elem a különböző tanulási képességek rendszerében. Független tőle az ingerek idői struktúrájának felderítése, mely egyben segíti a statisztikai tanulást. A másik oldalon a statisztikai tanulás elősegíti az ingersorok magasabb rendű

szerkezetének kiemelését. A magasabb rendű szerkezet (hierarchia) felépítéséhez szükséges, hogy az agy teljes ingersorokat is képes legyen egységként kezelni. Ez lehetővé teszi azt is, hogy az egymást nem közvetlenül követő ingerek összefüggéseit is detektáljuk, és ezáltal ezekre is készülhessenek előrejelzések. Hozzá kell tenni, hogy a statisztikai tanulás fogalmának kiterjesztésével a cikkben vizsgált egyéb tanulási formákat is lehet statisztikai tanulásnak tekinteni, hiszen az idői struktúra is leírható statisztikai jellemzők segítségével, illetve az egység fogalmát az egyedi ingerről ingersorokra általánosítva a statisztikai tanulás az összetett struktúrák egymás közötti viszonyának leírásában is értelmezhető. Kérdés azonban, hogy az emberi agy ezekre a képességekre külön mechanizmusokkal rendelkezik-e, avagy egy általános statisztikai tanulási mechanizmust működtetünk, melyhez különböző előkészítő utak szolgáltatnak bemenetet.

Eredményeink alapján további kutatási kérdéseket lehet feltenni. Ilyen például az eltérő típusú hangok közötti összefüggések: hogyan változik a tanulási hatás, ha a hangmintázatok más típusú vagy összetettebb hangokra, például beszédre vagy zenei elemekre vonatkoznak, és vannak-e olyan jellemzők ezekben a hangkategóriákban, amelyek elősegítik vagy gátolják a tanulást? Hogyan befolyásolják a kontextuális tényezők, például a háttérzaj vagy a versengő hangforrások jelenléte a tanulás hatékonyságát? Milyen szerepet tölt be az ingermodalitások közötti egyezés a statisztikai tanulásban, illetve hogyan hasznosítható az egyik modalitásban (például hallásban) megtanult szabályosság egy másik modalitásban (például látásban). Felmerül a hallási statisztikai tanulás összekapcsolása a cselekvés szervezésével. Milyen tanulási formák segítik elő a közös szinkronizált cselekvést?

Jövőbeli kutatásainkban arra is keressük a választ, hogy vannak-e kritikus vagy érzékeny időszakok a fejlődés során, amikor a statisztikai tanulás hatékonyabb vagy kevésbé hatékony, és ezek a periódusok hogyan kapcsolódnak a statisztikai tanulásban részt vevő különböző kognitív és idegi mechanizmusok éréséhez. Nagyon fontos a hosszú távú hatások kérdése is: vajon a korai életkorban alkalmazott hangmintázat-tanulási mechanizmusok befolyásolják-e a csecsemők későbbi kognitív fejlődését, például a beszédelsajátítást? E kérdések megválaszolása nagy előrelépést jelentene a tanulás és a gondolkodás kialakulásának megértésében: honnan indulunk, és mi teszi lehetővé a felnőttekre jellemző, a csecsemőkénél sokkal részletesebben vizsgált és leírt észlelési és kognitív működés kialakulását. Továbbá alvó újszülött csecsemőknél viszonylag tisztán vizsgálhatók a tanulás figyelmet és előzetes tudást nem igénylő folyamatai, melyek felnőtteknél csak közvetetten tanulmányozhatók. Másrészt a csecsemőkori tanulásról megszerzett ismeretek közvetlen gyakorlati célokat is szolgálnak: lehetőséget teremtenek az észlelési és tanulási készségek fejlesztésére, azaz a csecsemők észlelésének korai fejlesztésére irányuló terápiás vagy oktatási programok kialakítására. Az ilyen programokban nagy lehetőségek rejlenek, mert az agy plaszticitása ebben

az időszakban jelentősebb, mint a későbbi életkorokban. Ezért minél korábban történik meg egy célzott beavatkozás, annál nagyobb hatás várható tőle. Természetesen ehhez tudnunk kell, hogy melyek azok a korai folyamatok, melyek befolyásolják a későbbi, a mindennapi életben jelentős képességek alakulását, illetve a korai működés milyen eltérései jelzik előre a fejlődési problémákat. Kutatásaink során igyekszünk figyelembe venni mind a tudomány, mind pedig a gyakorlati alkalmazás lehetőségeinek szempontjait.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

E cikk megírásához támogatást nyújtott a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (ANN131305 pályázat T. B. számára, FK139135 H. G. P. számára és K147135 pályázat W. I. számára) és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00523/21/2 H. G. P. számára). A cikk a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-5-BME-429 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával (H. G. P. számára) készült.

IRODALOM

- Aslin, Richard N. (2016): Statistical Learning: A Powerful Mechanism That Operates by Mere Exposure. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8, 1–2, E1373. DOI: 10.1002/Wcs.1373, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5182173/>
- Barascud, Nicolas – Pearce, Marcus T. – Griffiths, Timothy D. et al. (2016): Brain Responses in Humans Reveal Ideal Observer-Like Sensitivity to Complex Acoustic Patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 113, 5, E616–E625. DOI: 10.1073/pnas.1508523113m, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1508523113>
- Bouwer, Fleur L. – Werner, Carola M. – Knetemann, Myrthe (2016): Disentangling Beat Perception from Sequential Learning and Examining the Influence of Attention and Musical Abilities on ERP Responses to Rhythm. *Neuropsychologia*, 85, 80–90. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.018m, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393216300549?via%3Dihub>
- Fiser József – Lengyel Gábor (2022): Statistical Learning in Vision. *Annual Review of Vision Science*, 8, 265–290. DOI: 10.1146/annurev-vision-100720-103343, <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-vision-100720-103343>
- Fitzgerald, Kaitlin – Todd, Juanita (2020): Making Sense of Mismatch Negativity. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 468. DOI: 10.3389/fpsy.2020.00468, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2020.00468/full>
- Fló, Ana – Brusini, Perrine – Macagno, Francesco et al. (2019): Newborns Are Sensitive to Multiple Cues for Word Segmentation in Continuous Speech. *Developmental Science*, 22, 4, e12802. DOI: 10.1111/desc.12802, https://pure.manchester.ac.uk/ws/portalfiles/portal/85181273/Flo_DevSci2019_AAM.pdf

- Friston, Karl (2005): A Theory of Cortical Responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 360, 1456, 815–836. DOI: 10.1098/rstb.2005.1622, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1569488/>
- Gervain Judit (2018): Gateway to Language: The Perception of Prosody at Birth. In: Bartos Huba – den Dikken, Marcel – Bánréti Zoltán et al. (eds.): *Boundaries Crossed, at the Interfaces of Morphosyntax, Phonology, Pragmatics and Semantics*. Springer International Publishing AG, 373–384. DOI: 10.1007/978-3-319-90710-9_23, https://www.researchgate.net/publication/325968905_Gateway_to_Language_The_Perception_of_Prosody_at_Birth
- Gregory, Richard L. (1980): Perceptions as Hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 290, 1038, 181–197. DOI: 10.1098/rstb.1980.0090
- Háden Gábor P. – Bouwer, Fleur L. – Honing, Henkjan et al. (2024): Beat Processing in Newborn Infants Cannot Be Explained by Statistical Learning Based on Transition Probabilities. *Cognition*, 243, 105670. DOI: 10.1016/j.cognition.2023.105670, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027723003049?via%3Dihub>
- Háden Gábor P. – Németh Renáta – Török Miklós et al. (2015): Predictive Processing of Pitch Trends in Newborn Infants. *Brain Research*, 1626, 14–20. DOI: 10.1016/j.brainres.2015.02.048, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899315001778?via%3Dihub>
- Honing, Henkjan – Bouwer, Fleur L. – Prado, Luis et al. (2018): Rhesus Monkeys (*Macaca mulatta*) Sense Isochrony in Rhythm, but Not the Beat: Additional Support for the Gradual Audiomotor Evolution Hypothesis. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 475. DOI: 10.3389/fnins.2018.00475, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2018.00475/full>
- Kujala, Teija – Partanen, Eino – Virtala, Paula et al. (2023): Prerequisites of Language Acquisition in the Newborn Brain. *Trends in Neurosciences*, 49, 9, 726–737. DOI: 10.1016/j.tins.2023.05.011, <https://tinyurl.com/bdeh9a59>
- Kushnerenko, Elena V. – Van den Bergh, Bea R. H. – Winkler István (2013): Separating Acoustic Deviance from Novelty During the First Year of Life: A Review of Event-Related Potential Evidence. *Frontiers in Psychology*, 4, 595. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00595, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00595/full>
- Näätänen, Risto (1990): The Role of Attention in Auditory Information Processing as Revealed by Event-Related Potentials and Other Brain Measures of Cognitive Function. *Behavioral and Brain Sciences*, 13, 201–288. DOI: 10.1017/s0140525x00078407
- Pearce, Marcus T. – Müllensiefen, Daniel – Wiggins, Geraint A. (2010): The Role of Expectation and Probabilistic Learning in Auditory Boundary Perception: A Model Comparison. *Perception*, 39, 10, 1365–1389. DOI: 10.1068/p6507, <https://research.gold.ac.uk/id/eprint/5380/1/p6507.pdf>
- Saffran, Jenny R. – Newport, Elissa L. – Aslin, Richard N. (1996): Word Segmentation: The Role of Distributional Cues. *Journal of Memory and Language*, 35, 606–621. DOI: 10.1006/jmla.1996.0032, <https://tinyurl.com/yynsynxkk>
- Stefánics Gábor – Háden Gábor – Huotilainen, Minna et al. (2007): Auditory Temporal Grouping in Newborn Infants. *Psychophysiology*, 44, 697–702. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2007.00540.x
- Suppanen, Emma – Winkler István – Kujala, Teija (2022): More Efficient Formation of Longer-Term Representations for Word Forms at Birth Can Be Linked to Better Language Skills at 2 Years. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 55, 101113. DOI: 10.1016/j.dcn.2022.101113, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878929322000561?via%3Dihub>
- Todd, Juanita – Háden Gábor P. – Winkler István (2022): Relevance to the Higher Order Structure May Govern Auditory Statistical Learning in Neonates. *Scientific Reports*, 12, 5905. DOI: 10.1038/s41598-022-09994-0, <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09994-0>
- Tóth Brigitta – Velösy Péter K. – Kovács Petra et al. (2023): Auditory Learning of Recurrent Tone Sequences Is Present in the Newborn's Brain. *NeuroImage*, 281, 120384.

DOI: 10.1016/j.neuroimage.2023.120384, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811923005359?via%3Dihub>

- Winkler István (2015): Előbb az összetett, később az egyszerű: Csecsemők magasabb szintű hangfeldolgozási képességei a beszédértés előtti időszakban. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 70, 4, 675–721. DOI: 10.1556/0016.2015.70.4.1, <https://real.mtak.hu/37475/1/0016.2015.70.4.1.pdf>
- Winkler István – Háden Gábor P. – Ladinig, Olivia et al. (2009): Newborn Infants Detect the Beat in Music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 106, 7, 2468–2471. DOI: 10.1073/pnas.0809035106, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0809035106>
- Winkler István – Lukács Ágnes (2017): Beszédhangok észlelése csecsemőkorban: A statisztikai tanulás szerepe. In: Bánréti Zoltán (szerk.): *Általános Nyelvészeti Tanulmányok XXIX. Kísérletes nyelvészet*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 235–265. https://real.mtak.hu/74396/1/anyt29_2017_10_31___nyomdai.pdf

LOGIKAI FEJTÖRŐK CSECSEMŐKNEK: KUTATÁSOK A DEDUKTÍV KÖVETKEZTETÉSEINK EREDETÉRŐL

LOGICAL PUZZLES FOR BABIES: RESEARCH ON THE ORIGINS OF DEDUCTIVE INFERENCES

Kispál Anna¹, Kovács Ágnes Melinda², Téglás Ernő³

¹doktorjelölt, Közép-európai Egyetem Kognitív Tudomány Tanszék, Bécs, Ausztria
kispal_anna@phd.ceu.edu

²egyetemi docens, Közép-európai Egyetem Kognitív Tudomány Tanszék, Bécs, Ausztria
Kognitív Fejlődéslélektani Kutatóközpont, Budapest
kovacsag@ceu.edu

³egyetemi docens, Közép-európai Egyetem Kognitív Tudomány Tanszék, Bécs, Ausztria
Kognitív Fejlődéslélektani Kutatóközpont, Budapest
teglase@ceu.edu

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban azt vizsgáltuk, hogy mikor és milyen formában jelennek meg a logikai gondolkodás előfutárai, és hogy a gyerekek rendelkezésére álló logikai következtetések hogyan támogatják a tanulást és a problémamegoldást. A logikai következtetések fejlődését vizsgáló szakirodalmat ellentmondásos eredmények jellemzik. A kutatások egy része azt mutatja, hogy a gyerekek csak hároméves kor után kezdik megbízhatóan megoldani azokat a feladatokat, amelyekhez több, egymást kizáró alternatíva helyes reprezentálása vagy diszjunktív következtetés szükséges. Ezzel szemben az eredmények másik csoportja arra utal, hogy már csecsemőkorban jól teljesítenek a babák olyan implicit méréseken alapuló feladatokban, amelyek viszont ugyanezekre a reprezentációs struktúrára építenek. Ezek a kutatások azt mutatják, hogy már 12 hónapos csecsemők is képesek különböző hipotézisek felállítására bizonytalan események lehetséges jövőbeli folytatásával kapcsolatban, és helyes következtetéseket vonnak le diszjunkción alapuló tárgyazonosítási feladatokban. Tanulmányunkban az eltérő eredmények, valamint a rájuk épülő különböző elméleti javaslatok közötti ellentmondásokat szeretnénk feloldani.

ABSTRACT

In our study, we investigated when and in what form the precursors of logical thinking emerge, and how the logical inferences available to children supports learning and problem solving. The literature on the development of logical inference is characterized by conflicting results. Some research shows that children do not begin to reliably solve tasks requiring the correct representation of multiple, mutually exclusive alternatives or disjunctive reasoning until after the age of three. In contrast, another set of results suggests that babies perform well in infancy

on tasks based on implicit measures, which in turn rely on the same representational structures. These studies show that infants as young as 12 months are able to formulate different hypotheses about the possible future sequences of uncertain events and to make correct inferences in disjunction-based object identification tasks. In our paper, we aim to resolve the discrepancies between these different results and the different theoretical proposals that build on them.

Kulcsszavak: fejlődéslélektan, kognitív fejlődés, logikus gondolkodás, csecsemőkutatás

Keywords: developmental psychology, cognitive development, logical thinking, infant research

BEVEZETÉS

Első megközelítésre semmi sem állhat távolabb egymástól, mint a bújócskát játszó kisgyerekek, a szórakoztató fejtörők vagy éppen a matematikai egyenletek, utóbbiakat ugyanis nem mindenki találja szórakoztatónak. A fejtörők és a matematikai egyenletek megoldásában mégis közös, hogy logikai műveleteket igényelnek. Azonban nem csak az ilyen problémák megfejtése igényel logikát. Logika van ott is, ahol nem keressük: a bújócskázó kisgyerekek vagy éppen a kulcsait kereső nagymama előbb megpróbálja beazonosítani a lehetséges alternatívákat, majd átgondolni, melyek azok a helyek, amelyek biztonságosan kizárhatóak. A lehetséges helyek számának érdemi csökkentése nagyban növeli a keresés sikerét, miközben lerövidíti a keresésre szánt időt. Ilyen helyzetekkel bizonyára mindenki találkozott, és bár a következtetések nem mindig gyorsak, és nem is mindig pontosak, nagyobb eséllyel vezetnek eredményre, mint a találgatás. Azonban nem csak a felnőttek keresnek elveszettnek hitt tárgyakat, nemcsak a felnőttek tudnak detektív módjára deduktív következtetéseket levonni a nyomra vezető evidenciából. Tanulmányunkban azt vizsgáljuk, hogy ezek a képességek jelen vannak-e már akkor, amikor a legnagyobb szükség van rájuk, azaz gyerek- vagy csecsemőkorban.

A Jean Piaget által meghatározott klasszikus fejlődéslélektani elméletek szerint a logikai képességek egy hosszú fejlődési folyamat eredményeként, csupán a serdülőkorban érik el a felnőttekre jellemző formájukat. Viszont éppen a fejlődés korai szakasza az, amikor rengeteg az új, feldolgozandó inger, ahol a hasznos tudnivalók kiválasztása és megfelelő értelmezése elengedhetetlen ahhoz, hogy új tudás keletkezzen. Már csecsemőknek is előnyös lehet, ha nemcsak az azonnal hozzáférhető ingerekből tanulhatnak, hanem abból is, ami kikövetkeztethető, hiszen a dedukcióval szerzett tudás nagymértékben gyarapíthatja tárgyi és szociális ismereteiket.

A következő részekben elsősorban az utóbbi tíz év kutatásait fogjuk áttekinteni, melyek fő célja annak megállapítása, hogy a fejlődés korai szakaszaiban, akár már a nyelv elsajátítása előtt, rendelkeznek-e a babák logikai fogalmakkal. Továb-

bi cél annak a feltérképezése, hogy melyek lehetnek az első logikai műveletek, és milyen jellemzőkkel rendelkezhetnek. Hol húzódnak a határaik? Vajon a kogníciónak csak egy szűk területén alkalmazhatóak (területspecifikusak), vagy sokoldalú felhasználásuk lehetséges (területáltalánosak)?

A GYERMEKKORI LOGIKA

A dedukció már a kisgyerekek számára is sokoldalú eszköz. Ugyanúgy segíthet megfejteni egy új szó jelentését, mint ahogy segíthet megtalálni egy elrejtett tárgyat. Például ha egy csecsemő azt a szót hallja, hogy „bögre”, mi alapján jön rá, hogy a bögre arra a tárgyra utal, amelyből inni szoktunk, és nem például az asztalra, amelyen a bögre éppen elhelyezkedik? Az új szó ugyanúgy vonatkozhat a bögre fülére, mint a bögre egészére, és az sem zárható ki, hogy egyszerűen csak a bögre és a többi tárgy közti viszonyt jelöli. Ez a *quine-i probléma* (Quine, 1960 [1873]). Bár a „bögre” címke vonatkozhatna bármire a csecsemő környezetében, mégis minden gyermek végül látszólag könnyen elsajátítja a szó konvencionális jelentését. A nyelvelsajátítás kutatói ugyan több alternatívát is felvázoltak a csecsemők gyors szótanulására, minket most azok a kétértelmű helyzetek érdekelnek, melyekben egy új szó régi és új tárgyak jelenlétében hangzik el. Az egyik javaslat szerint ilyen esetekben a gyerekek a quine-i problémát logikai úton, lexikális alapelvek segítségével oldják meg. Ennek egyik előfeltétele, hogy a szavak nem a tárgyak részeit, hanem azok egészét jelölik, miközben a referenciakeresést a *kölcsönös kizárás elve* segíti (Markman–Wachtel, 1988). Az elv lényege, hogy a tárgyak minden kategóriájának csak egy neve lehet. Így amikor egy új szó hangzik el (például „bögre”), kizárható, hogy az egy olyan tárgyra vonatkozik, amelynek a nevét már ismerik (például az asztalra, amennyiben az „asztal” szót már elsajátították), hiszen egy tárgynak nem lehet két neve. Így az új címke csak is az ismeretlen tárgyra vonatkozhat (az asztalon lévő tárgyra, amelynek a neve ezentúl „bögre”). A kölcsönös kizárás elvére épülő következtetés ezzel feloldja az ambivalens helyzeteket, és más szótanulási mechanizmusok mellett segíti a szavak jelentésének elsajátítását.

A kölcsönös kizárás elvének a szótanulásban betöltött szerepét számos kísérlet vizsgálta csecsemőknél (például: Markman et al., 2003; Halberda, 2003; Houston-Price et al., 2010). Ezekben a kísérletekben a babák egy számítógép képernyőjén egy ismerős és egy ismeretlen tárgyat látnak (például egy labdát és egy tranzisztort), majd egy mondatot hallanak: „Hol van a dax?” (ez egy valóságban nem létező, bár angol nyelvi környezetben fonetikailag szabályos szó). Justin Halberda (2003) azt találta, hogy a 17 hónapos babák ilyen esetekben hosszabban néznek az ismeretlen tárgyra, úgy kezelve azt, mint az új címkéhez tartozó referenst, míg a 14 hónaposak választása véletlenszerű. Lehetséges, hogy a babák

következtetéseit ilyenkor egy logikai művelet, a *diszjunktív szillogizmus* struktúráját követik (A VAGY B, NEM A, TEHÁT B). Ez egy lépésről lépésre történő kizárási folyamat, amely az alternatívák azonosításával kezdődik. Például a „dax” szó utalhat a két tárgy egyikére (A = labda VAGY B = tranzisztor). Mivel az egyik tárgyat már ismerik, és azt is tudják, hogy „labda” a neve, így kizárható, hogy a „dax” ugyanarra a tárgyra vonatkozzon (NEM A, vagyis a „dax” nem lehet a labda). Az alternatíva elutasításával bezárul a kör, egyetlen lehetőség marad, a B tárgy (TEHÁT B, vagyis a „dax” a tranzisztor). Így a tranzisztor mint tárgy és a „dax” mint címke összekapcsolhatók, és az új szó elsajátítása megtörténhet. Amennyiben a gyerekek a bizonytalan szótanulási helyzeteket valóban diszjunktív szillogizmus segítségével oldják meg, az arra utalna, hogy a nyelvtanulást nemcsak nyelvspecifikus mechanizmusok, hanem feltehetőleg területáltalános logikai műveletek is segítik.

Ez a feltevés Halberda (2006) szemmozgást követő kísérletében kapta az első határozott megerősítést. Halberda javaslatának lényege, hogy a fent leírt ambivalens szótanulási helyzetben, a referens keresésekor a szem olyan utat jár be, amely tükrözi a diszjunktív következtetés lépéseit. Ennek bizonyítására azokat a teszhelyzeteket vizsgálták, amikor a hároméves gyerekek a kérdés elhangzásakor éppen az ismeretlen tárgyat nézték. Azt találták, hogy ebben az esetben az alanyok az ismeretlen tárgyról ránéztek a már ismert tárgyra, majd vissza az ismeretlenre. Ez arra utal, hogy a résztvevők ilyenkor zárhatták ki a már ismert opciót (az új szó referense NEM a labda), majd a helyes konklúzió levonása során tekintetük megállapodott az ismeretlen tárgyon, amelyhez az új címkét kapcsolták. A jelenség a *dupla ellenőrzés* néven lett közismert. Halberda kísérleteiben a gyerekek és a felnőtt vizsgálati személyek a szemmozgások hasonló mintázatát mutatták. A kutatás így nemcsak egy, a logikai következtetés folyamatára utaló marker, a dupla ellenőrzés meglétét bizonyította, de azt is, hogy a hároméves gyerekek már a felnőttekhez hasonló módon oldják meg a feladatot, feltehetőleg diszjunktív következtetést alkalmazva.

Annak bizonyítására, hogy a gyermekek a felnőttekéhez hasonló, a kogníció több területén is alkalmazható logikai képességekkel rendelkeznek, a nem nyelvi kísérletek kaptak kiemelt figyelmet. A feladatok két nagyobb csoportjáról fogunk beszámolni. Ezeknek egyik csoportja a megoldást az alternatívák helyes kizárásától teszi függővé (Call, 2004; Mody–Carey, 2016). Az ilyen feladatokban a cél egy tárgy megtalálása, amikor két vagy több lehetséges elrejtési hely van. A feladatok másik csoportja az alternatívák együttes kezelését várja el az alanyoktól (Redshaw–Suddendorf, 2016). Az ilyen teszhelyzetekben a résztvevőknek rá kell jönniük arra, hogy egy csőrendszerbe bedobott tárgy több lehetséges kijáraton is hasonló eséllyel távozhat.

Nézzük előbb, hogyan járnak el a gyerekek, amikor elrejtett tárgyakat kell megtalálniuk. Az idetartozó kísérletek egy része egyszerűnek tűnő helyzeteket

tesztel. Például két pohár egyikébe egy tárgyat rejtenek el. Ezután a vizsgálati személyek információt kapnak az egyik pohárról: kiderül róla, hogy üres. Mivel az üres pohár kizárható mint a tárgy rejtekhelye, ez elegendő annak megállapítására, hogy a tárgynak a második pohárban kell lennie, még akkor is, ha erről nem kapunk perceptuális evidenciát. Az elrejtés feladatokat először csimpánzok következtetéseihez tanulmányozásához használták (például Call, 2004), később pedig a gyerekek különböző korcsoportjaira is alkalmazták. A feladat kétpoharas változatait a gyerekek már 15–23 hónapos kortól sikeresen oldják meg (Hill et al., 2012; Mody–Carey, 2016; Szabó–Kovács, 2022). Kérdéses azonban, hogy a gyerekek tényleg deduktív következtetéseket használnak-e a tárgy megtalálásához.

Lehetséges, hogy ilyen helyzetekben a probléma megoldása valóban a diszjunktív szillogizmus lépéseit követi. Ez arra utalna, hogy a gyerekek már korán rendelkeznek általános logikai képességekkel. Ezt a lehetőséget támasztják alá azok az eredmények, miszerint 18 hónapos kortól kezdve a kisbabák nemcsak vizuális információt képesek sikeresen használni egy alternatíva kizárására a fenti tárgykeresés feladatokban (például megmutatjuk, hogy az egyik pohár üres), hanem a verbális logikai negáció különböző formáit is (a pohárba belenézve azt hallják a kísérletvezetőtől, hogy „Nincsen.,” vagy „Nem itt van.”) (Szabó–Kovács, 2022, lásd továbbá Feiman et al., 2017).

Egy másik magyarázat azonban kétségbe vonja ezt a lehetőséget. Elképzelhető ugyanis, hogy a gyerekek az alternatívákat egymástól függetlenül reprezentálják. Így a diszjunkcióra jellemző „A VAGY B” reprezentáció helyett két külön reprezentációt hoznak létre: „LEHET, HOGY A” és „LEHET, HOGY B”. A lehetőségek ilyen reprezentálásának egyik következménye, hogy az A hely kizárásából nem következik, hogy a B hely tartalmazza a tárgyat, hiszen az A és B közötti logikai kapcsolat hiányzik. Miután kiderül az A pohárról, hogy üres, a gyerekek nem azért keresik a tárgyat B pohárban, mert a következtetéseik alapján a tárgy csak ott lehet, hanem azért, mert az is egy lehetséges helye a tárgynak. Ez az elmélet egy egyszerűbb mechanizmussal magyarázná a gyermekek nem nyelvi feladatokban elért teljesítményét (Mody–Carey, 2016).

Shilpa Mody és Susan Carey (2016) vizsgálatuk során arra keresték a választ, hogy az ilyen feladatokban a gyermekek tényleg diszjunktív következtetés segítségével találják-e meg az elrejtett tárgyat, vagy helyette inkább a fent leírt egyszerűbb mechanizmusra támaszkodnak. A két elmélet predikcióit egy bonyolultabb kísérleti elrendezéssel vizsgálták. Négy poharat mutattak be a gyerekeknek, akiknek két elrejtett matricát kellett megtalálniuk egy kísérletvezetővel versengve. A párokba rendezett poharakba egy-egy matricát rejtettek el úgy, hogy a gyerekek nem tudták pontosan, hogy azok melyik pohárba kerültek. Példánkban az egyszerűség kedvéért az egyes poharakat betűkkel jelöltük, és az elrejtett matricák helyét is felfedtük, hogy a kísérleti manipuláció lépései érthetőbbek legyenek.

Képzeljük el, hogy a rejtés folyamán az A–B párosból a B pohárba, míg a C–D párosból a C pohárba kerültek matricák, de ezt a gyerekek nem látták. Ezután a vizsgálatvezető felfedte, hogy az A pohár üres. Ezzel az információval a birtokukban a gyerekek elkezdhetik a matricák keresését. Amennyiben a gyerekek diszjunktív következtetést alkalmaznak a matrica megtalálására, az első keresési helynek a B pohárnak kellene lennie, hiszen az A–B párosból az A pohár már kizárásra került (így a B-nek biztosan tartalmaznia kell az egyik elrejtett tárgyat). Ezzel szemben, ha a gyerekek a négy poharat egymástól független lehetséges helyekként reprezentálják, azt gondolhatják, hogy nemcsak a B, hanem a C vagy a D pohárban is hasonló eséllyel található matricát. Míg a háromévesnél idősebb gyerekek a helyes, B pohárban keresték a matricát az esetek többségében, a két és fél éves gyerekek véletlenszerűen választottak poharat. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy csak hároméves kortól képesek a gyerekek diszjunktív szillogizmus használatára.

A diszjunktív következtetések egyik előfeltétele az alternatívák reprezentálása. Azonban nem egyértelmű, hogy képesek-e a gyerekek egyáltalán két, egymással versengő lehetőség egyidejű reprezentálására. Jonathan Redshaw és Thomas Suddendorf (2016) egy ötletes nem nyelvi feladatot dolgoztak ki, melyben csak az alternatívák együttes kezelése garantálta a sikeres megoldást. Kísérletükben egy fordított Y alakú csőrendszert használtak. Ennek a csőrendszernek egy felső bemeneti nyílása van, amely egy elágazást követően két alsó kivezető nyílásban végződik. Ha a csőbe bedobunk egy tárgyat, az azonos valószínűséggel eshet ki a két kivezető nyílás bármelyikéből. A gyerekek azt a feladatot kapták, hogy minél több tárgyat próbáljanak elkapni. Azáltal biztosíthaták, hogy a tárgyat minden esetben megszerezzék, ha mindkét kezükkel lezárják a cső egy-egy kivezető nyílását. Ehhez azonban az szükséges, hogy minden lehetőséget reprezentáljanak, és egyidejűleg figyelembe vegyenek a döntésük előtt. Az eredmények azt mutatták, hogy a kétéves gyerekek közül senki sem tette mindkét kezét a nyílások alá, míg a két és fél éves gyerekek közül csak néhányan. A három- és a három és fél éves gyerekek egyre gyakrabban használták mindkét kezüket, négyéves korra pedig szinte már minden esetben mindkét kezüket használták. A három év alatti gyerekek kudarca arra utal, hogy nem képesek mindkét kivezető nyílást azonos valószínűségű helyként reprezentálni, azt is kétségbe vonva, hogy rendelkeznek-e egyáltalán olyan modális fogalmakkal, mint a 'lehetséges', 'szükségszerű' vagy 'lehetetlen'.

A különböző területeken végzett kutatások nem mutatnak egységes képet a gyerekek és csecsemők logikai képességeiről. A nyelvi kísérletek eredményei arra utalnak, hogy a gyerekek már nagyon korán diszjunktív következtetéseket állíthatnak a szótanulás szolgálatába (Halberda, 2006). Ez a javaslat kompatibilis azzal a forgatókönyvvel, mely szerint rendelkezésükre állhat egy általános logikai képesség, amely többek között a szótanulást is segítheti. Csakhogy a három-

évesnél fiatalabb gyermekek kudarca a nem nyelvi feladatokban kétségbe vonja, hogy a csecsemők vagy a kisgyerekek képesek lennének diszjunktív következtetésre (Mody–Carey, 2016) vagy a lehetséges események helyes reprezentálására (Redshaw–Suddendorf, 2016). Ez alapján a kutatók egy része arra következtetett, hogy a háromévesnél fiatalabb gyerekek számára nem hozzáférhetőek sem azok a modális fogalmak, melyek az alternatívák reprezentálásáért felelősek, sem a diszjunktív következtetésekért felelős logikai operátorok, és a szótanulást feltételezhetően egy másik, nyelvspecifikus folyamat segíti (Mody–Carey, 2016).

A CSECSEMŐKORI LOGIKA

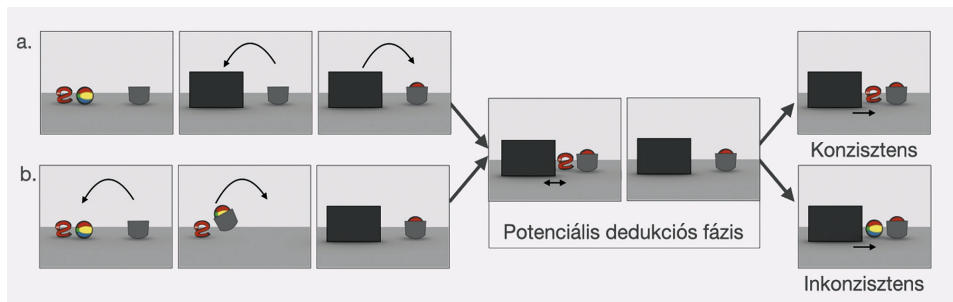
Az előző részben áttekintett eredmények arra utalnak, a háromévesnél fiatalabb gyerekek nem képesek egy időben több lehetséges alternatívát mérlegelni. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy bár a modális fogalmak a hipotézisalkotás és a döntéshozatal fontos építőkövei, fejlődésük korai fázisában a gyerekek még nem rendelkeznek ezekkel.

Míg a háromévesekkel végzett kísérletek nyomós indokkal szolgálnak a modális fogalmak preverbális jelenlétének megkérdőjelezésére, létezik egy kutatási terület, amely tovább bonyolítja a kérdéskört. Ez a *valószínűségi intuíciók* területe. A csecsemőkkel végzett kutatások azt mutatják, hogy már 12 hónapos kortól képesek a babák különböző hipotézisek felállítására bizonytalan események lehetséges jövőbeli folytatásával kapcsolatban. Téglás Ernő és kollégái (2007) egyszerű videóanimációkat mutattak a csecsemőknek. A lottóhúzásra emlékeztető videókon négy labda (például három sárga és egy kék) pattogott egy gömb alakú tartályban, melynek alján egy kijárat volt. Bizonyos idő után a tartály tartalma takarásba került, majd az egyik labda kiesett belőle. Az esemény valószínűségét a kieső tárgy típusa határozta meg: a kimenet valószínű volt, amikor a kieső tárgy a nagyobb halmazhoz tartozott (például sárga), a kimenet valószínűtlen volt, amikor olyan tárgy esett ki, amelyből egyetlenegy volt a tartályban (például a kék). A kutatók a csecsemők nézési idejét mérték a kiesett tárgyra adott reakcióként. Azt találták, hogy a babák különbséget tettek a kétféle esemény között, hosszabb ideig nézték a valószínűtlen, mint a valószínű eseményt. Egy sor későbbi vizsgálat eredménye arra utal, hogy a kisbabák valószínűségi intuícióit flexibilis következtetési mechanizmusok támogatják, melyek segítségével a valószínűségi elvárásaikba képesek integrálni információt a személyekről, akik a mintavételezést végzik (a mintavételezés szándékosságáról lásd Xu–Denison, 2009; Gweon et al., 2010) vagy a tárgyról, melyek a mintát alkotják (a tárgyak és környezetük fizikai jellemzőit: Téglás et al., 2007; 2011; 2015; Denison et al., 2014).

Ezek az eredmények egy rugalmas és hatékony rendszert tárnak elénk, amelyek köszönhetően a kisbabák finomhangolhatják hipotéziseiket. Elképzeltető,

hogyan valószínűségi elvárásait a csecsemők az általuk megfigyelt események lehetséges jövőbeli folytatásainak elemzéséből származtatják (Cesana-Arlotti et al., 2012). Ebben a megközelítésben a valószínűségi intuíciónak alapja a lehetséges események reprezentálása, vagyis a korábbi példánkban a sárga azért lesz az elvárt kimenet, mert több lehetséges forgatókönyv zárulhat egy sárga tárgy kiesésével (pusztán azért, mert több sárga tárgy van a konténerben, mint kék).

Mi magyarázhatja azt, hogy a csecsemők látszólag már első életévük végén képesek reprezentálni lehetséges alternatívákat, míg a gyermekekkel végzett kutatásoknak csak hároméves kor fölött sikerült dokumentálniuk modális reprezentációkat? Bár már a 17 hónapos babák is jól teljesítenek a deduktív stratégiát igénylő szótanulási feladatokban (Halberda, 2003), kérdés marad, hogy egy általános logikai képességre támaszkodva diszjunktív szillogizmust alkalmaznak-e megoldásaikban. Az ilyen feladatok nyelvi jellege miatt az sem világos, hogy ezek a következtetések részét képezik-e a preverbális csecsemő fogalmi készletének, vagyis a diszjunktív szillogizmus a nyelv fejlődésével párhuzamosan jelenik meg (a szótanulást is segítve), vagy már korábban is jelen van? Milyen logikai műveletek érhetők el már a preverbális csecsemők számára is? A kérdés megválaszolásához Cesana-Arlotti és kollégái (2018) 12 és 19 hónapos babákat vizsgáltak. Ebben a korban a csecsemők a nyelvtanulás és a beszédprodukciónak kezdetén állnak, azonban még nem rendelkeznek kiterjedt nyelvtudással. Így amennyiben már 12 hónapos korban is képesek a babák diszjunktív következtetést igénylő, nem nyelvi alapú feladatok megoldására, az egy általános logikai képesség meglétére utalna.



1. ábra. A Nicolò Cesana-Arlotti és kollégái (2018) kísérletében használt animációk főbb mozzanatai

Megjegyzés: A két kísérleti feltétel egyikében (a) a résztvevők a bögre tartalmát deduktív úton deríthetik ki, míg a másik kísérleti feltételben (b) a bögrében levő tárgy identitásának megállapításához elegendő a tárgyak követésére hagyatkozniuk. Mindkét kísérleti feltétel alanyai hosszabb nézési idővel reagáltak az események inkonzisztens végződésére, mint a konzisztens kimenetekre, de csak az első feltétel potenciális dedukciós fázisában mutattak deduktív következtetésre utaló szemmozgást és pupillatágulást.

A szemmozgáskövetést alkalmazó tárgyazonosítási kísérletben videóanimációkat mutattak csecsemők és felnőttek több csoportjának (1. ábra). A babák egyik csoportja olyan animációkat látott, melyekben a képernyő bal oldalán két tárgy volt, például egy labda és egy kígyó, a jobb oldalán pedig egy bögre. A manipuláció szempontjából fontos, hogy a tárgyak felső része azonos formájú és színű volt. Kis idő után, míg a gyerekek szabadon fürkészthették a képernyő tartalmát, egy fal takarta el a tárgyakat, majd a bögre a fal mögül egy tárgyat emelt ki. A bögréből kilógott a tárgy felső része, azonban mivel ez azonos a két tárgy esetében, nem lehetett beazonosítani, hogy pontosan a labda vagy a kígyó az. Ezután a potenciális dedukciós fázis következett. A fal mögül kijött egy tárgy, például a labda, majd visszament a fal mögé. Ez alatt a fázis alatt azt a következtetést kell levonniuk a résztvevőknek, hogy ha a labda nincs a bögrében, akkor csak a kígyó lehet ott. Ezután ismét kijött egy tárgy a fal mögül a konzisztens videóban, megint a labda. Ellenben az inkonzisztens videóban egy kígyó jött ki, ami egy lehetetlen esemény, hiszen a kígyónak a dobozban kellene lennie. A kisbabák másik csoportja olyan videókat látott, ahol a tárgyak mozgása megegyezett, viszont a fal csak azután jött fel, hogy az egyik tárgy a bögrébe került. Mivel ezek az események a résztvevők előtt bontakoztak ki, ezért nem volt szükség arra, hogy a bögre tartalmát deduktív úton állapítsák meg.

A kutatók három fontos dolgot mértek a kísérletben. Egyrészt a potenciális dedukciós fázis során, ami alatt a „NEM A, TEHÁT B” műveletnek kell megtörténnie, megmérték a résztvevők pupillaméretét. A pupilla méretének növekedése egyfajta indikátora annak, hogy valamilyen kognitív erőfeszítést hajt éppen végre a résztvevő. Például egy matematikai művelet megfejtése vagy új információk feldolgozása során is megnő a pupilla mérete. Így azt feltételezték, hogy amennyiben ez alatt a fázis alatt valóban egy új következtetést vonnak le a résztvevők, a pupilla méretének növekednie kellene. Ez azonban csak a következtetési videóban jelenhet meg, a nem következtetési videóban nincs szükség logika alkalmazására. Emellett a potenciális dedukciós fázis alatt a Halberda-féle kísérletből ismert dupla ellenőrzésre utaló szemmozgást is mérték. A videók végén pedig a csecsemők nézési idejét vizsgálták, azt feltételezve, hogy ha a látott végkifejlet megszegi a babák elvárásait, hosszabb ideig fogják azokat nézni. Az eredmények azt mutatták, hogy már a 12 és 19 hónapos babák egyaránt képesek a diszjunkatív következtetésekre, a felnőtt résztvevőkhöz hasonló viselkedést mutatva. A potenciális dedukciós fázis során mindhárom korcsoport esetében pupillaméret-növekedés volt tapasztalható, de csak akkor, ha az események követéséhez szükség volt dedukcióra (következtetési videó, 1.a ábra). Ezeket a következtetéseket a dupla ellenőrzést mutató oda-vissza szemmozgások jellemezték. Továbbá a csecsemők hosszabb ideig nézték az olyan videókat, amelyek inkonzisztens eseménnyel végződtek, ami arra utal, hogy a résztvevők sikeresen követték a videó részleteit, és meglepődtek a „lehetetlen” esemény láttán. A kutatásnak így sike-

rült bizonyítania alapvető logikai műveletek jelenlétét a csecsemőkorban, és hogy a logikus gondolkodás előfutárai függetlenek a nyelvelsajátítástól.

Ezeket a következtetéseket egy sor konvergáló eredmény erősíti. Ilyen Nicolò Cesana-Arlotti, Kovács Ágnes Melinda és Téglás Ernő (2020) kísérlete is, amelyben a kutatók arra keresték a választ, hogy a 14 hónapos babák a diszjunkciót használva tanulnak-e egy szociális partner preferenciáiról. A csecsemők olyan videóanimációkat láttak, melyekben egy ágens, akinek csak a keze látszik, ismételten kiválaszt egyet a két takarásban lévő tárgy közül úgy, hogy a választás pillanatában a tárgy egyértelmű beazonosítása nem volt lehetséges. Pusztán annyit tudhattak, hogy korábban az asztalon két tárgy volt (egy autó és egy labda). Továbbá azt is tudhatták, hogy a nem preferált tárgy egy labda, mivel a választás előtt az egyik takarásért felelős fal mögül kijött a labda, majd visszament a fal mögé, miközben a személy szisztematikusan az ellenoldali, szintén takarásban lévő tárgyat választotta. A babáknak ennyi információ is elegendő volt a preferencia deduktív úton történő beazonosításához. A vizsgálat tesztfázisában a babák szisztematikusan hosszabb ideig nézték az inkonzisztensen végződő videókat, melyekben az ágens az autót választotta, mivel ez szembement az általuk kikövetkeztetett preferenciával. Az eredmények arra utalnak, hogy már csecsemőkorban jelen van egy olyan preverbális logikai gondolkodás, amely megbízható bizonyítékforrásként működik, és támogatja a világról való tanulást.

Jól látható, hogy nem nyelvi feladatokban a csecsemőkkel végzett vizsgálatok eredményei szembehelyezkednek mindazzal, amit a gyermekek teljesítményéről tudunk: evidenciát szolgáltatnak a csecsemők valószínűségi intuícióiról és lehetséges események reprezentálásáról (Téglás et al., 2007; 2011; 2015), miközben egy helyesen és hatékonyan működő mechanizmusként tárják elénk a diszjunkatív következtetéseket (Cesana-Arlotti et al., 2018; 2020). Háromévesen mégis rosszul teljesítenek olyan feladatokban, melyek ugyanezekre a reprezentációs struktúrára építenek (Mody–Carey, 2016; Redshaw–Suddendorf, 2016). A fejlődési folytonosság hiánya, amit az eddigi kísérletek dokumentáltak, több szempontból is rejtélyes. Ennek a rejtélynek próbáltunk utánajárni a következő részben.

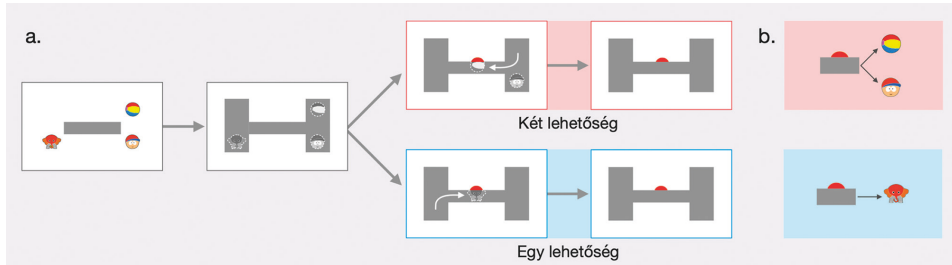
AZ ELLENTÉTEK FELOLDÁSA

A fejlődési kutatások ellentmondásos eredményeire két magyarázat lehetséges. Az egyik lehetőség az, hogy a logikai műveletek egy kisebb halmaza már korán hozzáférhető, de eredményes használatukat megghiúsítják a feladatokban megjelenő magas teljesítményigények. Egy másik magyarázat, hogy a korábbi kutatásokban a fiatalabb csecsemők sikerei nem egy korai logikus gondolkodás eredményei voltak, hanem egy egyszerűbb mechanizmusé. Brian Leahy és Susan Carey (2020) az utóbbi alternatívára tettek javaslatot. Nézzük, hogyan

magyarázzák a fiatalabb gyerekek kudarcát azokban a feladatokban, ahol az optimális megoldáshoz egy időben két lehetséges alternatívát kell figyelembe venniük. Javaslatuk értelmében négyéves kor előtt a gyerekek azért használják csupán egyik kezüket a fordított Y csőben elindított tárgy elkapásához (Redshaw–Suddendorf, 2016), mert modális fogalmak hiányában csak a tárgy mozgáspályájának mentális szimulációjára hagyatkozhatnak. Ez a szimuláció azonban csak egyetlen kimenetet generál, amely véletlenszerűen lehet a cső jobb vagy bal oldali kijárat; ha a bal oldali kijárat lesz a szimuláció eredménye, az alany a cső bal elágazása alá fogja helyezni a kezét. Ugyanígy a valószínűségi intuíciókat vizsgáló feladatokban (Téglás et al., 2007), ahol a kisbabák videóanimációkat néznek, melyekben például három sárga és egy kék labda pattog egy gömb alakú tartályban alján egy kijáratnál, véletlenszerűen választhatnak egyet a labdák közül, hogy annak a mozgáspályáját leképezzék. Ebben az esetben nagyobb valószínűséggel fog választásuk egy olyan labdára esni, amely a nagyobb halmaz tagja (egy sárga labda), és meglepődnek, ha mégis a kisebb halmazhoz tartozó tárgy (a kék labda) esik ki a tartályból (hiszen ezt kisebb eséllyel választják a szimuláció kiindulópontjának). Lényegében a gyerekek bizonyos elvek alapján találgatnak, ami sok esetben sikeres megoldáshoz vezet, máskor pedig látványos kudarchoz. A javaslat kiterjeszthető a tárgyazonosítási feladatokra is (Cesana-Arlotti et al., 2018).

Annak vizsgálatára, hogy a kisbabák képesek-e az alternatív lehetőségek reprezentálására, Nicolò Cesana-Arlotti, Varga Bálint és Téglás Ernő (2022) egy új kísérletet terveztek. Tizennégy hónapos csecsemőnek egy képernyőn három olyan tárgyat mutattak be, melyek teteje megegyezett (2. ábra). A bemutatás után megjelent két függőleges fal, amely eltakarta a tárgyakat. Az egyik fal mögé két tárgy került, míg a másik egy tárgyat rejtett el. A két függőleges, tárgyakat rejtő falat egy vízszintes fal kötötte össze, így ezek együttesen egy H alakot formáltak. Ezután az egyik oldalsó fal mögül előjött egy tárgy, és átment a másik fal mögé, úgy, hogy csak a teteje látszódott ki. Az „egy lehetőség” kondícióban az egy tárgyat takaró fal mögül jött ki, így a tárgy identitását könnyű volt reprezentálni. A „két lehetőség” kondícióban pedig a két tárgyat takaró fal mögül jött ki. Mivel a tárgyak teteje azonos volt, nem lehetett megállapítani, pontosan melyik tárgy van mozgásban; ilyen esetekben két lehetőséget is reprezentálni kell (a kijövő tárgy lehet A VAGY B tárgy is), ami több kognitív erőfeszítést igényel. A kutatók a babák pupillaméretének változásait mérték, azt az előfeltevést tesztelve, hogy több alternatíva leképezése nagyobb kognitív erőfeszítéssel fog együtt járni, ami nagyobb pupillatágulásban nyilvánul meg. Fontos, hogy amennyiben a babák pusztán találgatnak, mindkét kísérleti feltételben egyetlen alternatívát kellene fenntartaniuk, ami a pupilla azonos táglását eredményezné. A csecsemők nagyobb mértékű pupillareakciót mutatnak abban a kísérleti feltételben, melyben több alternatíva reprezentálására volt

lehetőség. Ez az eredmény kizárja azt a forgatókönyvet, miszerint a kisbabák csak találgatnak, vagyis amikor a tárgyak identitásának megállapítása a tét, a csecsemők képesek egymást kizáró alternatívák reprezentálására, ami előfeltétele a diszjunktív következtetésnek.



2. ábra. A Cesana-Arlotti, Varga és Téglás (2022) kísérletében használt ingerek illusztrációja, (a) a különböző kísérleti feltételek és (b) a lehetséges alternatívák

További meggyőző eredmények születtek, amelyek kétségbe vonják a korai logikai következtetések területspecifikus korlátait. Bohus Kinga Anna és kollégái (2023) a diszjunktív következtetés markereit keresték 19 hónapos kisbabánál szótanulási és tárgyzonosítási feladatokban. Szemmozgáskövető módszerük mindegyik feladtnál pozitív eredményt mutatott. A dupla ellenőrzésre utaló szemmozgás jelenléte mindkét feladattípusban erős érv egy korai, a kogníció több területén alkalmazható logikai apparátus jelenléte mellett. Ezt terjeszti ki Roman Feiman, Shilpa Mody és Susan Carey (2022) oksági helyzetekre, további területtel bővítve az egyre növekvő listát. Míg az eredmények egy része arra utal, hogy már a csecsemők is rendelkeznek logikai képességekkel (Cesana-Arlotti et al., 2018; 2020; 2022; Feiman et al., 2022; Bohus et al., 2023), a gyermekek hasonló feladatokon elért, látszólagos gyengébb teljesítményének oka (Mody–Carey, 2016; Redshaw–Suddendorf, 2016) továbbra is magyarázatra szorul. Van azonban egy lényeges különbség a csecsemő- és az óvodáskísérletek között. Míg a legtöbb csecsemőkísérletben az alany passzív szemlélő (kéességeiket a nézési időből, szemmozgás-mintázatokból, pupillareakcióból lehet kikövetkeztetni), addig az idősebb gyerekeknek feladatokat kell megoldaniuk (meg kell találniuk a különböző dobozokban elrejtett tárgyat, vagy éppen egy trükkös csőben guruló labdát kell elkapniuk). Így a gyerekek teljesítménye a cselekvés kivitelezésének nehézségei miatt tűnhet a vártnál rosszabbnak. Ilyen helyzetekben nem elegendő a logikai apparátus sikeres mozgósítása, hiszen a szituációtól függően egy cselekvéssor pontos kivitelezését is meg kell szervezniük, ami nagyobb mértékű kognitív erőfeszítést, és ezáltal több hibát feltételez. Képzeld el a feladatot a fordított Y csővel. Miután a gyerekek azonosították a két lehetséges kimenetet (a kétféle lehetséges mozgás-

pálya alapján), elemezniük kell ezek viszonyát a lehetséges mozdulatokkal (vagy a bal kezüket helyezik a cső bal ágához, vagy a jobb kezüket helyezik a cső jobb ágához, vagy mindkét kezüket használják). Ez összesen hat kombinációt, és ennek megfelelően hat mentális modellt jelent, miközben csak a kétkezes megoldás garantálja minden esetben a sikert. Ezek megfelelő elbírálása és a megoldás végrehajtása kihívást jelenthet a fiatalabb gyerekeknek.

Az elmúlt évtized eredményei azt mutatják, hogy egyes logikai műveletek már a preverbális csecsemőkorban megjelennek, és hogy a logikus gondolkodás előfutárai függetlenek a nyelvelsajátítástól. Ez egy olyan általános logikai képesség jelenlétére utal, amely már a gyerekek második életévétől kezdve segíti a nyelvelsajátítást (Halberda, 2003; Bohus et al., 2023), a másokról való tanulást (Cesana-Arlotti et al., 2020), a tárgyak felismerését (Cesana-Arlotti et al., 2018) és az ok-okozati kapcsolatok megértését (Feiman et al., 2022). Úgy tűnik, hogy az általános logikai képességek már csecsemőkorban a kogníció számos területén megfigyelhetők, egyfajta közös mechanizmust biztosítva a világról való tanulás során.

IRODALOM

- Bohus, Kinga Anna – Cesana-Arlotti, Nicolò – Martín-Salguero, Ana et al. (2023): The Scope and Role of Deduction in Infant Cognition. *Current Biology*, 33, 18, 4014–4020. DOI: 10.1016/j.cub.2023.08.028, https://www.researchgate.net/publication/373618197_The_scope_and_role_of_deduction_in_infant_cognition
- Call, Joseph (2004): Inferences about the Location of Food in the Great Apes (Pan paniscus, Pan troglodytes, Gorilla gorilla, and Pongo pygmaeus). *Journal of Comparative Psychology*, 118, 2, 232–241. DOI: 10.1037/0735-7036.118.2.232, <https://tinyurl.com/326haajr>
- Cesana-Arlotti, Nicolò – Kovács Ágnes Melinda – Téglás Ernő (2020): Infants Recruit Logic To Learn About the Social World. *Nature Communications*, 11, 1, 5999. DOI: 10.1038/s41467-020-19734-5, <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19734-5>
- Cesana-Arlotti, Nicolò – Martín, Ana – Téglás, Ernő et al. (2018): Precursors of Logical Reasoning in Preverbal Human Infants. *Science*, 359, 6381, 1263–1266. DOI: 10.1126/science.aao3539, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aao3539>
- Cesana-Arlotti, Nicolò – Téglás, Ernő – Bonatti, Luca Lorenzo (2012): Chapter One - The Probable and the Possible at 12 Months: Intuitive Reasoning about the Uncertain Future. *Advances in Child Development and Behavior*, 43, 1–25. DOI: 10.1016/B978-0-12-397919-3.000010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123979193000010>
- Cesana-Arlotti, Nicolò – Varga, Bálint – Téglás, Ernő (2022): The Pupillometry of the Possible: An Investigation of Infants' Representation of Alternative Possibilities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377, 1866, 20210343. DOI: 10.1098/rstb.2021.0343, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2021.0343>
- Denison, Stephanie – Trikutam, Pallavi – Xu, Fei (2014): Probability Versus Representativeness in Infancy: Can Infants Use Naïve Physics to Adjust Population Base Rates in Probabilistic Inference? *Developmental Psychology*, 50, 8, 2009–2019. DOI: 10.1037/a0037158, <https://tinyurl.com/3a22s6f2>

- Feiman, Roman – Mody, Shilpa – Carey, Susan (2022): The Development of Reasoning by Exclusion in Infancy. *Cognitive Psychology*, 135, 101473. DOI: 10.1016/j.cogpsych.2022.101473, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010028522000111>
- Feiman, Roman – Mody, Shilpa – Sanborn, Sophia et al. (2017): What Do You Mean, No? Toddlers' Comprehension of Logical „no” and „not”. *Language Learning and Development* 13, 4, 430–450. DOI: 10.1080/15475441.2017.1317253, <https://www.harvardlds.org/wp-content/uploads/2019/04/What-Do-You-Mean-No-Toddlers-Comprehension-of-Logical-No-and-Not.pdf>
- Gweon, Hyowon – Tenenbaum, Joshua B. – Schulz, Laura E. (2010): Infants Consider Both the Sample and the Sampling Process in Inductive Generalization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 107, 20, 9066–9071. DOI: 10.1073/pnas.1003095107, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1003095107>
- Halberda, Justin (2003): The Development of a Word-Learning Strategy. *Cognition*, 87, 1, B23–B34. DOI: 10.1016/S0010-0277(02)00186-5, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027702001865>
- Halberda, Justin (2006): Is This a Dax Which I See Before Me? Use of the Logical Argument Disjunctive Syllogism Supports Word-Learning in Children and Adults. *Cognitive Psychology*, 53, 4, 310–344. DOI: 10.1016/j.cogpsych.2006.04.003, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010028506000259>
- Hill, Andrew – Collier-Baker, Emma – Suddendorf, Thomas (2012): Inferential Reasoning by Exclusion in Children (Homo sapiens). *Journal of Comparative Psychology*, 126, 3, 243–254. DOI: 10.1037/a0024449, https://www.researchgate.net/publication/51466543_Inferential_Reasoning_by_Exclusion_in_Children_Homo_sapiens
- Houston-Price, Carmel – Caloghris, Zoe – Raviglione, Elenora (2010): Language Experience Shapes the Development of the Mutual Exclusivity Bias. *Infancy*, 15, 2, 125–150. DOI: 10.1111/j.1532-7078.2009.00009.x, https://www.researchgate.net/publication/43207459_Language_Experience_Shapes_the_Development_of_the_Mutual_Exclusivity_Bias
- Leahy, Brian – Carey, Susan (2020): The Acquisition of Modal Concepts. *Trends in Cognitive Sciences*, 24, 3, 65–78. DOI: 10.1016/j.tics.2019.11.004, <https://www.harvardlds.org/wp-content/uploads/2022/12/1-s2.0-S1364661319302621-main.pdf>
- Markman, Ellen M. – Wachtel, Gwyn F. (1988): Children's Use of Mutual Exclusivity to Constrain the Meanings of Words. *Cognitive Psychology*, 20, 2, 121–157. DOI: 10.1016/0010-0285(88)90017-5
- Markman, Ellen M. – Wasow, Judith L. – Hansen, Mikkel B. (2003): Use of the mutual exclusivity assumption by young word learners. *Cognitive Psychology*, 47(3), 241–275. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1053-4822\(03\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S1053-4822(03)00018-4)
- Mody, Shilpa – Carey, Susan (2016): The Emergence of Reasoning by the Disjunctive Syllogism in Early Childhood. *Cognition*, 154, 40–48. DOI: 10.1016/j.cognition.2016.05.012, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027716301263>
- Quine, Willard Van Orman (1960 [1873]): *Word and Object*. MIT Press. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.529086/page/n5/mode/2up>
- Redshaw, Jonathan – Suddendorf, Thomas (2016): Children's and Apes' Preparatory Responses to Two Mutually Exclusive Possibilities. *Current Biology*, 26, 13, 1758–1762. DOI: 10.1016/j.cub.2016.04.062, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096098221630416X>
- Szabó, Eszter – Kovács, Ágnes Melinda (2022): *Infants' Early Understanding of Different Forms of Negation*. PsyArXiv. <https://osf.io/nfv4j/download/?format=pdf>
- Téglás, Ernő – Grotto, Vittorio – Gonzalez, Michel et al. (2007): Intuitions of Probabilities Shape Expectations about the Future at 12 Months and Beyond. *Proceedings of the National Academy*

- of Sciences of the USA*, 104, 48, 19156–19159. DOI: 10.1073/pnas.0700271104, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0700271104>
- Téglás, Ernő – Ibanez-Lillo, Alexandra – Costa, Albert et al. (2015): Numerical Representations and Intuitions of Probabilities at 12 Months. *Developmental Science*, 18, 2, 183–193. DOI: 10.1111/desc.12196, <https://energy.ceu.edu/sites/default/files/publications/teglas-2015-numerical-representations-and-intuitions-of-probabilities-at-12-months.pdf>
- Téglás, Ernő – Vul, Edward – Girotto, Vittorio et al. (2011): Pure Reasoning in 12-Month-Old Infants as Probabilistic Inference. *Science*, 332, 6033, 1054–1059. DOI: 10.1126/science.1196404, https://www.researchgate.net/publication/51169476_Pure_Reasoning_in_12-Month-Old_Infants_as_Probabilistic_Inference
- Xu, Fei – Denison, Stephanie (2009): Statistical Inference and Sensitivity to Sampling in 11-Month-Old Infants. *Cognition*, 112, 1, 97–104. DOI: 10.1016/j.cognition.2009.04.006, <https://jwilson.coe.uga.edu/emat7050/articles/xudenison.pdf>

Tanulmányok

GÉNMODOSÍTOTT ÉLŐLÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA THE PRACTICAL USE OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS

Solti László

professor emeritus, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest
drsolti.laszlo@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Ellentmondásos megítélésük miatt a sikeresen génmódosított szervezetek (GMO) hasznosítása is változó. Egyesek könnyen beépültek a mindennapi gyakorlatba, míg másoknak – társadalmi elfogadottság híján – erre akár évtizedekig várniuk kell. A cikk a széles körben használatos példák mellett olyan eseteket is felsorakoztat, ahol a hasznosítás annak ellenére sem valósulhatott meg, hogy a génmódosítás biológiai szempontból eredményes volt. A legnagyobb elutasítottság az élelmiszer-termelés céljából génmódosított növényeket és állatokat érinti. Jóval kedvezőbb az ipari vagy gyógyászati célból előállított szervezetek megítélése. Külön kategóriát képeznek a szervátültetés céljára kifejlesztett szervdonor állatok, amelyek épp mostanában érkeztek mérföldkőhöz.

ABSTRACT

Because of their controversial perception, the use of successfully genetically modified organisms (GMOs) also varies. Some have been readily integrated into everyday practice, while others may have to wait decades for social acceptance. In addition to examples of widespread use, the article lists cases where—despite biologically successful genetic modification—this has not been possible. The greatest opposition concerns plants and animals genetically modified for food production. Organisms produced for industrial or medicinal purposes are viewed much more favourably. Organ donor animals developed for xenotransplantation, which have recently reached a milestone, constitute a separate category.

Kulcsszavak: génmódosítás, gyakorlati hasznosítás, társadalmi megítélés, elfogadás, elutasítás

Keywords: genetic modification, practical use, public perception, acceptance, rejection

FOGALOMMEGHATÁROZÁS, TÁRSADALMI FOGADTATÁS

A génmódosítás nem új, hiszen az ember évezredek óta válogatja ki a legelőnyösebb tulajdonságokat hordozó mutáns növényeket és állatokat. Sőt, a spontán mutációt kémiai anyagok vagy besugárzás útján indukálják is. Mai szóhasználatlaltal génmódosításnak azt nevezik, amikor a szervezet génállományát génszerkesztési eljárással változtatják meg – valójában ez is több évtizedes módszer, amelyet egyre inkább a génszerkesztés vált fel. A génmódosított élőlényeknek (a továbbiakban: GMO) számos definíciója ismert, ami nem csupán szemantikai kérdés. Amennyiben ugyanis az alig tíz éve bevezetett génszerkesztéssel létrehozott szervezetek nem számítanak GMO-nak, akkor a jogi korlátozások rájuk nem vonatkoznak. Azonban az Európai Unió Bírósága szerint a génszerkesztési technológiával nyert élő szervezetek is genetikailag módosított organizmusok (2018), vagyis felhasználási lehetőségeik az Unió területén korlátozottak.

A GMO társadalmi megítélése ellentmondásos. Az ipari feldolgozásra GM-szervezetekkel előállított termékeket és gyógyszeralapanyagokat általában támogatja a közvélemény. A génterápiára és xenotranszplantációra irányuló kutatások társadalmi fogadtatása is többnyire kedvező. Kevésbé elfogadottak a génmódosított élelmiszertermékek, holott ez idáig nincs semmilyen, a génmódosított élelmiszerek humán népességre gyakorolt káros hatására utaló adat. Rége óta fogyasztunk GM-szóját, amelynek 90%-át így nemesítik, ennek ellenére az élelmezési célból génmódosított szervezetek megítélése változó. Az egyik vitapont a GM-élelmiszerek megjelölése, amely az USA-ban és Kanadában önkéntes, Európában a 0,9%-nál több GM-alapanyagot tartalmazó takarmányokon és élelmiszereken kötelező. Ugyancsak vitatják a GM-növények és állatok egészségi és környezeti hatásait, a peszticidrezisztencia következményeit, és a gazdálkodókra és a világnépesség ellátására gyakorolt hatásukat.

A tiltó szabályozás azonban enyhülni látszik, nemrég a növényi sejteken végzett *in vitro* mutagenézist kivették a szigorú GMO-direktíva hatálya alól. Az Európai Bizottság pedig engedélyezte a génmódosított kukorica felhasználását élelmiszerként és takarmányként, és megújította két GM-olajrepcé engedélyét is. Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság szerint ezek ugyanolyan biztonságosak, mint hagyományos társaik.

A GÉNMÓDOSÍTÁS CÉLJAI ÉS FŐBB LÉPÉSEI – TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A génmódosítás céljai sokrétűek, számos közülük az embergyógyászat körébe tartozik, mint például gyógyszeralapanyagok előállítása, szervek és szövetek nyerése átültetési célra, illetve emberi betegségek tanulmányozására szolgáló állatmodellek létrehozása. A növénytermesztésben és állattenyésztésben a ter-

melési vagy minőségi tulajdonságok javítása, a betegségekkel vagy kártevőkkel szembeni ellenálló képesség fokozása, az iparban pedig új fogyasztói vagy ipari termékek előállítására a cél (Solti et al., 2022).

Az alábbiakban néhány olyan példa kerül ismertetésre, amelyek közül egyesek sikeresen bevonultak a mindennapi gyakorlatba, míg mások – biológiai vagy kereskedelmi okból, esetleg társadalmi elutasítottság miatt – nem tudták meghozni a remélt eredményt.

GM-mikroorganizmusok

Egyszerű felépítésük miatt a baktériumok genetikai kódját módosították elsőként: 1973-ban egy baktériumból származó kanamicinrezisztencia-gént plazmidba illesztettek, majd a génkonstrukciót másik baktériumba ültették. 1987-ben állították elő az emberi inzulingénnel módosított *E. coli* baktériumot. Korábban az inzulint vágóhídi sertések hasnyálmirigyéből vonták ki – 200 gramm tisztított inzulinhoz közel 2 tonna hasnyálmirigyre volt szükség, ráadásul minden tétel valamelyest különbözött a többitől. Néhány esetben pedig – bár a sertésinzulin mindössze egyetlen aminosavban különbözik az emberétől – a gyógyszer idegen anyagként immunreakciót váltott ki a kezelt betegeknél. A GM-baktériummal – a korábbinál olcsóbban – előállított Humulin volt az első törzskönyvezett inzulin-készítmény, amelynek nem volt mellékhatása (Riggs, 2021).

Ugyancsak GM-baktériumokkal termeltetnek véralvadási faktorokat, interferont, eritropoietint, szöveti plazminogén aktivátort, illetve növekedési hormont. A baktériumokkal termeltetett gyógyászati célú fehérjék kivonása és tisztítása nem egyszerű, mindazonáltal lényegesen biztonságosabbak, mint a holttestekből nyert korábbi készítmények, amelyek AIDS-, hepatitis C- és Creutzfeldt–Jakob-szindróma fertőzés kockázatával jártak.

Különböző GM-mikroorganizmusokkal az élelmiszer-feldolgozásnál használt enzimeket is termeltetnek, például alfa-amilázt a keményítő cukrokká bontásához, a sajtgyártásnál használt kimoizint, valamint a gyümölcslevek tisztaságát fokozó pektinészterázt.

GM-növények

Az első génmódosított növény egy antibiotikum-rezisztens dohány volt (1983). Az USA engedélyező hatósága (Food and Drug Administration, FDA) 1994-ben hagyott jóvá egy transzgenikus paradicsomot, amelynek érése késleltetve, csak a leszedés után fejeződik be. Ezt követően számos GM-növény kapott engedélyt: módosított olajösszetételű repce, bromoxynil gyomirtóra rezisztens gyapot, *Bacillus thuringiensis* (Bt) kukorica, Bt-gyapot, Bt-burgonya, glifozát gyomirtóra rezisztens szója, vírusrezisztens tök, valamint több más élelmiszer-, takarmány- vagy ipari növény.

Ezek listavezetője az USA: 2020-ban a kukorica mintegy 92%-a, a szója 94%-a, a repce 95%-a, a gyapot 96%-a, a cukorrépa 99,9%-a volt genetikailag módosított. A haszonállatok 95%-a GM-takarmányt fogyaszt, ami sem az egészségi állapotukat, sem a GMO-státuszukat nem befolyásolja – vagyis az általuk termelt tej és hús nem válik génmódosítottá.

2000-ben az aranyrizs előállításával első ízben növelték meg egy élelmiszer-alapanyag tápértékét, az engedélyezési bürokrácia lassúságára és a társadalmi fogadtatásra nézve ez a növény példaértékű, amire később még visszatérünk.

GM-állatok

Az első génmódosított állatot 1974-ben állították elő, a bejuttatott idegen gént a GM-egerek valamennyi szövete tartalmazta (Jaenisch–Mintz, 1974). Néhány évvel később Richard D. Palmiter és Ralph L. Brinster fejlesztették ki a DNS-mikroinjektálást, amellyel patkányból nyert növekedéshormon-gént fecskendeztek egémbrióba – a beavatkozás „óriásegereket” eredményezett (Palmiter et al., 1982). Utóbb ezt az emberi növekedéshormon-génnel is megismételték. Létrehozták továbbá az első humán betegség tanulmányozására szolgáló transzgenikus egérmodellt, amely a karcinómakutatások jelentős eszközévé vált. Azonban a hosszú ideig egyeduralkodó DNS-mikroinjektálás során a transzgén véletlenszerűen épül be a genomba (random integráció), és fejeződik ki a GM-állatban. Emellett lassú, időigényes és drága: hatékonysága szarvasmarhánál mindössze 0,1–0,2%.

Az újabb technikák már könnyebbek és pontosabbak, közülük kiemelendő a klónozás. Itt a kalcium-foszfáttal kicsapatott DNS-szemcséket a sejtek bekebelezik (transzfekeció). Az idegen génnel módosított sejtek a jelzőgének segítségével korán kiválogathatók, és kizárólag a pozitív sejtek kerülnek a célállatba, így valamennyi megszületett állat génmódosított lesz. Jelenleg a GM-állatok előállításának legelterjedtebb módszere az így módosított sejtek enukleált petesejtbe klónozása. Így születtek meg a IX. véralvadási faktort termelő GM-juhok, amelyek a gyógyszer alapanyagát a tejükkel ürítették (McCreath et al., 2000).

GÉNSZERKESZTÉS (CRISPR/CAS9)

Ezt az új rendszert programozott genomszerkesztésre használják, mivel a gének minden korábbinál pontosabb módosítását teszi lehetővé – ez a célzott mutagenézis vagy precíziós nemesítés. A módszert a baktériumok védekező rendszeréről másolták, amiért felfedezőit (Jennifer A. Doudna és Emmanuelle Charpentier) 2020-ban Nobel-díjjal jutalmazták.

A baktériumok a vírusfertőzések ellen a genomjukban található rövid, ismétlődő DNS-szakaszok (halmozottan előforduló, szabályos közökkel elvá-

lasztott palindromikus ismétlődések – Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, CRISPR) segítségével védekeznek. Minden ismétlődő szakaszt egy rövid „helykitöltő” DNS-szekvencia követ, amely megfelel egy olyan vírus vagy plazmid egy szakaszának, amellyel a baktérium korábban már találkozott. A Cas9 pedig egy olyan DNS-bontó enzim, amely a helykitöltők alapján a baktériumsejtbe hatoló idegen nukleinsavakat felismerve azokat darabokra vágja.

A génszerkesztést a szövegszerkesztők „kijelölés és csere” funkciójának biológiai változataként használják: ha egy „vezető” RNS-szakaszt és genetikai ollót (Cas9-enzim) visznek be a sejtbe, akkor az enzim meghatározott helyen vágja el a sejt DNS-ét. Szintetikus vezető RNS-molekulát használva a Cas9 a kívánt ponton fogja elvágni a sejt DNS-ét. A DNS-hasítást a sejt javító mechanizmusai összefoltozzák ugyan, de a spontán reparálódás többnyire a kérdéses gén működésképtelenségéhez vezet (ez a géнкиütés). Amennyiben azonban célzottan ide tervezett „javító szekvenciát” is bevisznek a rendszerbe, az képes a genomból kivágott DNS-szakasz helyére beépülni.

Az eljárás segítségével néhány év alatt számos génszerkesztett növényt és állatot állítottak elő. Bár jelenleg a módszer alkalmazása emberi petesejten etikai aggályokat is felvet, azokat figyelmen kívül hagyva Kínában már génmódosított gyermekek is születtek.

A GÉNMODOSÍTÁS GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN

Aranyrizs

A délkelet-ázsiai és afrikai fejlődő országokban gyakori az Európában és Észak-Amerikában szinte ismeretlen A-vitamin-hiány (VAD), mivel a fő táplálékforrásként szolgáló rizs nem tartalmazza az A-vitamin előanyagát, a β -karotint. A hiánybetegség több mint 200 millió gyermeket és nőt sújt: közel 14 millió gyermek szenved látáscsökkenéstől, közülük évente kb. félmillióan megvakulnak, és 2 millió ötévesnél fiatalabb gyermek meghal (WHO).

Svájci és német kutatók nyolcévi munkával olyan GM-rizst állítottak elő, amely a növény ehető részében képes β -karotint (A-elővitamin) szintetizálni. A rizs transzformálása két – a nárciszból és egy talajbaktériumból származó – β -karotin bioszintézisét szabályozó génnel történt. A karotinoidoktól megváltozott színű növényt aranyrizsnek nevezték el (Potrykus, 2001). Az „Aranyrizs 2” nevű változat már 23-szor több karotinoidot tartalmaz, és ebből a β -karotin van túlsúlyban: napi egy csészényi aranyrizs az A-vitamin-szükséglet felét fedezi.

Bár az aranyrizst nem védi szabadalom, és bárki ingyen használhatja, mégis jelentős ellenállásba ütközött egyes környezetvédő és antiglobalizációs csoportoknál. Intenzív kampányt folytatnak az általuk veszélyesnek és „frankenfoods-

nak” nevezett GM-termékek fogyasztása ellen, és feldúlták a kísérleti aranyrizs-parcellákat. Egy volt aktivista szerint „a módosított élelmiszerek elutasításával a sötét középkorba tértek vissza. Célkeresztbe vették az aranyrizst, holott az emberiség igényli.” 2016-ban 133 Nobel-díjas tudós felszólította a Greenpeace-t a GMO, különösen az aranyrizs elleni kampány befejezésére. 2018-ban az USA, Kanada, Ausztrália és Új-Zéland, később a Fülöp-szigetek és Banglades engedélyezte a termesztését élelmiszerként. 2021-ben a Fülöp-szigetek lett a VAD által súlyosan érintett első ország, ahol az aranyrizs megkapta a végleges engedélyt termesztésre és emberi fogyasztásra, bár a terjesztése még mindig korlátozott. Mindazonáltal jelenleg tucatnyi ország vesz részt a Golden Rice Humanitarian Board munkájában.

A biofortifikációnak nevezett eljárással magas folsav-, cink- és vastartalmú rizst is sikerült előállítani. Ausztrál kutatók pedig a karotinoidokban gazdag Fei banán génjét másik banánfajtába ültetve előállították az aranybanánt. Másik példa egy génszerkesztéssel indukált géncsendesítés (gene editing-induced gene silencing, GEiGS) technológiával előállított GM-banán, amelynek polifenol génjét elcsendesítve a gyors barnulást okozó etilén termelődése jelentősen lecsökken. Ezt a gyümölcsöt a Fülöp-szigeteken 2023-ban már engedélyezték.

BETEGSÉGREZISZTENCIA NÖVELÉSE

PRRS-ellenálló sertés

Az egész világon elterjedt légzőszervi és reprodukciós sertésbetegség, becsült kártétele évente meghaladja a 2 milliárd dollárt. A kutatások kiderítették, hogy a PRRS-vírus (PRRSV) egy CD163 nevű receptorhoz kötődve jut be a sejtekbe: hiányzó vagy módosított receptorokkal rendelkező sejteket a vírus nem tud megfertőzni. Ezért a CD163 gén 7. exonját génszerkesztéssel törölve olyan állatokat állítottak elő, amelyek nem rendelkeznek működőképes receptorokkal, és ezáltal PRRSV-rezisztensek lettek (Burkard et al., 2017). Az eljárás tehát biológiai értelemben sikeres volt, mindazonáltal – a génmódosított élelmiszer-termelő állatok tilalma miatt – a PRRS-ellenálló sertések egyelőre nem vonhatók köztenyésztésbe.

Afrikai sertéspestis (ASP) elleni rezisztencia

A világ sertésipara számára az egyik legsúlyosabb probléma, hogy a fertőzött házisertések közel 80%-a túlfokozott immunreakció miatt elpusztul. A magas elhullási arányért egy RELA nevű gén tehető felelőssé. Az afrikai varacskos disznó és folyami disznó viszont ugyanezt a fertőzést tünetek nélkül átvészeli, holott RELA-génjük mindössze néhány aminosavban különbözik a házisertéstől. A skóciai Roslin Intézetben a RELA-gén immunreakcióért felelős allélját öt

aminosav megváltoztatásával módosították. A génmódosított malacok megszülettek, sajnos azonban ez a GM-sertés egyelőre még nem volt képes megelőzni az afrikai sertéspestis problémáját. Később nemzetközi kooperációban sikerült azonosítani a vírusfertőzött sejteken belüli szaporodásáért felelős fehérjét, amely közelebb vihet az ASP-rezisztens GM-sertések előállításához (Pannhorst et al., 2023). Azonban a GM-eredetű élelmiszerek tilalma egyelőre az ASP-rezisztens sertések tenyésztésbe állítását sem tenné lehetővé.

A védekezés másik hatékony módszere a vakcinázás, ami jelenleg is lehetséges volna, de hatékony ASP-vakcina sajnos még nem létezik. Brit kutatók azonban génszerkesztéssel kifejlesztettek egy vektorvírus-vakcinát, amely az ASP-vírus nyolc stratégiai jelentőségű génjét juttatta be oda, ahol az immunrendszert aktíváló vírusfehérjék termelődnek (Hübner et al., 2018).

A közelmúltban pedig az amerikai mezőgazdasági minisztérium kutatói ugyancsak génszerkesztéssel nyertek élő, legyengített ASP-vírus törzset, amely ún. attenuált élővírus-vakcina előállítására alkalmas (Abkallo et al., 2021).

GM A GYÓGYSZERGYÁRTÁSBAN, AZ EGÉSZSÉGÜGYBEN ÉS AZ IPARBAN: GENE PHARMING

„Bioreaktor” GM-állatokkal aránylag magas koncentrációban termeltethetők gyógyszeralapanyagok. A sikeresen génmódosított állatokból visszakeresztezésel előállítható homozigóta vonalak a kérdéses fehérjét folyamatosan termelik a gyógyszeripar számára.

GM-technikával előállított gyógyszerek

A génmódosított baktériumokkal termeltetett inzulinról korábban már szó volt, de újabban előállítottak a tejjével humán inzulint termelő GM-szarvasmarhát is. Az első, GM-emplőállat által termelt és az FDA által jóváhagyott gyógyszer egy antitrombin készítmény volt (ATryn, 2009). A trombózis, embólia és más véralvadási rendellenességek gyógykezelésére szolgáló gyógyszer alapanyagát transzgenikus kecskék termelik a tejükben.

Néhány évvel később került forgalomba az örökletes angioödéma betegek kezelésére szolgáló Ruconest. A betegekből hiányzó C1-észteráz-inhibitor génmódosított nyulak termelik meg a tejükben (2014). A 2015-ben kifejlesztett Kanuma a lipázhiány gyógykezelésére szolgál. A hiányzó enzimet pótló gyógyszert génmódosított csirkék tojásfehérjéjéből vonják ki. A Nyugat-Afrikában kitört 2014-es Ebola-járvány során a kórképet átvészelt betegek hiperimmun savója helyett sikeresen használtak gyógykezelésre olyan egérből származó monoklonális ellenanyagok keverékét, amelyet végül GM-dohányzónóval termeltettek meg (ZMapp).

IPARI ALAPANYAGOK

Pókhálófehérje előállítása GM-szervezetekben

A pókfonál kiváló tulajdonságai régen fölkeltek a figyelmet: a rendkívüli finomságú fonál egyetlen grammja 9 km hosszúságú, miközben erősebb az acélnál, és rugalmasabb a guminál. Ezért építőipari, gyógyászati, űrtechnikai és hadiipari alkalmazásra is alkalmas. Néhány ötlet a pókselyem számos felhasználási lehetősége közül: például lebomló palackok, rugalmas hídfelfüggesztő kábelek, biokompatibilis mikrosebészeti varróanyagok, eltéphetetlen papír előállítása. Emellett sejtdhéziós-proliferációs tulajdonsága révén képes a perifériás idegek regenerációját irányítani. Érthető, hogy egymástól függetlenül több laboratórium is foglalkozott pókhálófehérjét termelő génmódosított szervezetekkel.

Elsőnek a kanadai Nexia állított elő transzgenikus kecskéket, amelyek 3–5 g/l pókhálófehérjét ürítettek a tejükkel (Service, 2002). A vizes oldatból extrudált fehérjéből 10–60 µm-es biopolimer szálakat tudtak előállítani (a pókfonál 2,5–4 µm) (Lazaris et al., 2002). Az anyagot Biosteelnek nevezték el, de piacosítási nehézségek miatt 2009-ben a céget felszámolták. A Nexia biológiai értelemben sikeres kísérlete hasznosítási oldalról tehát kudarc volt. Hasonló sorsra jutott az amerikai Kraig Biocraft Laboratories, amely GM-selyemhernyóban termelt pókhálófehérjét (2010). Ezzel egy időben a Korea Advanced Institute of Science and Technology kutatói *Nephila clavipes* pók génjét ültették *E. coli*-ba.

Legsikeresebbnek a német AMSilk bizonyult: ők *E. coli* baktériumban termelt fehérjét alakítottak át pókselyemmé, és az innovációs lánc végigvitelével forgalmazható termékeket készítettek. Módszerükkel a pókfehérjével bevont orvosi eszközök és implantátumok biokompatibilitása javul, azok az immunrendszer számára „láthatatlanok”. Az ilyen mellimplantátumok, sérvhálók, sztentek és katéterek szervezetbe ültetése után a gyulladásos reakció és kötőszövetes tokok képződése csökken (Borkner et al., 2014; Trossmann–Scheibel, 2023).

ÉLELMISZER-TERMELŐ GÉNMODOSÍTOTT ÁLLATOK

Gyorsan növő GM-lazac

A növekvő népesség ellátása állati eredetű fehérjékkel egyre nagyobb kihívás. Az egyes állatfajok takarmányhasznosítása eltérő: 1 kg élősúly előállításához a szarvasmarha 8, a sertés 3, a baromfi 2 és a hal mindössze 1,2 kg takarmányt igényel. Érthető tehát, hogy a halfogyasztás kiemelt szerepet játszik, az elmúlt fél évszázadban évi 6,6%-kal növekedett. Azonban a tengerek túlhalászása és a nem megfelelő halgazdálkodás miatt az egyetlen alternatíva a haltenyésztés. A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) becslése alapján az akvakultúra jelenlegi 50%-os részesedése 2030-ra 60% fölé emelkedik.

Kiemelkedően fontos halfaj az ómega-3 zsírsavakban gazdag és rendkívül hatékony fehérjetermelő lazac. A természetes vizekből halászott atlanti lazac két legnagyobb exportőre Norvégia és Chile, miáltal a termék árához tetemes szállítási költség, ezáltal jelentős ökológiai lábnyom is adódik. A tenyésztett lazacoknál viszont a piaci méretű és súlyú halak kifejlődéséhez három év szükséges.

Egy kanadai cég kutatói a télen nem növe atlanti lazac genomjába a folyamatosan fejlődő chinook- vagy királylazac génjét ültették be (struktúrgén), amelynek beépülését és kifejeződését az Ocean poutból (*Zoarces americanus*) származó promotor szabályozza (Yaskowiak et al., 2006). Nagyobb növekedési erélye révén a génmódosított lazacnak a piaci súly eléréséhez a „vad” lazacoknál 25%-kal kevesebb takarmányra van szüksége. A betegség- és antibiotikum-mentes halállomány szabad vizekbe kerülése kizárt, mert szárazföldön elhelyezett zárt tankokban, optimális tartási körülmények között nevelik. Emellett a GM-lazac terméketlen, a vadon élő állományokat minden esetben megkímélve a kereszteződéstől.

A GM-lazac előállítását a legjobb genetikájú vadlazacok tejes és ikrás egyedinek kiválogatásával kezdődik. A beültetett királylazacgént a hímivar hordozza, a tőlük nyert spermával termékenyítik a nem transzgenikus atlanti lazacok ikráját, amelyeket fertilizáció után nyomással kezelve sterilizálnak. Így a belőlük kikelő halállomány kizárólag terméketlen nőivarú egyedekből áll. Ezeket szállítják a szárazföldön elhelyezett zárt nevelőtelepekre, ahol a piaci méret eléréséig növekednek. A tankokba befolyó és elfolyó víz teljes kontroll alatt áll, a hulladék 95%-át kiszűrik, és az elfolyó víz más célra felhasználható.

A GM-lazac előállítási munkái 1989-ben kezdődtek, alig három év alatt készült el az első transzgenikus vonal. Az utána következő három évtizedes kálvária a rendkívül hosszadalmas és bürokratikus engedélyeztetéssel telt, miközben a fundamentalista ellenzők a GM-lazacot Frankenfish néven emlegetve mindent elkövettek az engedélyezés megakadályozására. Végül, épp harminc évvel a munkálatok megkezdése után az FDA emberi fogyasztásra engedélyezte a GM-lazacot. Az Aquadvantage Salmon táplálkozástaniilag egyenértékű a hagyományos lazaccal, ezért nem kell megjelölni. Ez volt az első, emberi fogyasztásra engedélyezett GM-állat, amelyet bizonyára több másik is követ majd.

„Környezetbarát” GM-sertések

A GM-lazaccal ellentétben ez a program – végkimenetelét tekintve – nem sikertörténet. Tudvalevő, hogy más állatfajokhoz hasonlóan a sertés fejlődéséhez és szaporodásához is szükséges a foszfor. Azonban a takarmányokban a foszfor 50–70%-a fitinsavhoz kötődik, amelyet a sertés – bontóenzim hiányában – nem tud megemészteni. Ez fejlődéscsökkenést, Ca-, P- és Fe-hiányt eredményez. A takarmánykiegészítőként adott fitázenzim a foszfort a fitinkötésből lehasítva emészthetővé tenné, de költséges.

Kanadai kutatók másképp közelítették meg a problémát: *E. coli* fitázgént és egérből nyert szabályozó szekvenciát építettek össze. A génkonstrukció mikroinjektálásával olyan GM-sertést (Enviropig) állítottak elő, amely a nyálával fitáz-enzimet termel. Az enzim a szájban összekeveredik a takarmánnyal, ami a gyomorban fitinsavra és emészhető foszfátra bomlik. Ezáltal a foszforkiegészítés fölöslegessé válik, vagy csak jóval kevesebbre van szükség. Az Enviropig 65%-kal kevesebb foszfort bocsát ki az excrementumokkal, és csökkenti a környezeti terhelést (Golovan et al., 2001; Forsberg et al., 2013).

Az Enviropig volt az első – környezetvédelmi célból előállított – GM-állat, amelynek engedélykérelmét azonban elutasították, mondván hogy a társadalom még bizonytalan a GM-állatokkal kapcsolatban. Ezért a kísérleteket finanszírozó cég befejezte a program támogatását. A GM-állatokat kiirtották, de a genetikai anyagot egy repozitóriumban őrzik. Néhány évvel később hasonló GM-sertést állítottak elő Kínában (Zhang et al., 2018), amely kevésbé terheli a környezetet, és gyorsabban növekszik, azonban a hatályos jogszabályok miatt ma még ez sem vonható köztenyésztésbe.

Reménykeltő, hogy 2020-ban FDA-jóváhagyást kapott az alfa-galaktóztól mentes génkiütött sertés (GalSafe), amelyet az alfa-gal szindrómában szenvedő allergiás betegek élelmiszerként fogyaszthatnak. Mivel ugyanez a cukor felelős a sertésszervek beültetését követő hiperakut kilökődésért (lásd a következő fejezetet), a génkiütött sertés terápiás célra (xenotranszplantáció) is felhasználható.

Szervdonor GM-malacok xenotranszplantációhoz

A szervátültetés gondolata a kora középkorig nyúlik vissza, amikor a hagyomány szerint Szent Kozma és Szent Damján egy mór lábát ültette egy fehér beteg elfekélyesedett lába helyére. Valójában a szervtranszplantáció egy szaruhártya-átültetéssel kezdődött a 20. század elején, ezt fél évszázaddal később követte a veseátültetés. Az igazi áttörést a Christian Barnard által 1967-ben végrehajtott első szívtranszplantáció jelentette, amelyet egyre több szerv és szövet sikeres átültetése követett, és a transzplantációs medicina külön tudományággá fejlődött.

Gondot jelent a beültetéshez rendelkezésre álló szervek és a rászoruló betegek számának egyre nagyobb eltérése, mivel a több mint kétszeresére emelkedett átültetésekkel szemben a várakozó lista közel hatszorosára nőtt. A beteg szervek működésének gépi pótlása (művese, műszív és -tüdő) csak átmeneti segítség, mert ezek teljesítménye, élettartama és főleg a mérete meg sem közelíti az eredeti szervekét. Hagyományos eszközökkel (a donorok felkutatása, a szállítások jobb megszervezése) a szétnyúló olló problémája megoldhatatlan, ami miatt a várólistás betegek ezreinek kell meghalniuk. Az USA-ban 25 ezer veseátültetésre >90 ezer várakozó jut, túlnyomó többségüknek ($\geq 80\%$) akár öt évig is várniuk kell, amit sokan közülük már nem érnek meg (Barboza et al., 2023).

A xenotranszplantáció során a rászoruló emberekbe idegen fajok szerveit ültetik. Szerveik méretét és teljesítményét tekintve két állatfaj jöhet szóba: a pávián és a sertés. Számos ok miatt (hozzáférhetőség, könnyebb és gyorsabb szaporítás, a zoonózisok alacsony átviteli kockázata, a szervek méretbeli és élettani hasonlósága az emberéhez stb.) szervdonációra a GM-sertés az esélyesebb jelölt. Szívbillentyűt, bőrt, szaruhártyát már eddig is ültettek sertésből emberbe. Vese, szív és más zsigeri szervek azonban eddig csak nem humán főemlősökbe kerültek beültetésre, mivel a beültetett idegen szervek (xenograftok) inkompatibilitás miatt kilöködnek. A folyamat négy fázisa közül az első (hiperakut kilöködés) abban nyilvánul meg, hogy percekkel az érhalózat összekötése után a beültetett szerv elkékül és kilöködik, amiért az α -galaktóz cukorláncok felelősek. A másik három fázis lassúbb, és immunszuppresszív gyógyszerekkel kezelhető.

A hiperakut kilöködést megelőzendő olyan sertést kellett létrehozni, amelyben az α -1,3-galaktoziltranszferáz-gént kiütötték: ilyeneket számos kutatócsoportnak sikerült előállítania. Ezek potenciális szervdonorok, amelyek szervei nem löködnek ki hiperakut rejekcióval, hiszen sejtjeik felszínéről hiányzik az azonnali humán immunreakciót kiváltó mintázat.

Az α -1,3-galaktoziltranszferáz-gén inaktíválása 2003-ban sikeresen megtörtént. 2017-ben 62 sertés endogén retrovírust inaktívtak, majd további húsz olyan gént módosítottak, amelyek génterméke immunreakciót, illetve vérrögök keletkezését okozza. A „humanizált sertésdonorok” előállítása során összesen 69 ponton módosították a génállományt, ideértve a glikán antigének eliminálását, emberi gének beültetését, valamint az endogén sertés retrovírusok inaktíválását (Anand et al., 2023).

Mára a xenograftok klinikai bevezetésig jutottak: 2021-ben egy génszerkesztett sertés veséjét egy agyhalott férfi géppel fenntartott keringéséhez kapcsolták. A szervdonor állatban négy sertésgént ütöttek ki, valamint hat emberi gént vittek be a genomba, amelyek elősegítik, hogy az emberi szervezet a beültetett szervet befogadja. A szerv transzplantációja után hiperakut kilöködés nem mutatkozott, a beültetett vese két napon keresztül szűrte, és vizeletet választott ki. 2024 márciusában élő beteg kapott génszerkesztéssel módosított sertésvesét. Ez a műtét mérőföldkő a xenotranszplantációban, hiszen a közel kétszázézes várólista 80%-át a vesére várakozók teszik ki.

2022-ben eseti engedéllyel génszerkesztett sertésszívet ültettek egy terminális állapotban lévő 57 éves szívbeteg férfibe, aki a műtétet megelőzően hosszú ideig szív-tüdő gépen volt. Két hónappal későbbi halálát több tényező együttes hatása okozhatta, amelyek egyike a citomegalovírus volt, amely – az előzetes negatív teszteredmények dacára – a szívdonor sertésből származhatott. Egy évvel később egy második sertésszív-beültetést is végeztek, amely másfél hónap túlélést eredményezett – a halál oka kilöködés volt. Az állati szervek emberbe ültetésének egyik gyenge pontja éppen az, hogy az állati eredetű kórokozók átviteli kockázata a legnagyobb elővigyázatosság ellenére sem zárható ki teljesen.

Minden várható előnye dacára a xenotranszplantációnak is vannak ellenzői, akik tiltakoznak a kísérleti állatok humán célú felhasználása miatt. Szerintük a sertés–ember szervtranszplantációt megelőzően 3–6 hónapos túlélést kell megkövetelni nem ember főemlősben, ezért majmokon, csimpánzokon és páviánokon kísérleteznek. Ráadásul – úgymond – a xenotranszplantációhoz szükséges génmódosított sertéseket kizárólag szerveik „betakarítása” érdekében ölik meg. Ez az indokolás álságosnak tűnik az élelmezési célból tenyésztett és évente levágott 1,5 milliárd sertés ismeretében.

Az eljárás támogatói szerint viszont az állati szervek felhasználása csökkenti a várakozási időt, és lehetővé teszi az átültetést akkor, amikor a beteg még viszonylag erős, egészséges, és jobban elviseli a műtéti beavatkozást. Ezáltal a szervátültetések száma jelentősen növekedhet. Most az európai várólistás betegek közül egyetlen év alatt 1300 embernek kellett meghalnia, és ez a szám az USA területén, ahol tízpercenként kerül új név a várólistára, nagyjából ugyanennyi.

IRODALOM

- Abkallo, Hussein M. – Svitek, Nicholas – Oduor, Bernard et al. (2021): Rapid CRISPR/Cas9 Editing of Genotype IX African Swine Fever Virus Circulating in Eastern and Central Africa. *Frontiers in Genetics*, 12, August, 733674. DOI: 10.3389/fgene.2021.733674, <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2021.733674/full>
- Anand, Ranjith P. – Layer, Jacob V. – Heja, David et al. (2023): Design and Testing of a Humanized Porcine Donor for Xenotransplantation. *Nature*, 622, 7982, 393–401. DOI: 10.1038/s41586-023-06594-4, <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06594-4>
- Barboza, Andrew B. – Dhanani, Naila H. – Browning, Kristine et al. (2023): Trends in Donation after Circulatory Determination of Death Donor Utilization: Lessons from Houston. *Transplantation Reports*, 8, 2, 100135. DOI: 10.1016/j.tpr.2023.100135, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451959623000100>
- Borkner, Christian B. – Elsner, Martina B. – Scheibel, Thomas (2014): Coatings and Films Made of Silk Proteins. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6, 18, 15611–15625. DOI: 10.1021/am5008479, https://www.researchgate.net/publication/263739429_Coatings_and_Films_Made_of_Silk_Proteins
- Burkard, Christine – Lillico, Simon G. – Reid, Elizabeth et al. (2017): Precision Engineering for PRRSV Resistance in Pigs: Macrophages from Genome Edited Pigs Lacking CD163 SRCR5 Domain Are Fully Resistant to Both PRRSV Genotypes While Maintaining Biological Function. *PLOS Pathogens*, 13, 2, e1006206. DOI: 10.1371/journal.ppat.1006206, <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1006206>
- Forsberg, Cecil W. – Meidinger, Roy G. – Liu, Mingfu et al. (2013): Integration, Stability and Expression of the E. Coli Phytase Transgene in the Cassie Line of Yorkshire Enviropig™. *Transgenic Research*, 22, 2, 379–389. DOI: 10.1007/s11248-012-9646-7, <https://tinyurl.com/47vumbkc>
- Golovan, Serguei P. – Meidinger, Roy G. – Ajakaiye, Ayodele et al. (2001): Pigs Expressing Salivary Phytase Produce Low-Phosphorus Manure. *Nature Biotechnology*, 19, 8, 741–745. DOI: 10.1038/90788

- Hübner, Alexandra – Petersen, Bjoern – Keil, Günther M. et al. (2018): Efficient Inhibition of African Swine Fever Virus Replication by CRISPR/Cas9 Targeting of the Viral P30 Gene (CP204L). *Scientific Reports*, 8, 1, 1449. DOI: 10.1038/s41598-018-19626-1, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-19626-1>
- Jaenisch, Rudolf – Mintz, Beatrice (1974): Simian Virus 40 DNA Sequences in DNA of Healthy Adult Mice Derived from Preimplantation Blastocysts Injected with Viral DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 71, 4, 1250–1254. DOI: 10.1073/pnas.71.4.1250, <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.71.4.1250>
- Lazaris, Anthoula – Arcidiacono, Steven – Huang, Yue et al. (2002): Spider Silk Fibers Spun from Soluble Recombinant Silk Produced in Mammalian Cells. *Science*, 295, 5554, 472–476. DOI: 10.1126/science.1065780, <https://www.harvardapparatus.com/media/harvard/pdf/PP144.pdf>
- McCreath, Kenneth J. – Howcroft, J. – Campbell, Keith H. S. et al. (2000): Production of Gene-Targeted Sheep by Nuclear Transfer from Cultured Somatic Cells. *Nature*, 405, 6790, 1066–1069. DOI: 10.1038/35016604, <https://www.nature.com/articles/35040609.pdf>
- Palmiter, Richard D. – Brinster, Ralph L. – Hammer, Robert E. et al. (1982): Dramatic Growth of Mice That Develop from Eggs Microinjected with Metallothionein–Growth Hormone Fusion Genes. *Nature*, 300, 5893, 611–615. DOI: 10.1038/300611a0, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4881848/>
- Pannhorst, Katrin – Carlson, Jolene – Hölper, Julia E. et al. (2023): The Non-Classical Major Histocompatibility Complex II Protein SLA-DM Is Crucial for African Swine Fever Virus Replication. *Scientific Reports*, 13, 1, 10342. DOI: 10.1038/s41598-023-36788-9, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10442341/>
- Potrykus, Ingo (2001): Golden Rice and Beyond. *Plant Physiology*, 125, 3, 1157–1161. DOI: 10.1104/pp.125.3.1157, <https://academic.oup.com/plphys/article/125/3/1157/6109908>
- Riggs, Arthur D. (2021): Making, Cloning, and the Expression of Human Insulin Genes in Bacteria: The Path to Humulin. *Endocrine Reviews*, 42, 3, 374–380. DOI: 10.1210/edrv/bnaa029, <https://academic.oup.com/edrv/article/42/3/374/6042201>
- Service, Robert F. (2002): Mammalian Cells Spin a Spidery New Yarn. *Science*, 295, 5554, 419–421. DOI: 10.1126/science.295.5554.419b, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.295.5554.419b>
- Solti László – Bajcsy Árpád Csaba – Brüssow, Klaus-Peter et al. (2022): *A házi emlős-állatok szaporodása*. Budapest: Magyar Állatorvosi Kamara. https://www.researchgate.net/publication/366138199_A_hazi_emlosallatok_szaporodasa_Reproduction_of_domestic_mammals
- Trossmann, Vanessa Tanja – Scheibel, Thomas (2023): Design of Recombinant Spider Silk Proteins for Cell Type Specific Binding. *Advanced Healthcare Materials*, 12, 9, 2202660. DOI: 10.1002/adhm.202202660, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adhm.202202660>
- Yaskowiak, Edward S. – Shears, Margaret A. – Agarwal-Mawal, Alka et al. (2006): Characterization and Multi-Generational Stability of the Growth Hormone Transgene (EO-1 α) Responsible for Enhanced Growth Rates in Atlantic Salmon. *Transgenic Research*, 15, 4, 465–480. DOI: 10.1007/s11248-006-0020-5
- Zhang, Xianwei – Li, Zicong – Yang, Huaqiang et al. (2018): Novel Transgenic Pigs with Enhanced Growth and Reduced Environmental Impact. *eLife*, 7, May, e34286. DOI: 10.7554/eLife.34286, <https://elifesciences.org/articles/34286>

WEBER ÉS AZ 'ÜGY'

WEBER AND THE 'CAUSE'

Takó Ferenc

PhD, Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Japán Tanszék, Budapest
tako.ferenc@btk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban az 'ügy' (Sache), illetve az ügy iránti 'odaadás' fogalmának előfordulásait elemzem Max Weber életművében. E szöveghelyeken keresztül azt vizsgálom, milyen következményei vannak a weberi objektivitás- és értékmentesség-eszmény szempontjából annak az összefüggésnek, amely a hivatástanulmányokban megjelenő etikai állásfoglalás és a hivatás vallási-érzületi vonatkozásait elemző műveinek témaválasztása között fennáll.

ABSTRACT

In this paper, I analyse the occurrences of the concept of the "cause" (Sache) and "devotion" to the cause in Max Weber's oeuvre. Through these texts, I will examine how Weber's ideals of objectivity and value-free science are affected by the correlation between the ethical standpoint expounded in essays on vocation and the choice of themes in his works on the religious and spiritual aspects of vocation.

Kulcsszavak: Max Weber, *Sache*, értékmentesség, hivatás, etika

Keywords: Max Weber, *Sache*, value-freedom, vocation, ethics

WEBER ETIKÁJA?

A Max Weber-kutatásban időről időre felmerül a kérdés, milyen etikai következményei vannak az „objektivitás” és az „értékmentesség” maximáinak. A kérdésre számos válaszkísérlet született már, amelyek között egyaránt megtaláljuk a nihilizmus vádját Weberrel szemben (Strauss, 1999), és találunk olyan értelmezést is, amely az értékmentes tudományt „önmagában értékesnek” tartja (Schluchter, 1979).

Abban számos értelmező egyetért, hogy Weber „etikájának” legvilágosabb megfogalmazásai a hivatástanulmányokban találhatók (Weber, 1998b, 1998c): ezekben ugyanis olyan érület- és felelősségetikai attitűdöket ír le, melyekkel

kapcsolatban állást is foglal. Ha viszont a hivatástanulmányok valóban személyes etikájába engednek bepillantást, felmerül a kérdés, milyen viszonyban állnak e szövegek a tudományos vizsgálódásaival, például a mind ezekben, mind megértő szociológiájában, és legfőképpen *A protestáns etikában* kulcsszerepet játszó 'hivatás' fogalommal.

A következőkben a hivatás/elhívás (*Beruf/Berufung*) etikai vonatkozásait vizsgálom Weber személyes és kutatói állásfoglalásainak viszonyrendszerében egy olyan fogalom segítségével, amely rendre felbukkan azokban a szövegekben, amelyekben „hivatásról” beszél. Ez az 'ügy' (Sache) – a „weberológiában” alig vizsgált – fogalma, melynek megjelenéseit kronologikus rendben elemezve úgy vélem, megvilágítható a Weber „személyes etikája” és tudományos elemzéseinek „etikai” vonatkozásai közötti kapcsolat.

A NEMZET 'ÜGYE'

Az első szöveg, amelyben a *Sache* etikai relevanciát hordozó 'ügy' értelemben jelenik meg Webernél, *Die ländliche Arbeitsverfassung* című 1893-as beszéde. Itt azzal az átalakulással foglalkozik, amellyel már egy évvel korábban, *Die Lage der Landarbeiter im ostelbischen Deutschland* című munkájában is, és amely később a freiburgi székfoglaló beszédében is középpontba kerül. Arról a folyamatról van szó, amelynek során a lengyel parasztság kiszorítja a kelet-poroszországi mezőgazdasági területekről a helyi földműveseket:

„Összefoglalva, uraim: a nagybirtok az a tényező, amely keleten a legnagyobb mértékben erősíti a lengyel hatást [am stärksten polonisiert]. Csak idő kérdése, hogy eljőjön a pillanat, amikor a nagybirtok ügye közös *kell* legyen a lengyelekével. Hosszú távon nem lehetséges, hogy a nagybirtok a nemzeti ügyet [die nationale Sache] képviselje, ha munkásai lengyelek” (Weber, 1988, 454.).

Itt tehát az 'ügy' a nemzet ügye: mindaz, ami a nemzet fennmaradása és jóléte szempontjából kívánatos. Jellemző, hogy ennek a szövegnek a végén már megjelenik a 'hivatás' (*Beruf*) fogalma is. A kelet-poroszországi helyzet állami beavatkozás útján történő rendezéséről itt azt találjuk, hogy bár az állami beavatkozás rendszerint elkésik, van remény arra: „hogy egyszer visszatekintvén azt mondhatjuk: ezen a ponton a porosz állam idejében felismerte társadalmi hivatását [sozialen Beruf]; saját kezdeményezésére és sikerrel nyúlt a társadalomfejlődés kerekének küllői közé, és e beavatkozását első alkalommal *a megfelelő időre* állította be!” (Weber, 1988, 469.).

Látható, hogy a *Beruf* egyszerre jelent 'hivatást', 'elhívást', illetve 'feladatot', s hasonlóan flexibilis módon kell értenünk a hozzá szorosan kapcsolódó *Sachét* is. Ez a szoros kapcsolat a századforduló után válik majd egyre egyértelműbbé Weber írásaiban.

AZ 'ÜGY' A PROTESTANTIZMUSTANULMÁNYOKBAN

A századfordulót követően az 'ügy' *A protestáns etika* fejtegetéseiben tér vissza. Itt Weber hosszan elemzi a különbséget a pusztá nyereségvágy és a „kapitalizmus szelleme” között, egyértelművé téve, hogy az egyik dolog, amely a modern gazdasági „ethoszt” – nem kizárólag, de döntő mértékben – meghatározza, bizonyos *etikai magatartásformák* összessége. „S ugyanígy”, mondja a kapitalista *szellem* megjelenéséről: „rendszerint nem vakmerő és gátlástalan spekulánsok, gazdasági kalandortermészetek – amilyenekkel a gazdaságtörténet minden korszakában találkozunk – és nem is egyszerűen »pénzemberek« idézték elő ezt a külsőleg alig észrevehető, de a gazdasági életnek ezzel az új szellemmel való átítatása szempontjából döntő fordulatot, hanem az élet kemény iskolájában nevelkedett, szigorúan polgári nézeteket és »elveket« valló férfiak, akik egyszerre merészen és mérlegelően, mindenekelőtt azonban *józanul* és *tántoríthatatlanul*, szilárdan és teljes odaadással az ügynek szentelték magukat” (Weber, 2020, 39).

„Szentelték”, avagy „adták (át/oda)” magukat az ügynek („der Sache hingebene Männer”), írja, s ezen „odaadás” kapcsán érdemes idézni a tanulmány egy másik helyét, mely szerint: „[a] kapitalista gazdasági rendnek szüksége van a pénzkeresés »hivatása« iránti odaadásra [Hingabe]: ez a külső javakhoz való viszonyulás olyan fajtája, amely annyira megfelel e struktúrának, annyira összekapcsolódik a győzedelmes gazdasági létharc feltételeivel, hogy *ma* valóban nem beszélhetünk szükségszerű összefüggésről a szóban forgó »krematista« életvitel és bármilyen, egységes »világszemlélet« között” (Weber, 2020, 41).

Az 'ügy' iránti odaadás jelentősége tehát nem elsősorban „vallási vonatkozásában” rejlik, hanem az odaadás vallásosságához hasonlítható *intenzitásában*. Weber a protestantizmustanulmányok megjelenését követő vitát lezáró *Antikritikai zár szóban* (1910) ismét hangsúlyozza, „a pénz utáni törekvés” mindig és mindenhol megfigyelhető volt, korántsem csak a kapitalista esetében, akinek viszont, „ha *tartósan* sikeres akar lenni, mindig sajátja szokott lenni legalábbis a hajlam 1. az »ügy« iránti odaadásra, és 2. a racionális önfegyelemre” (Weber, 1972, 298.).

A fentiek alapján kijelenthető, hogy az 'ügy' összeköti a racionalitást (átlátható, tárgyilagos jellegéből eredően – vö. *Sachlichkeit*, „tárgyszerűség”, „tárgyilagos-ság”) és az érzületet (az 'ügynek' szenteltség, az odaadás révén). Jól tükrözi ezt a *Gazdaság és társadalom* 'közösség' és 'társulás' különbségéről szóló magyarázata, amelyben Weber „a társulás legtisztább típusai” között sorolja fel: „a közös *érezületen* alapuló, értékracionálisan motivált egyesülés[t]: a racionális szekt[át], amennyiben nem emóciókból és indulatokból fakadó érdekeket ápol, hanem csakis az »ügyet« kívánja szolgálni” (Weber, 1987, 67.).

Hasonlóképp az *Uralomszociológia* karizmáról szóló szakaszában: „a magával ragadó vezér iránt tanúsított »odaadásnak« – noha a konkrét esetben lehet nagyon erősen »személyes« színezetű – célját és szokásos tartalmát tekintve mégiscsak

»tárgyszerű« [sachlich] jellege van: a közös »ügy« [Sache], a racionálisan célba vett »siker« iránti, nem pedig egy személy iránti odaadás jellemző rá” (Weber, 1996, 244.).

Az 'ügy' (Sache) tehát valami jól megragadható, „tárgyszerű” (sachlich), „racionálisan célba vehető” dolog, amelyben ellentmondást nem tűrően definiálódik két, erős érzelmi vonatkozásokkal rendelkező *érték* is: a siker és a bukás, az 'ügy' diadalra vitele vagy elvesztése. A diadal feltétele pedig, úgy tűnik, az *odaadás*.

„ISTEN ÜGYE”

Az 1915-ben publikált *Konfucianizmus és taoizmus*ban azt olvassuk, hogy: „[a] konfucianus kínai kötelességeinek tartalma mindig és mindenütt konkrét, élő vagy halott emberek iránti pietás volt, [...] de sohasem tartozott effélével egy világ fölött álló Istennek, és *épp ezért* sohasem valamely szent »ügynek« vagy »eszmének«” (Weber, 2007a, 187.).

Ezzel összhangban jelenik meg a Kína-tanulmányt is magába foglaló *Világval-lások gazdasági etikája* sorozat következő darabjaiban a „Sache” többször is „az Isten ügyeként”. Ebben az összefüggésben az 'ügy' a Biblia több helyén megtalálható (lásd például Zsolt. 74:22), ahogyan a Weber által hivatkozott felekezetek irodalmában is (Weber, 2020, 128., 235. j.). Weber, miután a konfucianus tanítás példáján bemutatta a világhoz való *alkalmazkodás* attitűdjét, a *Világvallások* további darabjaiban olyan alakzatok vizsgálatára tér át, amelyek így vagy úgy, de *konfliktusba* kerülnek a „világgal” különböző színtereken, például a *politikában*. Ezt a háború példáján szemlélteti. Kiemeli, hogy a konfliktus itt éppen a „háborús testvériség” és az „istenközösség élményének” hasonlósága miatt annyira erős. A feloldásra, mondja, két következetes lehetőség nyílik: „Egyfelől a puritán hivatásaskézis kegyelempartikularizmusa számára, amely az egyébként tökéletesen érthetetlen Isten eleve rögzített és kinyilatkoztatott parancsaiba veti hitét, Isten akaratát pedig úgy értelmezi, hogy ezeket a parancsolatokat a teremtményileg romlott és ezért az erőszaknak és az etikai barbárságnak alávetett világra akár annak saját eszközével: erőszakkal is rá kell kényszeríteni. Ez persze annyit jelent, hogy legalábbis akadályok emelkednek a testvériesség kötelességének teljesítése elé – Isten 'ügye' érdekében. Másfelől az akozmikus jóság és testvériesség jegyében folytatott misztikus üdvkeresés radikális antipolitizmusa számára [...]” (Weber, 2007b, 215.).

Érdekes módon kapcsolódik ez a passzus a *Világvallások* egy későbbi darabja, *Az ókori zsidóság* azon szakaszához, amelyben szintén megjelenik az „Isten ügye” szókapcsolat, és amely a *Sache* igen kevés *nem újkori* vonatkozású előfordulásának egyike. A prófétai szenvedélyességről szólva Weber itt úgy fogalmaz, hogy:

„Papi vagy rendi konvencióktól nem fékezetten, és semmiféle aszketikus vagy kontemplatív önfegyelemtől nem tompítva robban ki a próféták izzó szenvedélye, és nyílnak meg az emberszív végső mélységei. És mégis, mindezen emberi gyarlóságok ellenére, amelyektől a szent átkozódás eme titánjai valóban nem voltak mentesek, nem a saját személyük, hanem Jahve, a szenvedélyes Isten *ügye* az, amely mindezen vad háborgások felett szuverén módon parancsol” (Weber, 2007c, 550.).

A prófétai elhívásban, Isten ügyének e nagyon is sajátos típusú szolgálatában látjuk tehát megjelenni az 'ügy' iránti „odaadást” egyik legkorábbi történeti formájában, amely nemcsak a protestáns világi hívő magatartását vetíti előre, hanem a „kapitalizmus szellemének” hordozójaként leírt újkori embert – és talán a hivatásának élő tudóst vagy éppen politikust is.

WEBER 'ÜGYE'

Az 'ügy' fogalmának egyik legismertebb megjelenési helye a weberi életműben az 1917-es *Értékmentesség* tanulmány két pontja, amelyek közül az első teljes mértékben egybecseng a szintén 1917-es *Tudomány mint hivatás* vonatkozó részével. Weber itt a professzor katedrán tanúsítandó értékmentes magatartásáról beszél, és figyelmeztet, „[ú]jra hozzá kell szoknunk az olyan gondolatokhoz – ez mindenekelőtt éppen a most felnövekvő nemzedék esetében kívánatos –, hogy »személyiségnek lenni« nem olyasmi, amire szándékosan lehet törekedni, és hogy csak egyetlen út van, amelyen (talán!) személyiséggé lehet válni: ha fenntartás nélkül átadjuk magunkat egy »ügynek«, legyen az bármi, és következzenek belőle bármilyen »napi követelmény«” (Weber, 1998a, 75.).

Weber szerint tehát a modern kor előrehaladtával az 'ügy' egyre nagyobb mértékben kikerült az ember mindennemű tevékenysége mögül, helyén közvetlen személyes érdekek maradtak. Ez a folyamat persze leírható *volna* értékmentesen – de vajon értékmentes-e az „újra hozzá kell szoknunk” kijelentő-felszólító, korkritikus, dorgáló modora? A kételyt erősítheti bennünk, hogy a másik hely a szöveg végén, amelyen a *Sache* újfent megjelenik, alapvetően nem a protestantizmus- vagy a világvallás-tanulmányok elemzéseire emlékeztet, hanem a *Ländliche Arbeitsverfassung* mondataira a „nemzeti ügyről”: „Ha megfigyelünk bizonyos jelenségeket, melyek a mostani háborúban a több nemzetet tömörítő államok *nemzeti szempontból* vegyes hadseregeiben léptek fel, rá kell jönnünk, hogy a katonai siker szempontjából nem mindegy, hogy az egyén szabadon tanúsít-e odaadást az állam által képviselt ügy iránt, mivel ezt kikényszeríteni az állam nem képes” (Weber, 1998a, 125.).

Arra persze, hogy mindennek kapcsán *Weber* milyen *személyes* álláspontot foglal el hazája vonatkozásában, a szöveg reflektáltan (lásd Weber, 1998a, 126.)

nem tér ki. Az ugyanakkor vitathatatlan, hogy Weber etikai útmutatásként fogalmazza meg az 'ügy' iránti odaadás – az 'ügy' mibenlététől független – parancsát, a szöveg végén pedig jelzi, hogy mindennek a nemzet 'ügyéhez' való kapcsolódása is döntő fontosságú lehet.

A *Tudomány mint hivatás*ban, amely előadásként szintén 1917-ben hangzott el, egy másik, személyes fontossággal bíró terület, a *tudomány* kapcsán beszél hasonló hangnemben az 'ügyről'. „Tisztelt hallgatóim! A tudományban csak annak van »személyisége«, aki *kizárólag az ügyet szolgálja*” – kezdi, majd kevéssel később úgy folytatja: „[a tudományban] egészen bizonyosan nem »személyiség« az, aki az üggyel együtt, amelyet szolgálnia kellene, annak impresszáriójaként maga is a színpadra lép, »élményekkel« szeretné legitimálni magát, és az a kérdés foglalkoztatja: hogyan bizonyítsam be, hogy valami más vagyok, nemcsak »szakember«, hogyan érjem el, hogy akár a formát, akár a dolog érdemét tekintve olyasmit mondjak, amit így még senki sem? – E manapság tömeges jelenség mindenütt a kisszerűség benyomását kelti és lealacsonyítja a kérdezőt, holott ha belsőleg a feladatnak és csak annak adná át magát [Hingabe], az felemelné tárgyának [Sache] magaslatára és rangjára, amelynek szolgálatát most csak mímeli” (Weber, 1998b, 136.).

Ahogy itt az 'ügyről' és a 'feladatról' mint olyasmiről beszél, amit az ember csakis úgy szolgálhat, ha képes ezeknek teljes mértékben alárendelni magát, igencsak hasonlít arra, ahogyan a protestáns hívő rendeli alá magát isteni elhívásának az „üdvbizonyosság” érdekében, és ahogyan a „kapitalizmus szellemével” áthatott vállalkozó „szenteli magát” vállalkozói tevékenységének mint hivatásának. Amennyiben bármely tevékenység a személyiség kiteljesítésének eszközévé válik, úgy éppen emiatt nem érheti el a célt, mert ezáltal érvénytelen, haszontalan, üres. A tevékenység csakis akkor válhat az egyén hasznára, ha *egyénként* teljes énjét fel tudja adni az érdekében – azaz: *oda tudja adni magát* neki. Így van ez a politikus *hivatásával* is. Nemcsak a *Politika mint hivatás* 1919-es szövegében, hanem már a *Parlament und Regierung im neugeordneten Deutschland* 1918-as gondolatmenetében megjelenik a politikus, akinek – a vállalkozóhoz hasonlóan – „lételeme a saját hatalmáért folytatott küzdelem és az e hatalomból eredő egyéni *felelősség az ügye iránt*” (Weber, 1984, 154.). Szemben áll vele a hivatalnok, akinek: „nem dolga [Sache], hogy egyéni meggyőződése szerint felvéve a küzdelmet, beszálljon a politikai harcokba és ebben az értelemben »politizáljon«, ami mindig: küzdelem. Az ő büszkesége [Stolz] éppen ezzel szemben az, hogy megőrizze a pártatlanságot, így tehát: hogy képes legyen legyőzni hajlamait és vélekedéseit [...]” (Weber, 1984, 170.).

Beszédes, ahogyan Weber azt, ami a hivatalnoknak nem 'dolga' vagy 'ügye' (Sache), nem azzal helyezi szembe, ami a hivatalnoknak ügye, hanem azzal, ami a 'büszkesége' (Stolz). A büszkeség ugyanis az a közvetlen – érzelmi jellegű! – *jutalom*, amely az 'ügy' szolgálatáért jár. Itt juthatnak eszünkbe a *Politika mint*

hivatás jól ismert sorai: „az odaadás a próféta, a hadvezér, az eklézsia vagy a parlament nagyszerű demagógja iránt azt jelenti, hogy személy szerint ő számít az emberek belső elhivatottságú vezetőjének, hogy nem a szokáserkölcös vagy az előírások folytán engedelmessé válik neki, hanem azért, mert hisznek benne. Ő maga az ügynek él, »művét munkálkodik«, feltéve, hogy több, mint korlátolt és hiú szerencselovag” (Weber, 1998c, 159., vö. Weber, 1998c, 165.).

A hivatástudományokban tehát az ’ügy’ fogalma hasonló intenzitással töltődik fel, mint amilyennel korábban vallási kontextusában rendelkezett. Mit jelent ez Weber tudományos vizsgálódásai szempontjából?

KÖVETKEZTETÉSEK

Nem állítom, hogy a fentiek alapján kirajzolódna a weberi életműben „az ügy etikája”. Amikor azonban az utóbb idézett, 1917–1919 között születő írásokban az ’ügy’ mint az odaadás tárgya megjelenik, óhatatlanul felmerül, vajon a szóhasználat kapcsolatba hozható-e *A protestáns etika*ban megjelenő, a bibliaihoz szorosan kötődő szóhasználattal (Gottes Sache). Lehetséges-e, hogy e nem tudományos szövegekben tudatosan használta az ’ügy’ és az ’odaadás’ fogalmait annak érzékeltetésére, hogy olyan magatartásformákról, olyan *normákról* beszél, melyek túlmutatnak az élet hétköznapi menetén, túl a „létharc” monotoniján, a köpenyen, amelyből „a végzet acélkemény burkot csinált” (Weber, 2020, 186.)?

A protestáns etika és más szövegek tanúsága szerint Weber úgy vélte, az ’ügy’ szolgálata mint magatartásforma jellegzetesen áthatotta a történelem, még hozzá a nyugati történelem egy adott időszakát, s hasonlóképpen a Nyugat sajátja a tudomány és a politika „mint hivatás”, mint az adott ’ügy’ szolgálatába állított tevékenység odaadó folytatása is. Ebben a tekintetben nincs lényegi különbség a vallási értelemben vett *Berufung* és a hivatás értelmében vett *Beruf* között, aki ugyanis válaszol az elhívásra, aki „odaadja” magát (Hingabe) neki, mindig „ugyanaz”: az az egyén, akire Weber társadalomtudománya épül, legyen az „a próféta, a hadvezér, az eklézsia vagy a parlament nagyszerű demagógja”, a hivataltalnok, a politikus, vagy éppen a kutató.

Abból, hogy Weber számára az ’ügy’ szolgálata etikai szempontból kívánatosnak bizonyult, nem következik, hogy ez a személyes etikai állásfoglalás befolyásolta tudományos *következtetéseit*, de – mint a fenti áttekintés is megmutatta – egyértelműen befolyásolta Weber *témaválasztását*. Erre utalhatott, mikor *A protestáns etika* sokat idézett helyén a következőket írta: „[a]mikor a »hivatásteljesítés« nem hozható közvetlen kapcsolatba a legmagasabb rendű szellemi kulturális értékekkel [...], akkor az egyén ma többnyire lemond arról, hogy egyáltalán értelmet keressen benne. A vallási-etikai értelmétől megfosztott szerzési

törekvés az Egyesült Államokban, ahol a legzabolátlanabbul érvényesülhet, többnyire tisztán agonális [versengő] szenvedélyekkel kapcsolódik össze, amelyek nemritkán egyenesen sportjellegű kölcsönöznek neki” (Weber, 2020, 186.).

A *protestáns etika* vizsgálata nem lesz „értékelő” attól, hogy Weber témaválasztását befolyásolta a *tisztelet*, amelyet a protestáns aszkézis mint magatartásforma hordozói iránt érzett, és az ellenszenv, amelyet saját kora „versengő szenvedélyével” – mondhatnánk, „versenyszellemével” – szemben érzett. Amit az idézett helyen látunk, a vizsgálódás tétjére tett utalás, amelyben „két ügy” találkozik: a kutatás tárgyának (Sache) teljes és tárgyilagos (sachlich) elemzése, a kutató 'ügye' – és a kutatás tétjére, mondhatnánk, a „közös” ügyre való figyelemfelhívás. Ez éppúgy a kutató dolga (Sache), hiszen az értékmentesség 'ügye' mint 'ügy' szükségképpen nem értékmentes, ezen ügy szolgálata pedig etikai szempontból megköveteli, hogy a kutató felmutassa a vizsgálat tétjét. Ha ezt elmulasztja, az a tudománynak mint hivatásának fog „nemritkán egyenesen sportjellegű kölcsönözni”.

IRODALOM

- Schluchter, Wolfgang (1979): Value-Neutrality and the Ethic of Responsibility. In: Schluchter, Wolfgang – Roth, Guenther: *Max Weber's Vision of History. Ethics and Method*. Berkeley – Los Angeles – London: University of California Press, 65–116. DOI: 10.1525/9780520324107-004
- Strauss, Leo (1999): *Természetjog és történelem*. (ford. Láncki András) Budapest: Pallas Stúdió – Attraktor
- Weber, Max (1972): Antikritisches Schlußwort zum "Geist des Kapitalismus". In: Winkelmann, Johannes (Hrsg.): *Max Weber: Die protestantische Ethik II. Kritiken und Antikritiken*. Hamburg: Siebenstern Taschenbuch Verlag, 283–345.
- Weber, Max (1984): Parlament und Regierung im neugeordneten Deutschland. In: Weber, Max: *Zur Politik im Weltkrieg. Schriften und Reden 1914–1918*. (Max Weber Gesamtausgabe I/15.) (Hrsg. Mommsen, Wolfgang J. – Hübinger, Gangolf) Tübingen: J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 432–596.
- Weber, Max (1987): *Gazdaság és társadalom. A megértő szociológia alapvonalai*, I. kötet. (ford. Erdélyi Ágnes) Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó
- Weber, Max (1996): *Gazdaság és társadalom. A megértő szociológia alapvonalai*. II/III. kötet. (ford. Erdélyi Ágnes) Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó
- Weber, Max (1988): Die ländliche Arbeitsverfassung. In: Weber, Max: *Gesammelte Aufsätze zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*. (Hrsg. Weber, Marianne) Tübingen: J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 443–469.
- Weber, Max (1998a): A szociológiai és közgazdasági tudományok „értékmentességének” értelme. (ford. Erdélyi Ágnes). In: Weber, Max: *Tanulmányok*. Budapest: Osiris Kiadó, 70–126.
- Weber, Max (1998b): A tudomány mint hivatás. (ford. Wessely Anna) In: Weber, Max: *Tanulmányok*. Budapest: Osiris Kiadó, 127–155.
- Weber, Max (1998c): A politika mint hivatás. (ford. Wessely Anna). In: Weber, Max: *Tanulmányok*. Budapest: Osiris Kiadó, 156–209.

- Weber, Max (2020): *A protestáns etika és a kapitalizmus szelleme. A kritikai kiadás alapján készült új fordítás.* (ford. Ábrahám Zoltán) Budapest: L'Harmattan Kiadó
- Weber, Max (2007a): Konfucianizmus és taoizmus. (ford. Mesés Péter, Hidas Zoltán). In: *Világvallások gazdasági etikája. (Társadalomtudományi Könyvtár)* Budapest: Gondolat Kiadó – ELTE Társadalomtudományi Kar, 86–202.
- Weber, Max (2007b): Közbevetett megfontolások. (ford. Hidas Zoltán) In: *Világvallások gazdasági etikája. (Társadalomtudományi Könyvtár)* Budapest: Gondolat Kiadó – ELTE Társadalomtudományi Kar, 203–238.
- Weber, Max (2007c): Az ókori zsidóság. (ford. Ábrahám Zoltán, Tatár György) In: *Világvallások gazdasági etikája.* Budapest: Gondolat Kiadó – ELTE Társadalomtudományi Kar, 443–691.

EGÉSZSÉGÜGYI ÁLHÍRKERESŐ ELJÁRÁSOK INFORMATIKAI MEGOLDÁSAI

COMPUTATIONAL TOOLS FOR HEALTH-RELATED FAKE NEWS DETECTION

Csendes Tibor¹, Berend Gábor², Németh T. Enikő³

¹az MTA doktora, Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged
Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar, Veszprém
csendes@inf.szte.hu

²PhD, Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged
berendg@inf.szte.hu

³az MTA levelező tagja, Szegedi Tudományegyetem Általános Nyelvészeti Tanszék, Szeged
nemethen@hung.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az MTA Tudomány a Magyar Nyelvért Nemzeti Program *Álhírek, áltudományos nézetek nyelvészeti azonosítása* című projektje keretében eljárásokat fejlesztünk egészségügyi álhírek automatikus felismerésére. A jelen cikkkel kettős célunk van. Egyrészt röviden bemutatjuk az álhírkereső eljárások fejlesztése terén elért első eredményeinket, azokon belül is az informatikai megoldásainkat. Másrészt szeretnénk a már használható számítógépes eszközeink példáival az ilyen munkák iránt érdeklődőket megnyerni együttműködőknek.

ABSTRACT

In the framework of the Hungarian Academy of Sciences' Science for Hungarian Language National Programme project entitled *Linguistic Identification of Fake News and Pseudoscientific Views*, we are developing computational methods for the automatic detection of health-related fake news. The aim of this paper is twofold. On the one hand, we briefly present our first results in the development of fake news detection methods, including our computational tools. On the other hand, we would like to attract colleagues interested in such work as collaborators by providing examples of our already working computational tools.

Kulcsszavak: automatikus álhírfelismerés, álhír, egészségügy, pragmatika, reguláris kifejezés

Keywords: automatic fake news recognition, fake news, health care, pragmatics, regular expression

ELŐZMÉNYEK

A Szegei Tudományegyetem (SZTE) Általános Nyelvészeti Tanszéke és a hozzá kötődő Pragmatika Hallgatói Kutatóműhely évek óta foglalkozott a manipuláció és az álhírek nyelvészeti eszközökkel felismerhető jeleinek, startégiáinak a keresésével. 2022 nyarán az SZTE Informatikai Intézetében Gáspár Tamás mesterszakos hallgató elkészített egy olyan okostelefonos alkalmazást, amely az álhírek nyelvészeti tulajdonságainak ellenőrzésére volt képes. Ugyanazon év őszén az MTA Tudomány a Magyar Nyelvért Nemzeti Programja keretében az MTA–SZTE–DE Elméleti Nyelvészeti és Informatikai Kutatócsoport kapott támogatást négy évre az *Álhírek, áltudományos nézetek nyelvészeti azonosítása* című projektje megvalósítására.

2023 novemberében zártuk az első évet, az informatikai eszközeink megjelenítése, külalakja kialakult, lehet őket tesztelni. Ez megfelel az ún. „zöld banán” fejlesztési elvnek, illetve a felhasználói élmény (user experience, UX) korai kialakításának. Az érdemi algoritmusok finomítása, továbbfejlesztése valószínűleg kitölti majd a projekt teljes idejét, de a most elérhető eljárásaink is jók és használhatók már.

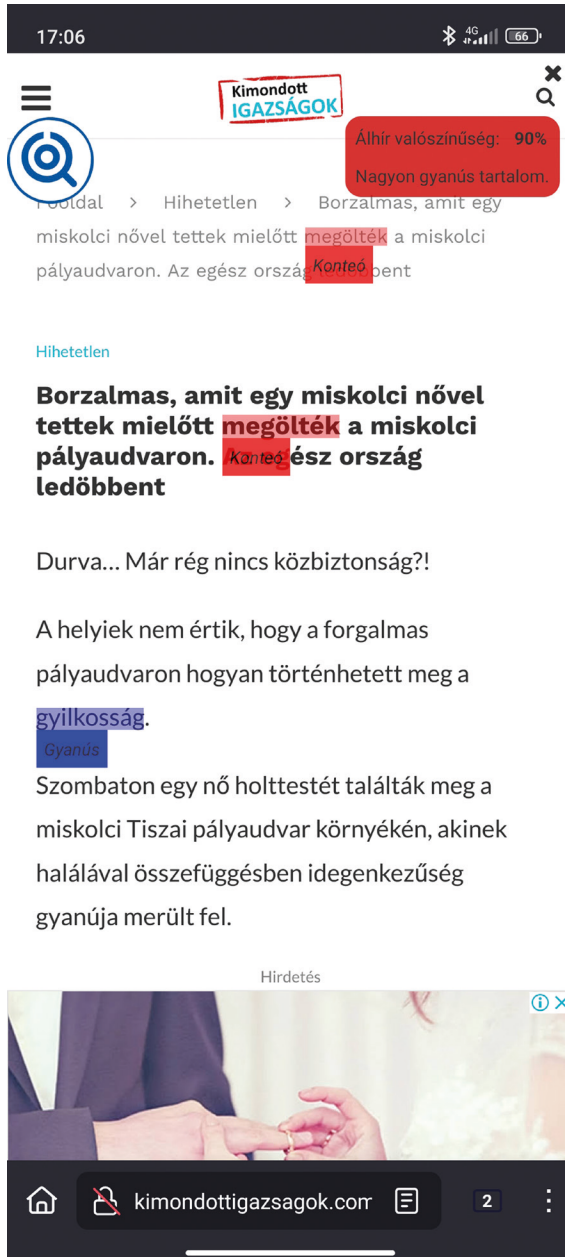
ELSŐ EREDMÉNYEK

Okostelefonos alkalmazás

Továbbfejlesztettük a fentebb említett működőképes okostelefonos alkalmazást, amely képes a nyelvészcsoporthoz által összeállított jellemzők automatikus felismerésére. Az alkalmazás a háttérben futva, a képernyőn megjelenő tetszőleges szövegen végzi a detektálást, megjelöli a gyanús részeket, rövid magyarázatot ad az okra, és összegzi a teljes látható szövegről való benyomását az álhírgyanú valószínűségének megadásával. Az alkalmazás egy *online* adatbázis segítségével dolgozik, amelyet a nyelvészek egy egyszerű kezelőfelületen tudnak bővíteni vagy javítani. Az összegzett értékelés egyelőre *ad hoc* jellegű, nincs visszamérve, illetve a valós helyzethez igazítva. Az *1. ábra* segít elképzelni az alkalmazás eredményét, amelyről egy bemutató videó is elérhető az Álhírdetektor oldalról (URL1), vagy közvetlenül a YouTube-ról is (URL2). A későbbiekben tervezzük ennek összekötését a mesterségesintelligencia-alapú álhírfelismerő programmal. Az alkalmazás maga is letölthető az Álhírdetektor oldalról (URL1), Android 8 és későbbi rendszereken működik.

Mesterségesintelligencia-alapú felismerő motor

Az álhírfelismerésre egy mesterséges neuronhálón alapuló módszert is fejlesztettünk ötezer egészségügyi álhírral és ugyanennyi korrekt egészségügyi szöveggel való betanítással. Ez egy magyar nyelvi modell segítségével dolgozik, a 110 millió



1. ábra. Az álhírfelismerő okostelefonos alkalmazás működés közben

Megjegyzés: A program csak a kijelzőn megjelenő szöveget használja. Ezen megjelöli a gyanúra okot adó jeleket, és a jobb felső sarokban színnel és százalékos értékkel is jelzi az álhírnyanú mértékét.

paraméteres HuBERT (Nemeskey, 2020) mesterséges neuronháló finomhangoláson átesett változata hozza meg a döntést. A HuBERT-modell használatán túl a kompaktabb HuBERTUSz-modellcsalád (Ficsor–Berend, 2023) használatával is kísérleteztünk, amellyel hasonlóan jó eredményekre sikerült jutnunk. Álhírdetektáló modelljeink az ún. transzformer neurálháló-architektúrát alkalmazó nyelvi modellre támaszkodnak. Ennek az a lényege, hogy a program a szöveget alkalmas rövid jelsorozatokra bontja, és az érdemi elemzés ezeken történik. A transzformer modellek az utóbbi időben sok természetesnyelv-feldolgozási (natural language processing, NLP) probléma megoldásával bizonyították sikeres alkalmazhatóságukat, mivel ez a fajta architektúra lehetővé teszi a szövegekben rejlő belső összefüggések, kontextusok és nyelvi jelenségek feltárását, amelyek rendkívül hasznosak lehetnek változatos, a szövegek feldolgozásával kapcsolatos feladatok elvégzésében, így az álhírek azonosításában is.

Tesztelésünk szerint a modell kb. 90%-os pontossággal dolgozik, jelenleg egybekezdésnyi szövegen hatékony. Ez a pontosság az átlagos emberi megítélésnél kicsit jobb az általunk vizsgált korpuszon. A pontos kiértékelést az 1. táblázat mutatja a tanítási és tesztelési adathalmazunk alapján. A táblázatban szereplő F1 mutató a pontosság és a fedés harmonikus közepe. A pontosság itt a rendszer által helyesen azonosított álhírek aránya az összes, a rendszer által álhírként azonosíthatóhoz képest. A fedés pedig a helyesen azonosított álhírek aránya az összes álhírhez képest.

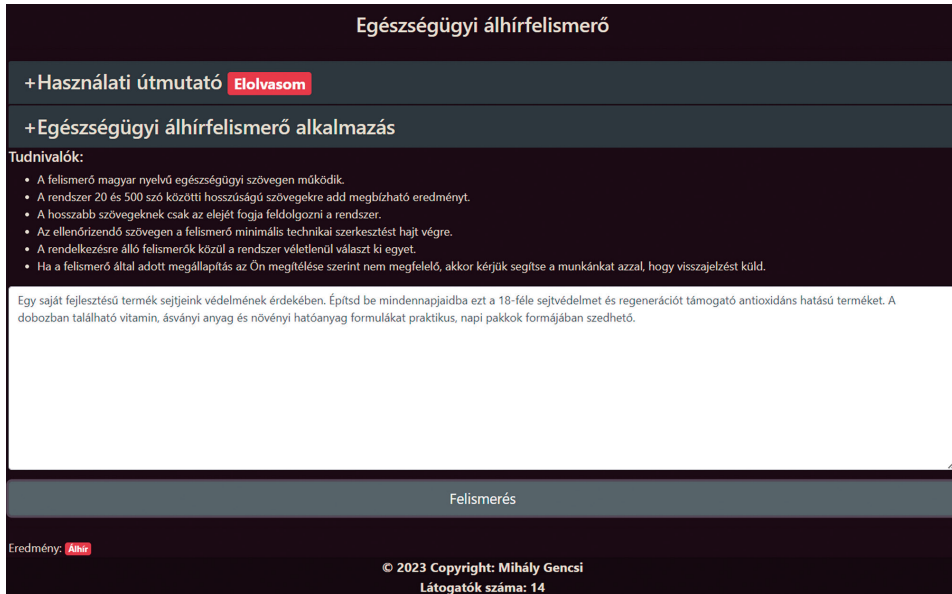
1. táblázat. A kifejlesztett mesterséges neuronháló teljesítménye az F1 mutató szerint címekre, illetve tartalomra használva, négy különböző nagyságrendű kapacitással rendelkező magyar nyelvi modell szerint

	HuBERTUSz-tiny	HuBERTUSz-small	HuBERTUSz-medium	HuBERT
Paraméterek száma	4,5 millió	29,5 millió	42 millió	110 millió
Címekre	0,9399	0,9423	0,9423	0,9549
Tartalomra	0,9196	0,9272	0,9322	0,9422

A modellhez tartozik egy visszajelzést támogató üzenetküldő funkció is. Az ezzel szerzett tapasztalattal tudjuk javítani a program eredményességét. A program általában jól működik, akár a végleges megoldásunk is lehet.

A projektünk hátralévő két évében leginkább ennek az eszköznek a továbbfejlesztését szeretnénk végezni. A többi informatikai eszköz vagy készen van, vagy épp a mesterséges intelligencián alapuló fejlesztésekre vár. Szeretnénk tisztázni a mesterséges neuronhálónk döntéseinek interpretációját, kipróbálni a tisztán a nyelvészeti szabályokkal elérhető osztályozást, illetve ezek hibridjét.

Az említett neurális hálót használó modell kipróbálható az Egészségügyi áhírfelismerő címen (URL3), illetve a kutatócsoport vendégoldalán (URL1). A működését a 2. ábra illusztrálja.



2. ábra. Az egészségügyi áhírfelismerő mesterségesintelligencia-alapú alkalmazás működés közben

Megjegyzés: A program a kijelölt helyre másolt szöveget vizsgálja. Pár másodperc alatt döntésre jut, és mutatja az eredményt, de egy sáv is jelzi az áhírnyanú százalékos mértékét.

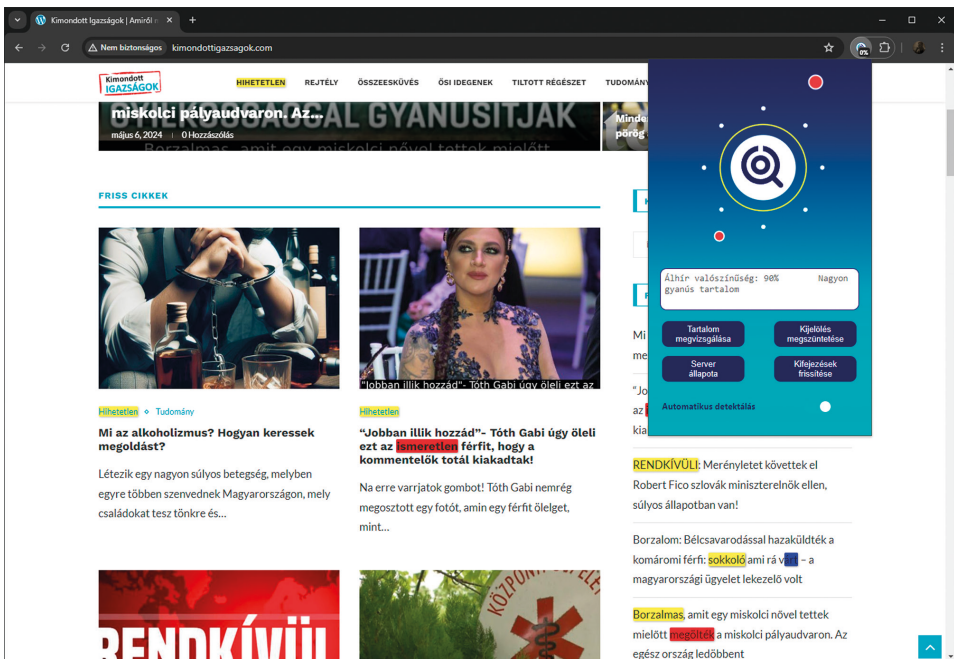
Keresőrobot

Dolgozunk egy automatikus, egészségügyi áhírfelismerő roboton is. Ez már autonóm módon, emberi beavatkozást nem igénylően lenne működőképes. Az interneten kulcsszavak segítségével keres egészségügyi szövegeket, és az előző pontban leírt algoritmussal tud áhírfelismerő azonosítani. Ilyen eszköz fejlesztése felmerült a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központtal (NNGYK, korábbi nevén Országos Gyógyszerészeti és Élelmszeregegészségügyi Intézet, OGYÉI) tervezett együttműködésben is. A hatóság ugyan továbbra is érdekelt az együttműködésben, de az átszervezés miatt türelmünket kérték a részletek megbeszélése céljából. A keresés hatékonyságának javítása végett megkerestük az Országos Széchényi Könyvtárt (OSZK), és az SZTE-vel létrejött egy olyan együttműködési szerződés, amelynek keretében az OSZK és az SZTE a webes aratás, illetve az ehhez kapcsolódó mesterségesintelligencia-alapú

alkalmazások kifejlesztésére vonatkozó szándéknyilatkozatot fogalmaztak meg. A program rendben működik, a tesztelések a várakozásoknak megfelelő eredményeket adtak.

Keresőprogramba beépülő bővítmény

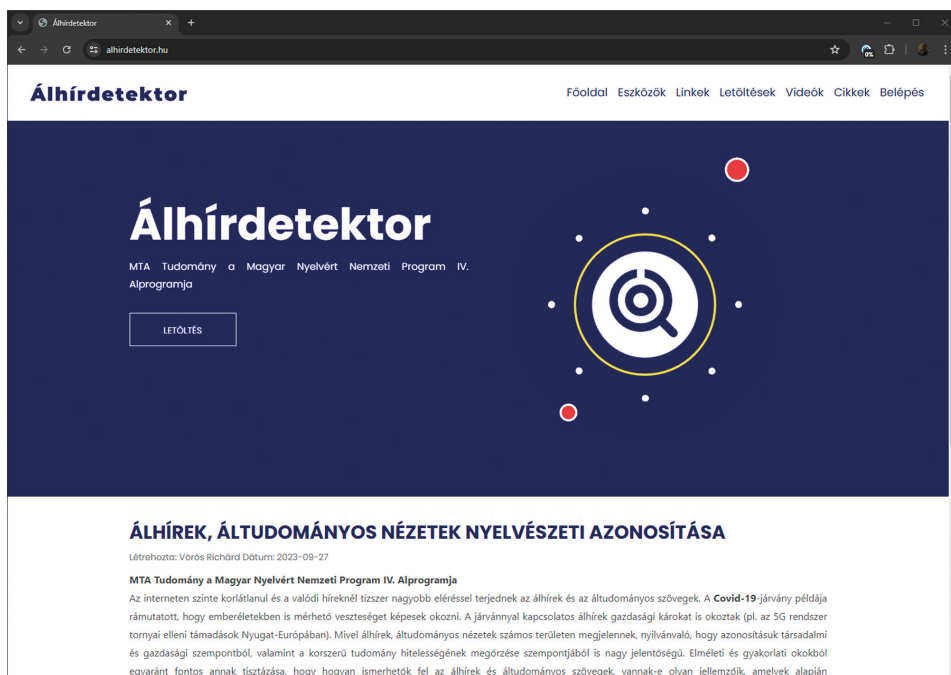
Készítettünk egy keresőprogramba beépülő álhírdetektáló alkalmazást is. Ennek továbbfejlesztésén még dolgozunk, de az első működőképes változatot bemutató videó elérhető az URL4 címen, illetve az URL1 Videók vendégoldalról. A 3. ábra illusztrálja a működését. Lényegében hasonló a tudása, mint az okostelefonos alkalmazásunké. Ennek a megoldásnak a kidolgozottsága egyelőre a legkisebb.



3. ábra. A keresőprogramba beépülő alkalmazás működés közben

Megjegyzés: Lényegében az okostelefonos alkalmazáshoz hasonló a döntése, de az oldalon található teljes szöveg alapján dönt. Az osztályozás összegzett eredményét színnel is jelzi, valamint utal a gyanús részletekre.

Folyik egy egységes vendégoldal fejlesztése is. Ezen a kutatócsoport eredményeit tesszük közzé hírekkel, letöltési lehetőséggel és bemutató anyagokkal együtt. Ennek fejlesztés alatt lévő változata már elérhető az Álhírdetektor weboldalon (URL1), a szerkeszthető hálózati környezet beüzemelése folyik még. A főoldalt mutatja a 4. ábra.



4. ábra. Az MTA–SZTE–DE Elméleti Nyelvészeti és Informatikai Kutatócsoport álhírdetektálási munkáinak gyűjtőoldala

TERVEINK

Együttműködési megállapodást kötöttünk a Pécsi Tudományegyetem (PTE) gyógyszerész kutatóival a gépi tanulás alkalmazása az online gyógyszerforgalmazói felületek webes tartalmának automatikus kategorizálását célzó kutatás közös megvalósítására. Az érdemi munka nemrég kezdődött meg. Nagy nyelvi modellen alapuló, többnyelvű mesterséges neuronhálóat fejlesztünk. Mivel a probléma megoldása az Európai Unió hatósági feladatai között szerepel, ezért keressük majd a lehetőségét, hogy a megfelelő hatóság munkáját segítsük.

Jól kiegészítjük egymást a Hungarian Digital Media Observatory (HDMO) projekttel: ők többek között tényellenőrzést végeznek, és módszertani ajánlásokat tesznek (URL5, URL6). Gyors becslést kínáló eszközeink hasznosak lehetnek számukra az előszűrésben, illetve a megkeresések egy részének kezelésében. A meglévő együttműködési szerződés alapján kölcsönös előnyök kihasználására törekszünk.

Hasonló közös munkára számítunk a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központtal (NNGYK, korábban OGYÉI). Az első megbeszélésekre már

sor került, de az együttműködési szerződés megkötése előtt vagyunk még. Várhatóan az interneten elérhető egészségügyi tartalmú szövegek gyors előszűrése, és keresőrobot segítségével való korai figyelmeztetés lesz majd a cél. De felmerült a határozatok összeállításában segítő mesterségesintelligencia-alapú algoritmus előkészítése is.

Keressük a külföldi kutatócsoportokkal való együttműködést is, akiket hasonló kérdések foglalkoztatnak. Felvettük a kapcsolatot például a FakeSpeak projekttel (URL7). A külföldi kapcsolatok felvetik a többnyelvű rendszerek fejlesztési igényét. Aktívan szerepelünk nemzetközi konferenciákon, hogy az elért eredményeink ismertetésével bővítsük az együttműködők körét.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük az MTA támogatását a Tudomány a Magyar Nyelvért Nemzeti Program keretében, valamint a Szegedi Tudományegyetem és a Debreceni Egyetem segítségét a projekt végrehajtása helyi feltételeinek a biztosításában. Hála-sak vagyunk tanácsadóinknak, akik rendszeresen támogatják a munkánkat: Bari Ferencnek, Boldogkői Zsoltnak, Csupor Dezsőnek és Halasi Attilának, valamint az informatikai megoldások kidolgozóinak: Ficsor Tamásnak, Gencsi Mihálynak és Vörös Richárdnak. Sok segítséget kaptunk az SZTE Innovációs Igazgatóságától.

IRODALOM

- Berend Gábor – Csendes Tibor – Ficsor Tamás et al. (2024): Álhírek nyelvi modellek segítségével történő felismerése. *Nyelv és Tudomány*, nyest.hu, közlésre benyújtva
- Ficsor Tamás – Berend Gábor (2023): *HuBERTUSz: Alacsony paraméterszámú transzformer modellek létrehozása és kiértékelése magyar nyelvre*. XIX. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia, MSZNY–2023. Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 417–432.
- Nemeskey Dávid Márk (2020): *Natural Language Processing Methods for Language Modeling*. PhD-értekezés. Budapest: ELTE

URL1: Álhírdetektor, www.alhirdetektor.hu

URL2: <https://www.youtube.com/watch?v=ybg5NU-UwD4&t=36s>

URL3: Egészségügyi álhírfelismerő, <https://www.inf.u-szeged.hu/~gencsi/alhir-felismero.html>

URL4: https://www.alhirdetektor.hu/uploads/bongeszbo_bovitmeny.mp4

URL5: Magyar Digitális Média Observatórium (Lakmusz-HDMO), <https://www.hdmo.eu/section/about-us/who-we-are/?lang=hu>

URL6: Detekto, www.detekto.hu

URL7: Fakespeak, <https://www.hf.uio.no/ilos/english/research/projects/fakespeak/index.html>

EGY KIS KÖNYV NAGY KARRIERJE – 80 ÉVE JELENT MEG ERWIN SCHRÖDINGER *WHAT IS LIFE?* CÍMŰ KÖNYVE

THE BIG CAREER OF A LITTLE BOOK: EIGHTY YEARS OF ERWIN SCHRÖDINGER'S *WHAT IS LIFE?*

Hargittai István

az MTA rendes tagja, professor emeritus
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
istvan.hargittai@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elméleti fizikus Erwin Schrödinger 1944-ben megjelent kis könyvében népszerűsítette Max Delbrück és szerzőtársai 1935-ben megjelent kutatási eredményét, amely szerint a gén nagy stabilitású molekuláris anyag. A gént aperiodikus kristálynak képzelte el, és felvetette, hogy addig ismeretlen fizikai törvényekre lesz szükség az élet mibenlétének megértéséhez. Könyvének jelentős hatása volt abban, hogy más területen dolgozó, már jó nevű kutatók és sok kezdő kutató biológiai kutatásokba kezdjen, és ezzel jelentősen hozzájárult a 20. század második felében az élettudományokban született forradalmi felfedezésekhez.

ABSTRACT

In a small book published in 1944, theoretical physicist Erwin Schrödinger promoted the 1935 research of Max Delbrück and his co-authors, who had discovered that the gene was a highly stable molecular substance. He conceived of the gene as an aperiodic crystal and suggested that hitherto unknown physical laws would be needed to understand the nature of life. His book had a major impact in encouraging established scientists in other fields and many early career researchers to embark on biological research, and thus contributed significantly to the revolutionary discoveries in the life sciences in the second half of the twentieth century.

Kulcsszavak: Erwin Schrödinger, Max Delbrück, Oswald T. Avery, kémiai stabilitás, aperiodikus kristály, Paul Nurse

Keywords: Erwin Schrödinger, Max Delbrück, Oswald T. Avery, chemical stability, aperiodic crystal, Paul Nurse

Szilárd Leó az 1930-as évek második felében foglalkozott azzal a gondolattal, hogy a fizikáról áthelyezi érdeklődését a biológiára, mert ott látta a legnagyobb kihívásokat. Szilárd különleges érzéssel ismerte fel a fejlődési irányokat a tudományos kutatásban, de ezt az irányváltást csak a második világháborút követően lépte meg. A háborús előkészületek és a háború igényei arra készítették, hogy még évekig a nukleáris fizikában dolgozzon tovább. Amikor a háború után biológiai kutatásokra váltott, ebben saját korábbi elhatározását követte. Sok más tudományos kutató is átnyergelt biológiai kutatásokra a következő években, de ebben nem a korábbi érdeklődésnek volt szerepe, sokkal inkább egy kis könyvnek, Erwin Schrödinger *What Is Life?* című kötetének (Schrödinger, 1944).

Erwin Schrödinger (1887–1961; *1. ábra*) Nobel-díjas fizikus és a modern fizika egyik vezető kialakítója 1943-ban az írországi Dublinban nyilvános előadás-sorozatot tartott *What Is Life?* címmel. Az előadások széles közönségnek szóltak, és hatalmas sikert arattak. Az előadások könyv formájában történő megjelentetését a dublini Cahill & Co. kiadó vállalta. Amikor azonban a szerző a katolikus egyház tanainak ellentmondó utószót fűzött a kézírathoz, a kiadó lemondta az eredeti tervet, és a könyvet végül a Cambridge University Press adta ki.



1. ábra. Balra Erwin Schrödinger mellszobra (Ferdinand Welz, 1984) a Bécsi Egyetem központi épületének árkádsora alatt, és jobbra Max Delbrück fejszobra (Hans Scheib, 2003) Berlin-Buchban

Forrás: a bal oldali Hargittai István, a jobb oldali Hargittai Magdolna felvétele

Schrödinger könyvével közvetlenül a megjelenése után és azóta is sok recenzió foglalkozott; a jelen írás csupán a könyvvel kapcsolatos három kérdést taglal. Az egyik azoknak a szerzőknek a rövid bemutatása, akiknek a dolgozata Schrödinger könyvének középpontjában szerepel. A dolgozat címe: *Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur* (A génmutáció és a génszerkezet természetéről), szerzői Nikolay Vladimirovitch Timoféeff-Ressovsky (Nyikolaj Vlagyimirovics Tyimofejev-Reszovszkij),¹ Karl Günther Zimmer és Max Delbrück (1935). Ez a dolgozat megjelenésekor nem keltett visszhangot, és Schrödinger könyvének nagy érdeme, hogy visszahozta az ismeretlenségből. A második kérdés, amelyhez megjegyzéseket fűzök, a Schrödinger által bevezetett *aperiodikus kristály* fogalma. A harmadik a könyv hatása a 20. század második felének tudományára, amelyet egy sor híres tudós példájával illusztrálok.

Az idézett 1935-ös dolgozat négy részből állt; mindegyik társszerző készített egy-egy részt, és a befejezőt közösen írták. Abban az időben még ritka volt a több társszerzős kutatás, és különösen az, hogy különböző területek kutatói működjenek együtt. Három évtizeddel a cikk megjelenése után Zimmer leírta a közös munka történetét, amelyet gyakran „Dreimännerwerk” megjelöléssel emlegettek (Zimmer, 1966, 37.). A három szerző közül Max Delbrück (*I. ábra*) az évek során híressé vált, legalábbis tudományos körökben; a másik két szerző azonban sokkal kevésbé ismert.

Nyikolaj Vlagyimirovics Tyimofejev-Reszovszkij (1900–1981) Moszkvában tanult, és kezdte meg kutatói pályafutását. Az elsők között jutott arra a következtetésre, hogy nincs olyan radioaktivitási küszöbérték, amely alatt az emberi szervezet nem károsodik, mert már a legkisebb mennyiség is romboló hatású. Tyimofejev-Reszovszkij ezt radiobiológiai paradoxonnak nevezte. Az elsők között javasolta, hogy a radiológusokat ólom védőköténnyel lássák el. Az 1920-as évek közepén a Szovjetunió még nyitott volt a nemzetközi tudományos cserékre, és egy szovjet–német megállapodásnak megfelelően a németek agykutatást indítottak Moszkvában, a szovjetek pedig segítettek Németországnak a genetikában. A szovjetunióbeli genetikusok későbbi tragikus üldöztetését tekintve figyelemre méltó, hogy a genetika az 1920-as évek közepén még olyan szinten állt a Szovjetunióban, hogy a németek tanulhattak szovjet kollégáiktól. Tyimofejev-Reszovszkij a Szovjet Tudományos Akadémia delegálta egy- vagy kétéves berlini látogatásra. Húsz évig maradt, és a Berlin-Buch akadémiai központban végzett kutatásokat. Nikolay W. Timoféeff-Ressovsky néven nemzetközi hírű genetikus lett, miközben hazájában a genetika tudományát tönkretették. Amikor 1945-ben visszatért a Szovjetunióba, fogolyként kezelték, de megengedték, hogy dolgozzon. A sugárzás biológiai hatásaival kapcsolatos szakértelmére szükség volt

¹ Az eredeti, orosz nevéen Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, magyar átírása Nyikolaj Vlagyimirovics Tyimofejev-Reszovszkij.

a szovjet nukleáris programban. A Moszkvától száz kilométerre délnyugatra fekvő Obnyinszkban kinevezték egy biofizikai laboratórium vezetőjének. Ebben a városban 1945 után fontos kutatóközpontot alakítottak ki, és 1954-ben itt kezdte meg működését a világ első atomerőműve. Tyimofejev-Reszovszkijt soha nem engedték vissza Moszkvába. Obnyinszkban emléktáblát emeltek tiszteletére.

Karl Günther Zimmer (1911–1988) német nukleáris kémikus Tyimofejev-Reszovszkijjal együtt dolgozott a Berlin-Buch-i Kaiser Wihelm Agykutató Intézetben. A második világháború után, 1945 és 1955 között fogolyként vett részt a szovjet nukleáris programban a Tyimofejev-Reszovszkij által vezetett laboratóriumban. Zimmer Németországba való visszatérése után (az akkori) Nyugat-Németországban, Karlsruheban telepedett le, és élete végéig nukleáris kutatásban dolgozott; az ionizáló sugárzás DNS-re gyakorolt hatását tanulmányozta.

Max Delbrück (1906–1981) német–amerikai biofizikus nem annyira saját felfedezéseiről, mint inkább a molekuláris biológiai kutatásokban betöltött vezető szerepéről ismert. Göttingenben tanult fizikát, majd Berlinben Lise Meitner munkatársa lett. Érdeklődése fokozatosan a genetika felé fordult, és ez vezetett a Tyimofejev-Reszovszkijjal és Zimmerrel való együttműködéséhez. Közös értekezésük lényege ma triviálisnak hangzik, de akkoriban úttörő jelentőségű volt. Az akkor még ismeretlen összetételű gének különleges, 37 Celsius-fok körüli hőmérsékleten mutatott stabilitásával foglalkoztak. A kémiai stabilitásból arra következtettek, hogy a géneket molekulák építik fel. Ahogyan Schrödinger bemutatta Delbrück és társai felfedezését, szinte misztikus érdeklődést váltott ki a korabeli kutatókból, akik közül sokan elhatározták, hogy genetikával fognak foglalkozni.

Delbrück 1937-ben elhagyta Németországot, és Rockefeller-ösztöndíjjal az Egyesült Államokban folytatta életét és kutatásait. Rá is nagy hatással volt Schrödinger könyve. A Rockefeller-ösztöndíj befejezése után Delbrück a Vanderbilt Egyetemen tanított. Az 1940-es években kutatási együttműködést alakított ki Salvador E. Luria (1912–1991) olasz menekült biológussal, aki az Indiana Egyetemen dolgozott. Ez a duó bővült ki Alfred D. Hersheyvel (1908–1997) a St. Louis-i Washington Egyetemről. Ők hárman alkották az ún. fágkutató iskolát. A fágok olyan vírusok, amelyek baktériumokat fertőznek meg. Ez a kutatási irányvonal és Delbrück megnyerő személyisége sok tehetséges fiatal tudóst vonzott erre a területre. Köztük volt James D. Watson (1928–), aki az Indiana Egyetemen doktorált, és később Francis Crickkel (1916–2004) együtt felfedezte a DNS kettős hélix szerkezetét. A fág-csoport rendszeresen tartott nyári tanfolyamokat a Cold Spring Harbor Laboratóriumban, és kulcs szerepet játszott a molekuláris biológia fejlődésében a modern amerikai és nemzetközi kutatásban. Delbrück 1947-ben a Kaliforniai Műszaki Egyetemen biológiai professzori kinevezést kapott, és élete végéig ott maradt.

Delbrück sok tehetséges fiatalot inspirált, kiváló kritikus volt, és megkérdőjelezhetetlen integritású. 1969-ben Delbrück, Hershey és Luria fiziológiai vagy

orvosi Nobel-díjat kapott „a vírusok szaporodási mechanizmusával és genetikai szerkezetével kapcsolatos felfedezéseikért”. Nobel-előadásában Delbrück nem a kutatásairól beszélt, olyan általános témákkal foglalkozott, mint a fizika és a biológia, a test és a lélek, valamint a művész és a tudós közötti kapcsolat. A publikált előadás mellékletként csatolta egy 1937-ben még Berlinben készült tanulmányát az élet misztériumáról.

Schrödinger könyvének értéke elsősorban a felvetett kérdésekben és a könyv hatásában van. Felvetette a gén természetének kérdését, és az öröklődés információjának megtestesítésére javasolta az aperiodikus kristály fogalmát. Utalt egy rendkívül érdekes lehetőségre, amely szerint az élet mibenlétének megértéséhez talán eddig ismeretlen fizikai törvényeket kell feltárni. Az aperiodikus kristály a DNS-molekulában találta meg lényegi megnyilvánulását, és pusztán formális, de szó szerinti megnyilvánulását a kvázikristályokban. Érdekes, bár érthető, hogy a kvázikristályok – szerkezetüket tekintve valóban aperiodikus kristályok – felfedezését soha nem hozták összefüggésbe Schrödinger aperiodikus kristályával. Valóban nincs közöttük funkcionális kapcsolat, csak szemantikai.

Schrödinger szerint a gén egy kis molekulából indul ki, amelynek pusztán ismétlődéssel történő kiterjesztése – ahogyan egy kristály keletkezik – nem vezethetne a génhez, mert a periodicitás kizárná az információhordozás lehetőségét. A kezdeti kis molekula kiterjesztésének másik módja egy összetett szerves molekula felépítése lenne. Ehhez ma hozzátehetjük, hogy ennek megfelelőnek a fehérjék is, de ugyanúgy a nukleinsavak, ahogyan azok mai ismereteink szerint felépülnek. Azonban a DNS-t, ahogyan Schrödinger idejében ismerték, nem tekinthették a gén anyagának, mert szabályosan ismétlődő szerkezetűnek tartották Phoebus Aaron Levene 1909-ben publikált, nagy hatású tetranukleotidhipotézisének megfelelően (Levene, 1909; Hargittai, 2009).

Érdekes tudománytörténeti egybeesés, hogy szintén 1944-ben, nem sokkal Schrödinger könyve után jelent meg Oswald T. Avery (1877–1955; 2. ábra), Colin M. MacLeod (1909–1972) és Maclyn McCarty (1911–2005; 2. ábra) korszakalkotó felfedezése (Avery et al., 1944), amely gondos kísérleti adatokból levont következtetés volt, amely szerint az örökítés anyaga a DNS. A szerzők az örökítés hordozóját „transzformációs elvnek” nevezték. A felfedezést azonban a kutatói közösség nagy része nem fogadta el, Avery legfiatalabb munkatársa, McCarty visszaemlékezései szerint (Hargittai, 2002) jórészt egy tekintélyes tudós, Alfred Mirsky erőteljesen hangsúlyozott kritikája miatt. Mirsky azzal érvelt, hogy még a leggondosabb tisztítás után is maradhatott a vizsgált mintákban szinte kimutathatatlan mennyiségű fehérje, ami még mindig milliárdnyi molekulát jelentene, és ez elég lenne az örökítés megvalósítására. Sok évvel később Mirsky a *Scientific American*ben publikált egy tanulmányt, amelyben elismerte, hogy a DNS az öröklődés hordozója, de nem kért elnézést korábbi kritikájáért (Mirsky, 1968).



2. ábra. Balra Oswald T. Avery 1948-ban,
jobbra: Maclyn McCarty 1997-ben a Rockefeller Egyetemen

Forrás: a bal oldali képet néhai Maclyn McCarty szívességéből közöljük,
a jobb oldali Hargittai István felvétele

Avery története az emberi tulajdonságoknak a tudományos felfedezések elismerésére gyakorolt hatása szempontjából is érdekes. Mérföldkönek számító felfedezését pályájának késői szakaszában tette, és mire az megjelent, hivatalosan már nyugdíjba vonult, bár folytatta munkáját a Rockefeller Intézetben (ma Rockefeller Egyetem). McCarty szerint (Hargittai, 2002) Avery nem volt közlékeny személyiség. Nem szeretett nyilvánosan beszélni, mert azt nem tartotta megfelelőnek tudományos eredmények közlésére. Még mielőtt Avery az 1944-es nevezetes publikációjukat követően visszavonult volna az aktív kutatástól, mindkét munkatársa, MacLeod és McCarty, a tudomány más területein folytatta kutatásait. Mindhárman orvos végzettségűek voltak, MacLeodnak és McCartynak orvostudományi kutatói állásokat ajánlottak fel. A DNS genetikai anyagként való szélesebb körű elismerését néhány évvel később Alfred D. Hershey és Martha Chase 1952-es, kevésbé kiterjedt vizsgálata hozta meg (Hershey–Chase, 1952). Ekkorra a szélesebb tudományos közösség már megérett arra, hogy elfogadja a DNS meghatározó szerepét az öröklődésben.

Avery és munkatársai felfedezését tekinthetjük korát megelőző felfedezésnek, de ez csak részben igaz. Volt két kiváló kutató, akiknek a munkájára azonnal

döntő hatással volt: Erwin Chargaff (Chargaff, 1950; Hargittai, 2022) és Joshua Lederberg (Hargittai, 2002). Ezen belül Chargaff felfedezései kifejezetten a DNS természetének megértésére vonatkoztak. Megállapította, hogy a DNS nem egy unalmas, egyformán ismétlődő egységekből felépülő molekula, hanem szerkezetfüggő, és publikálta a DNS-ben megfigyelt bázispárokra vonatkozó megfigyeléseit (Chargaff, 1950; Hargittai, 2022).



3. ábra. Balra Francis Crick 2004-ben La Jolla-i otthonában, és jobbra James D. Watson, 2000-ben a szerző otthonában, Budapesten

Forrás: Hargittai István felvételei

Sokak számára a lehető legizgalmasabb kihívást jelentette a Schrödinger által felvetett lehetőség, sőt esetleges szükségesség, hogy az élet mibenlétének megértéséhez várható addig nem ismert fizikai törvények felfedezése. A könyv hatását néhány prominens vagy későbbi prominens tudós megnyilatkozásával illusztrálom.

James D. Watson (*3. ábra*) többször kifejtette, hogy a könyv milyen nagy hatással volt pályájára. Ez a hatás közvetlenül elvezetett a Francis Crickkel (*3. ábra*) közösen tett felfedezéshez, amely szerint a DNS-molekula kettős hélix szerkezetű. Az évek során következetesen így nyilatkozott: „kezembe került Erwin Schrödinger elméleti fizikus könyvecskéje. Ebben a kis gyöngyszemben Schrödinger azt mondta, hogy az élet lényege a gén. Addig a madarak érdekeltek. De aztán arra

gondoltam, hogy ha a gén az élet lényege, akkor többet akarok tudni róla. És ez sorsdöntő volt, mert különben egész életemben madarakat tanulmányoztam volna, és senki sem hallott volna rólam” (Watson, 1993; Watson, 2000, 123.).

A tudománytörténész Robert Olby szerint „Schrödinger látomása inspirálta Cricket. »Izgalmas módon közvetítette – mondta [Crick] – azt a gondolatot, hogy a biológiában a molekuláris magyarázatok nemcsak rendkívül fontosak, hanem azt is, hogy már karnyújtásnyira vannak tőlünk»” (Olby, 2009). Watson is megjegyezte: „[A könyv] fontos tényező volt abban, hogy [Crick] elhagyta a fizikát, és érdeklődése a biológia felé fordult, miután 1946-ban elolvasta” (Watson, 1968, 12.). A 2020-as fizikai Nobel-díjas Roger Penrose hasonlót említett a *What Is Life?* egyik későbbi kiadásához 1991-ben írt előszavában: „Sok tudós, aki alapvető felfedezésekkel gazdagította a biológiát, mint például J. B. S. Haldane és Francis Crick, elismerte, hogy nagy hatással voltak rá (bár nem mindig értettek velük teljesen egyet) azok a széles körű gondolatok, amelyeket ez a rendkívül eredeti és gondolatgazdag fizikus [ebben a könyvben] kifejtett” (Penrose, 1992). Maga Crick így írt erről: „Schrödinger könyve nagyon időszzerű volt, és olyan emberek érdeklődését is felkeltette, akik egyébként talán egyáltalán nem is foglalkoztak volna biológiával” (Crick, 1965).

A krisztallográfus Maurice Wilkins, aki Watsonnal és Crickkel együtt a DNS szerkezetéért kapott 1962-ben Nobel-díjat, így írt a könyv rá tett hatásáról: „Azért vonzott Schrödinger gondolkodása a *What Is Life?* című könyvében, mert összekapcsolta a gén rendkívül fontos biológiai gondolatát a kristályokban mozgó elektronok sajátos világával. Arról írt, hogy a gén egy aperiodikus kristály, és ez közvetlenül kapcsolódott a doktori munkámhoz [...] Schrödinger könyvének fő hatása az volt, hogy lendületbe hozott. Nem csak az, amit írt, hanem az is, ahogyan írta. [...] Schrödinger a fizikusok nyelvét használta, és ez arra ösztönzött engem mint fizikust, hogy komolyan vegyem a könyvet és a genetikát, és hogy eldöntsem, hogy »biofizikusként« ezen a területen szeretnék kutatni” (Wilkins, 2003, 84.).

Gunther Stent, a molekuláris biológia egyik úttörője írta: „Ez a könyv óriási hatással volt rám, és megváltoztatta szakmai pályámat, ahogyan a háború alatt a fizikai tudományok területén képzett számos kortársam pályáját is megváltoztatta” (Stent, 1998, 245.).

Egy Watsonról és a DNS-ről szerkesztett kötet szerint: „Seymour Benzer az egyik olyan fizikus, aki Erwin Schrödinger *What Is Life?* című művének elolvasása után a biológia felé fordult” (Inglis et al., 2003, 16.). A fizikus Seymour Benzer (1921–2007) szintén a molekuláris biológia úttörői közé tartozott, és más kitüntetések mellett 1993-ban megkapta a Crafoord-díjat (Hargittai–Hargittai, 2006). A fizikai és kémiai Nobel-díjhoz hasonlóan ezt is a Svéd Királyi Tudományos Akadémia ítéli oda, és olyan területeken, amelyek nem tartoznak a Nobel-díjak körébe (csillagászat, biotudományok, földtudományok, matematika). Benzer díjának indoklása így szól: „a *Drosophila melanogaster* viselkedési mutánsain végzett úttörő genetikai és neurofiziológiai vizsgálatairól”.



4. ábra. Paul Nurse 2003-ban a szerző műegyetemi dolgozószobájában

Forrás: Hargittai István felvétele

Természetesen Schrödinger *What Is Life?* című könyve semmiben sem mondta ki az utolsó szót, még csak nem is új felfedezések bemutatása volt a célja. Idővel az is kiderült, hogy nem voltak olyan további fizikai törvények, amelyek felfedezése segített volna az élet mibenlétének megértésében. A könyv arról nyújtott pillanatképet, hogy hol tart éppen akkor a tudomány, és ezt nagyon hatásosan tette. Azóta is jelent már meg ugyanilyen címmel könyv, és lemérhető az a hatalmas út, amelyet az élettudományok Schrödinger könyvének megjelenése óta megtettek, és amelyhez Schrödinger könyve felbecsülhetetlen módon járult hozzá. Kiemelem Paul Nurse (4. ábra) 2020-ban megjelent könyvét (Nurse, 2020), amely átfogó képet nyújt a modern biológia állásáról, és ezzel a jövő kutatásaira vonatkozóan is irányt mutat. Nurse érdeklődése egyetemes, amellet, hogy saját kutatásaiban 2001-ben Nobel-díjjal elismert felfedezéseket tett. Egyetemes érdeklődése nagyban különbözik attól a biológiai-élettudományi területen nem ritka modelltől, amely szerint valaki minél hamarabb igyekszik elérni a tudomány határvidékére anélkül, hogy széles körű tudásbázist építene fel, nagy felfedezést tesz, majd a kutatói pályát vállalati-vállalkozói karrierre cseréli. Ez nem

csökkenti a korábbi felfedezés jelentőségét, ez csak egy másik modell. A Nurse által követett „régimódi” pálya magába foglalja a tudománytörténet iránti élénk érdeklődést, amely kutatásait is segíti. Széles körű érdeklődése valószínűleg elősegítette, hogy a tudományirányításban meghatározó tisztségekre válasszák meg vagy kérjék fel. Volt a New York-i Rockefeller Egyetem elnöke (rektora) és a londoni Royal Society elnöke, jelenleg a londoni Francis Crick Intézet végrehajtó bizottságának elnöke és az intézet igazgatója, miközben továbbra sem adta fel saját laboratóriumi kutatásait.

Könyvének címül nem véletlenül választotta Schrödinger könyvének címét. Nurse szerint Schrödinger könyve arra koncentrál, hogyan képesek az élő szervezetek generációról generációra fenntartani a rendet és egységességet a termodinamika második főtételével leírt világunkban, amely megállás nélkül halad a rendezetlenség és a káosz felé. Schrödinger ezt a kérdést vetette fel, és úgy gondolta, hogy az örökletesség megértésében lelhetjük meg a választ. Bár Nurse ugyanazt a kérdést teszi fel, vagyis hogy „mi az élet?”, az örökletesség megértésétől nem reméli a teljes választ. Ehelyett tüzetes vizsgálódást ajánl a biológia szerinte öt alapkoncepciójának területén: a sejt, a gén, a természetes kiválasztódással megvalósuló evolúció, az élet mint kémia és az élet mint információ. Ezekre itt nem térek ki, helyette a könyv elolvasását ajánlom. Nurse szerint, „mi, biológusok gyakran ódzkodunk attól, hogy nagy eszmékről és nagy elméletekről beszéljünk. Ebben a tekintetben meglehetősen különbözünk a fizikusoktól. [...] De a biológiában igenis léteznek ilyen fontos átfogó elképzelések, és ezek segítenek megérteni az élet mibenlétét a maga teljes komplexitásában” (Nurse, 2020, 3.). Tekintve a modern élettudományokat, mintha nem is nyolc évtized, hanem egy egész korszak telt volna el Schrödinger óta, de ez a kis könyv ma is érezteti hatását.

(A jelen cikk bővebb változata angolul olvasható a *Structural Chemistry* folyóiratban [Hargittai, 2024].)

IRODALOM

- Avery, Oswald T. – MacLeod, Colin M. – McCarty, Maclyn (1944): Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction from Pneumococcus Type III. *Journal of Experimental Medicine*, 79, 137–158. DOI: 10.1084/jem.79.2.137, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2135445/>
- Chargaff, Erwin (1950): Chemical Specificity of Nucleic Acids and Mechanism of Their Enzymatic Degradation. *Experientia*, 6, 201–209. DOI: 10.1007/BF02173653, <https://tinyurl.com/y2mztupu>
- Crick, F. H. C. (1965): Recent Research in Molecular Biology: Introduction. *British Medical Bulletin*, 21, 3, 183–186. DOI: 10.1093/oxfordjournals.bmb.a070393

- Hargittai István (2002): *Candid Science II: Conversations with Famous Biomedical Scientists*. London: Imperial College Press, Ch. 2: Maclyn McCarty, 16–31.
- Hargittai István (2009): The Tetranucleotide Hypothesis: A Centennial. *Structural Chemistry*, 20, 753–756. DOI: 10.1007/s11224-009-9497-x, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-009-9497-x>
- Hargittai István (2022): Paradigms and Paradoxes: Complementarity in Chemical Structures – A Tribute to Erwin Chargaff. *Structural Chemistry*, 33, 1003–1005. DOI: 10.1007/s11224-022-01915-1, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-022-01915-1>
- Hargittai István (2024): What Is Life? – 80 Years from Erwin Schrödinger to Paul Nurse. *Structural Chemistry*, 35, 1039–1047. DOI: 10.1007/s11224-024-02314-4, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-024-02314-4>
- Hargittai István – Hargittai Magdolna (2006): *Candid Science VI: More Conversations with Famous Scientists*. London: Imperial College Press, Ch. 6: Seymour Benzer, 114–133.
- Hershey, Alfred D. – Chase, Martha (1952): Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. *Journal of General Physiology*, 36, 1, 39–56. <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/papers/hershey-independent.html>
- Inglis, John. R. – Sambrook, Joseph – Witkowski, Jan Anthony (eds.) (2003): *Inspiring Science: Jim Watson and the Age of DNA*. Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Levene, Phoebus Aaron (1909): Über die hefenukleinsäuren. *Biochemische Zeitschrift*, 17, 120–131.
- Mirsky, Alfred E. (1968): Discovery of DNA. *Scientific American*, 218, 6, 78–88. DOI: 10.1038/scientificamerican0668-78
- Nurse, Paul (2020): *What Is Life?* Oxford: David Fickling Books
- Olby, Robert (2009): *Francis Crick: Hunter of Life's Secrets*. Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 65–66.
- Penrose, Roger (1992): Preface. In: Schrödinger, Erwin: *What Is Life?* Cambridge University Press
- Schrödinger, Erwin (1944): *What Is Life?* Cambridge University Press
- Stent, Gunther S. (1998): *Nazis, Women and Molecular Biology: Memoirs of a Lucky Self-Hater*. Kensington, California: Briones Books
- Timoféeff-Ressovsky, Nikolay Vladimirovitch – Zimmer, Karl Günther – Delbrück, Max (1935): Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur. *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, 1, 189–245. <https://tilde.ini.uzh.ch/~tobi/fun/max/timofeeffZimmerDelbruck1935.pdf>
- Watson, James D. (1968): *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: Atheneum Press
- Watson, James D. (1993): Succeeding in Science: Some Rules of Thumb. *Science*, 261, 1812–1813. DOI: 10.1126/science.8378784, <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.8378784>
- Watson, James D. (2000): *A Passion for DNA: Genes, Genomes, and Society*. Oxford University Press
- Wilkins, Maurice (2003): *The Third Man of the Double Helix: Autobiography*. Oxford University Press
- Zimmer, Karl Günther (1966): The Target Theory. In: Cairns, John – Stent, Günther Siegmund – Watson, James D. (eds.): *Phage and The Origins of Molecular Biology*. Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, 33–42. (Ennek a kötetnek a kibővített változata jelent meg 1992-ben.)

NÉHÁNY SZEMÉLYES HANGVÉTELŰ EMLÉKÜNK BENOÎT MANDELBROT RÓL ÉS A FRAKTÁLOKRÓL

SOME PERSONAL MEMORIES OF BENOÎT MANDELBROT AND THE FRACTALS

Vicsek Mária¹, Vicsek Tamás²

¹címzetes egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem Adatelemzés és Informatika Intézet, Budapest

²az MTA rendes tagja, professor emeritus, ELTE TTK Fizikai Intézet, Budapest

vicsekt@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Benoît Mandelbrot (1924–2010) születésének 100. évfordulóján felidézzük néhány személyes találkozásunkhoz kötődő emlékeinket. A „fraktálok atyja” a munkásságán keresztül megismert csodás természeti objektumokhoz hasonlóan igen komplex személyiség volt. Nagy rajongója volt a művészeteknek, kíváncsi volt a magyar történelem egyik periódusára, időnként csatákat vívott a multifraktálokról beszélő előadókkal, de arról is szó lesz, hogy milyen kellemes délutánt töltöttünk el nála, amikor barátságos otthonában vendégül látott minket.

ABSTRACT

On the 100th anniversary of the birth of Benoît Mandelbrot (1924–2010), we recall some of our personal encounters. The “father of fractals” was a complex man, similarly to the wonderful natural objects we have come to know through his work. He was a great fan of the arts, curious about a period of Hungarian history, occasionally engaged in battles with speakers about multifractals, but we will also talk about the pleasant afternoon we spent with him when he hosted us in his friendly home.

Kulcsszavak: multifraktálok, művészetek, budapesti konferencia, Yale University, vendégségben Mandelbrotéknál

Keywords: multifractals, arts, conference in Budapest, Yale University, visiting the Mandelbrots

Vicsek Tamás: Személyesen 1987 januárjában találkoztam először Benoît Mandelbrot professzorral. Azért tudom az évet beazonosítani, mert különlegesen kemény tél volt akkor, sok hóval. Ugyanakkor, ez valahogy mégse jelentett komoly akadályt, fűtött minket a fraktálok iránti lelkesedés: Mandelbrotot mint a széles körben csak „a fraktálok atyjának” (father of fractals) nevezett, óriási formátumú tudóst (1. ábra), engem mint a fraktálok komplex szépségére rácso-

dálkozó kutatót.¹ Mandelbrot egyébként fizikai megjelenésében is nagy formátumú volt, én meg alacsony és vékony vagyok, szóval kicsit olyan benyomást kelthettünk, mint Stan és Pan. Mindenesetre nagy szerencsém volt, Marx György professzor, aki meghívta és vendégül látta a világhírű kollégát, kiderítette, hogy személyemben van egy hazai fizikus, aki bizonyára örömmel bevállalja, hogy egy napig kísérgeti a jeles vendéget. Így is történt.



1. ábra. Benoît Mandelbrot egy 1997-ben készült fényképen

Forrás: Mandelbrot emlékdala²

¹ A fraktálok olyan bonyolult geometriai alakzatok, amelyek nem írhatóak le egész számú dimenzióval, innen (a latin *fractio* – töredék szó felhasználásával) ered, hogy azt mondjuk: fraktál dimenzióval jellemezhető. Ebből következik, hogy egy adott dimenziójú térbe ágyazott fraktál annak csak elhanyagolhatóan kis (matematikai határesetben nulla) hányadát tölti ki. Ezzel a tulajdonsággal jár különös esztétikai megjelenésük is, amelyet az önhasonlóság kifejezéssel szokás jellemezni. Egy alhalmaza a térnek akkor önhasonló, ha egy tetszőlegesen kiragadott kis részét a teljes halmazra felnagyítva visszakapjuk az eredeti halmazt, vagy egy azzal statisztikai tulajdonságait tekintve megegyező objektumot. Nyilvánvalóan, ez nincs így egyszerű formákra (például egy körvonal picit része egy majdnem egyenes vonalhoz hasonlít), azonban egy bonyolult, ágas-bogas alakzatra már igaz lehet. Egyszerű példaként a fákat szokás említeni, amelyeknek, ha letörjük egy nagy ágát, függőleges helyzetbe hozzuk, és felnagyítjuk, akkor egy az eredeti fához igen hasonló formához jutunk. A hivatkozott URL1 és URL2 szép példákat mutat be fraktálokra.

² <https://users.math.yale.edu/mandelbrot/>.

Az a havas nap maradandó élmény volt. Úgy indult, hogy Benoît közölte, ő most elsősorban a Szépművészeti Múzeumba menne, mert kikereste, hogy Rubens és Goya néhány eredeti festménye is ott van nálunk, és akkor már a többi kincsünket is szívesen megtekintené. Ez könnyű menet volt. A fraktálokhoz engem is nagyban vonzott az általuk jelentett esztétikai élmény, valamint a múzeumtól 600–700 méterre növe fel, sokat jártam benne, szerettem ott nézelődni.

A nap másik fő programjának terve azonban kissé sokkoló élményt okozott, Mandelbrot közölte, hogy tudomása szerint aznap este egy igen színvonalas produkció lesz az Erkel Színházban, ahol a *Figaro házasságát* fogják előadni. Édesapám nagy operarajongó volt, de én ebből egy szemernyit sem örököltem, és amikor ebédszünetre különváltunk, attól tartva értem haza, hogy este nagyon komoly problémát fog okozni, ha Benoît mellett ülve elalszom. Am előbb jegyet is kellett szerezni! Talán épp az utolsó pillanatban mondhatta le valaki, de úgy alakult, hogy végül az első sorban ültünk, és végig rendkívül élveztem a valóban nagyszerű előadást.

Vicsék Mária: 1988 augusztusában Mandelbrot professzor meghívására négy hónapot töltöttünk a Yale Egyetemen. Itthon már nagy változások kezdődtek, közeledett a „rendszerátalakítás”. Érdekes, hogy éppen akkor volt ott az egyetemen néhány olyan magyar honfitársunk, aki a következő években aktív szereplője lett az alakuló új magyar rendszernek. Találkoztunk Illés Zoltánnal, ő szerzett szállást a családuknak. Ott volt a jogász Varga Csaba, és a nem politikusként, de fontos közéleti szereplővé vált Vámos Miklós író is.

Érkezésünk tájékán Mandelbrot éppen titkárnő nélkül maradt, így szerencsémre napi pár órára megkaptam e nemes feladatot. A titkárnő botrányosan távozhatott, mert hihetetlen káoszt találtam a prof kis irodájában. Bontatlan levelek fiókok mélyén. A polcon rengeteg CD teljes összevisszaságban. A számítógépen fájlok minden rendszerezés nélkül. Mandelbrot nem adott utasítást vagy magyarázatot, hogy mit vár. Időnként bejött és körülnézett. Elcsodálkozott a renden, talán még valami rövid dicséretet is mormolt. Rögtön első napomon kezembe nyomott egy kinyomtatott cikket, hogy sürgősen csináltassak róla néhány másolatot. Fogalmam sem volt, hogy melyik épületben keressem a *Xeroxot*, különösen hogy azt az itthon akkor szokásos szóhasználattal szemben „copy machine”-nak hívták (és nem a hozzánk először elkerült másológépek gyártója után nevezték el). Persze némi bolyongás után találtam valakit, aki megmutatta a helyet (csak utána vissza kellett találnom az irodába).

Egy délután áthívtott látogatóba a gyerekeinkkel együtt (András 12, Lilla 14 éves volt). Egy magas, tágas, puritán berendezésű nappaliban kis, kerek asztalnál beszélgettünk (2. ábra). A falon selyemhímzések függtek képkeretben. Feleségével mindketten nagyon kedvesek voltak, a gyerekekkel is foglalkoztak. Aliette finom salátát és pudingot készített. Nostalgiaival említette, hogy két fiúgyermekük – Laurent és Didier – már felnőtt, és mindketten külföldön élnek. Kellemes élmény volt.



2. ábra. Vendégségben Mandelbrotéknál. Benoît, Alette, Mária, Tamás, Lilla, 1988

Forrás: Vicsek András felvétele

A másik szép emlék Mandelbrottal és a fraktálokkal kapcsolatban az 1993. augusztus 30. és szeptember 2. között Budapesten megrendezett *Fractals in Natural Sciences* konferencia, amelynek titkára lehettem. Ez a konferencia volt a fraktálokról szóló első konferencia, amelyet kifejezetten azzal a céllal szerveztek, hogy lehetővé tegye az olyan különböző tudományágak, mint az asztrofizika, a biológia, a kémia, a geofizika és a fizika felfedezéseinek, eredményeinek egyidejű megvitatását (3. ábra).

A konferenciakiadvány bevezetője szerint: „A fő célkitűzés az volt, hogy a legfrissebb eredmények és a különböző tudományterületek ismert szakértőinek összehozásával a komplex térbeli és időbeli viselkedésekkel kapcsolatos megközelítések és tudományos nézetek gyümölcsöző kölcsönhatására kerüljön sor. A magas színvonalú előadások, amelyek olyan témákban hangzottak el, mint a növekedési jelenségek, az önszerveződő kritikusság, a turbulencia, a biológiai és geofizikai mintaképződés, az iteratív függvények, a kolloid aggregáció és az inhomogén anyagok, valóban ösztönző interakciót eredményeztek a résztvevők között a találkozó során. Azt vártuk, hogy ez hasznos lesz a fraktáloknak a természeti jelenségek széles körében való jelenlétéből eredő közös elvek megtalálásában.”



3. ábra. Az 1993-as budapesti fraktálkonferencia minden résztvevője ilyen pólót kapott

Forrás: Vicsek András felvétele

A konferencia fő előadója és díszvendége Mandelbrot volt. Szervezői Macusita Micugu (Mitsugu Matsushita, Csuo [Chuo] Egyetem, Tokió, Japán), Michael F. Shlesinger (Office of Naval Research, USA) és Vicsek Tamás. A kor fraktálokkal foglalkozó legnevesebb kutatóinak döntő többsége eljött, sokan családotul. 210 kutató és diák vett részt a találkozón 23 országból. Megoldottuk, hogy a hazai kutatók és egyetemi hallgatók a hivatalos részvételi díj befizetése nélkül is látogathassák az előadásokat. A szünetekben a folyosón inspiráló, pezsgő beszélgetések folytak. Mandelbrot szívesen válaszolt mindenkinek, akkor is, ha valaki akár ismeretlenül odament hozzá. A konferencián bemutatott eredményekről két, 89 cikket tartalmazó kiadvány is megjelent: a *Fractals* folyóirat különszámában (*Fractals*, 1993), illetve a World Scientific kiadásában (Vicsek et al., 1994).

Különösen forró nyár volt, mint ahogy maga a fraktál témája is „forró” volt. A résztvevők a Budapesti Műszaki Egyetem Ménes utcai, szerényen felszerelt, klímaberendezés nélküli kollégiumában szálltak meg, az előadásokat is ott tartották. A meghívott előadók kóstolónak még finom, érett szilvát is kaptak. A szolid körülmények sem rontották el az emberek lelkes hangulatát. A problémákat igye-

keztünk minél gyorsabban megoldani. Például Mandelbrot hátfájása miatt ágyához szerezniünk kellett a puha matrac alá valami kemény, sima deszkát, ez végül egy asztallap lett. Mandelbrot az előadását is hátával egy íróasztalnak dőlve, állva tartotta. A plenáris előadásokat az első sor közepéről nagy figyelemmel követte. Előfordult, hogy odakiáltott az előadónak: „ezt már én megcsináltam!”. Élvezte és el is várta az őt körülvevő tiszteletet és figyelmet. Aktívan részt vett az eseményeken. Vitatkozott, sokat beszélgetett. A kirándulásra is eljött feleségével, szemmel láthatóan jól érezték magukat.

Tamás: A fraktálok kutatásának történetében Mandelbrot kétségtelenül meghatározó szerepet játszott. A teljes képhez azért hozzátartozik, hogy az általa fraktáloknak nevezett matematikai objektumokat már jóval előtte definiálták olyan nagy matematikusok is, mint például Georg Cantor vagy Felix Hausdorff. De míg a halmazelméletben ezek a komplex, a végtelen bonyolult módon végtelen kis részeket is tartalmazó objektumok a lehetséges halmazok különlegesen érdekes fajtáiként jelentek meg, addig Mandelbrot volt az, aki felfedezte – és itt a felfedezésnek talán a felismerés változata a használandó értelmezés –, hogy a tört dimenziójú objektumok valójában mindenféle gyakorlati helyzetben is megjelennek, ahogy ő írta: a fraktálok geometriája egyúttal a természet geometriája. A sok példa, amely említhető, rendkívül széles jelenséggört ölel át, a geomorfológiától kezdve a felhők cizellált peremén át az élőlények energia-háztartását biztosító érrendszerig.

Köztudomású, hogy Mandelbrot jelentős ambíciókat táplált felfedezésének elismerésével kapcsolatban. Ebből számos vicces vagy éppen konfliktusos helyzet is támadt. Kezdetből fogva lehetett tudni, hogy hiába szeretné, hogy felismerését Nobel-díjjal ismerjék el, erre – matematikai Nobel-díj híján – eleve nincs esélye. Sokan gondoltuk, hogy amikor a fraktálgeometria közgazdasági alkalmazása felé fordult, az is motiválhatta, hogy azon a tudományterületen létezik Nobel-díj. De nemcsak a díjak kontextusában keletkeztek prioritási kérdésekkel kapcsolatos konfliktusai. Valahogy azt szerette implikálni az előadásai során, hogy a fraktálokkal kapcsolatos összes fontos felfedezést ő már a kortársak előtt leírta, publikálta. Ezért volt például kiélezett a helyzet, amikor a multifraktálok kapcsán vitába keveredett egy jelentős kutatócsoporttal, amely a turbulens áramlás leírására vezette be a multifraktálok formalizmusát. Mandelbrot egy, az említett csoport előtt néhány évvel a turbulens áramlások kapcsán írt cikkére hivatkozva ragaszkodott a vonatkozó felfedezés terén való elsőbbségéhez, amelyre csak mint „az 1974-es cikk”-re („the 1974 paper”) szeretett hivatkozni. Ez egy kivételesen bonyolult publikációja volt, kevésbé letisztult következtetésekkel. Ezért is voltak feszült, amolyan „meghült bennünk a vér” pillanatok, amikor egy konferencia során az akkor vele egy egyetemen – a Yale-en – dolgozó Katapalli Sreenivasan professzor a kísérleti eredményeiről azt állította, hogy azok jól leírhatóak azzal

a multifraktál formalizmussal, amelyet az „oroszk iskola” („Russian School”) már „az 1970-es cikkben” („in the 1970 paper”) publikált.

Érdekes volt a hírnévhez közvetve kapcsolódó más fejlemény is. Mandelbrot nagyon fontosnak tartotta, hogy ő találta ki a „fraktál” szót a környezetünkben előforduló komplex alakzatokra. Ezek között egy fizikus idővel rámutatott a fraktálokra egy olyan speciális változatára, amelyek a térben nem valamiféle, azt elhanyagolható mértékig kitöltő halmazok (mint amilyenek a fraktálok általában), hanem a fraktálokhoz hasonlóan komplexek, de ettől még a térnek véges hányadát kitöltik a végtelen kicsi méretek ellenére is. Ezeket Doyne Farmer professzor ezért „kövér fraktálokra” (fat fractals) nevezte el. Erről Mandelbrot komoly csalódással és helytelenítéssel beszélt nekem, mert úgy gondolta, hogy a névadás nagyon fontos aspektusa a terület sikerességének, ő a fraktál szó bevezetésével jelentős hozzájárulást tett, és egyébként is, a kapcsolódó elnevezések privilégiuma őt illeti. Igaza lehetett abban, hogy ha sikerül szerencsés szavakat találni egy tudományág terén, akkor az így megeremtett nyelvi környezet segít a gondolatok kisugárzásában.

Nemcsak a természetben általa beazonosított halmazok geometriája volt komplikált, hanem Mandelbrot gondolkodásmódja is, a legkülönfélébb kontextusokban. Amikor Atlantában voltam vendégkutató egy évig, azt követően, hogy előtte négy hónapig Mandelbrot munkatársa voltam New Havenben, egy közös kéziratunkon dolgoztunk. Így rendszeresen konzultáltunk – volna – róla, de a telefonbeszélgetéseink általában hamar átalakultak a magyar történelem egyes részleteinek tárgyalásává. Különösen sokat kérdezett a kiegyezés korszakáról, olyannyira, hogy egy ponton megkérdeztem, hogy mi az eredője ennek a fraktálokhoz (és különösen a készülő cikkünkhöz!) semennyire sem kapcsolódó kérdéskörnek. Nos, mondta, akkor a magyarok valamit nagyon jól csináltak, sikerült elérniük egy számukra kedvező megoldást egy bonyolult történeti helyzetben. Értetlenkedtem, de lassan csak-csak megértettem, bár nem pontosan így mondta el, de azt fejtegette, hogy a történelem sikeres fejezeteiből azt is megtanulhatja az ember, hogy ő maga miként lehet minél sikeresebb.

Mandelbrot kapcsán mindenképpen fontos megemlíteni, hogy ő fedezte fel a róla elnevezett halmazt, amely egészen egyedülálló bonyolultságával varázslatosan szép ábrák és videók készítését is lehetővé teszi. Amellett, hogy az eltelt évek során sokan gyönyörködhetnek a vonatkozó ábrázolásokban, a történet kutatásokkal kapcsolatos tanulságot is tartalmaz. A felfedezés lényege az volt, hogy az a formula, amely végtelenül gazdag alakzatokhoz vezet, valójában nagyon egyszerű! Ugyanakkor a halmaznak ezt a komplexitását csak akkor lehet felismerni, ha a tulajdonságait nagy alaposággal, a vizuális és matematikai részletek iránti rendkívüli érdeklődéssel, képességekkel és igényességgel megáldva vizsgálja valaki. Olyannyira, hogy valójában a Mandelbrot-halmaz első változatát már pár évvel Mandelbrot előtt egy matematikus „legyártotta” (és idővel nekem is megküldtek egy másolatot belőle). Az a kolléga még egy akkor épp kifutóban lévő

mátrixnyomtatót használt, érdekesnek találta a formula által generált, egymáson látható néhány almára emlékeztető pacát, csak éppen a valódi bonyolultságot nem lát(hat)ta – és így ténylegesen nem született izgalmas felismerés – az elnagyolt, részletekben szegény kiprintelt ábrán.

A Mandelbrot-halmaz a vizuális művészek közül is sokakat megihletett, az American Mathematical Society honlapján számos érdekes példa van erre (URL1). Különösen lenyűgözőek a végtelen sok (és ezt itt szó szerint lehet érteni) részletet fokozatosan feltáró, egy, a halmaz melletti pont környezetében látható gazdag, változó mintázatokra növekvő mértékben ráfókuszáló videók (a sok közül csak egy példa: URL2).

Az tehát, hogy a fraktálok kutatása két évtizeden át jelentős kutatási irány lett a tudományok világában, nagyban betudható Mandelbrot alaposságának, a komplex jelenségek iránti mély érdeklődésének és kitartó, fáradhatatlan kutatási tevékenységének. Ő tanított meg minket arra, hogy ha „körbenézünk” (az utcán, a mikroszkópba vagy a távcsövekbe tekintve), akkor a körök, egyenesek, háromszögek helyett meglássuk a csodálatos fraktálokat (4. ábra).



4. ábra. A házunkból kilépve máris fraktálokat láthatunk: ez a faág-rengeteg jó példa a fraktálgeometriára

Forrás: Vicsék Tamás felvétele

IRODALOM

[Proceedings of the conference on *Fractals in Natural Sciences*] (1993): *Fractals* 1, 3, DOI: 10.1142/S0218348X93001246; 1, 4. DOI: 10.1142/S0218348X93001222

Vicsek Tamás – Shlesinger, Michael – Matsushita, Mitsugu (eds.) (1994): *Fractals in Natural Sciences*. Singapore: World Scientific. www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789814503792_fmatter

URL1: American Mathematical Society, *Fractal Art: Beauty and Mathematics*, www.ams.org/publicoutreach/math-imagery/mandelbrot

URL2: Mathigon, *Mandelbrot Zoom Sequence*, www.youtube.com/watch?v=b005iHf8Z3g

Tudósportré

DARÁNYI IGNÁC, A LEGSIKERESEBB FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTER IGNÁC DARÁNYI, THE MOST SUCCESSFUL MINISTER OF AGRICULTURE

Szendró Zsolt

az MTA rendes tagja

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Kaposvár
szendro.zsolt@uni-mate.hu



1. ábra. Darányi Ignác

Forrás: Bernát István Darányi Ignác t. tag emlékezete. A Magyar Tudományos Akadémia elhunyt tagjai fölött tartott emlékbeszédek, Budapest, 1931

Darányi Ignác (*l. ábra*) 1849-ben született középnemesi, földbirtokos családban. Apja ismert ügyvéd volt. Munkássága elismerésül 1877-ben I. Ferenc József nemességét és családi címet adományozott id. Darányi Ignácnak és gyermekeinek. 1871-ben szerzett diplomát a Pesti Egyetem Jog- és Államtudományi Karán. A magyaron kívül latinul, németül, franciául, angolul beszélt és olvasott. A Belvárosban apjával közösen nyitott ügyvédi irodát. Az ügyvédi munka mellett a közéletbe is egyre aktívabban bekapcsolódott, támaszkodni tudott a klientúrája (Bethlen István, Teleki Pál és Tisza István) révén szerzett kapcsolati tőkére is. Az egyre több közéleti szerepe miatt 1892-ben felhagyott az ügyvédi praxissal.

Különböző pozíciókat töltött be többek között az Egyesült Fővárosi Takarékpénztárban, az Országos Magyar Gazdasági Egyesületben vagy az Országgyűlés Közlekedés és Pénzügyi Bizottságában. Az 1890-es évek első felére a magyar politikai élet ismert személyiségévé vált. A Szabadelvű Párt alelnökének is megválasztották. Egész életében meghatározó volt az egyház szolgálata, itt is különböző tisztségeket töltött be, a Budapesti Református Egyház és a Pápai Református Főiskola gondnoki székét is elfoglalta. 1881-ben országgyűlési képviselőnek, majd 1895-ben rövid időre a képviselőház alelnökének választották. Szorgalom, higgadság, megbízhatóság, kiegyensúlyozottság, hozzáértés jellemezte munkáját (URL1).

Két ciklusban, 1895-től 1903-ig, majd 1906-tól 1910-ig, tizenkét éven keresztül, négy kormányban töltötte be a földművelésügyi miniszteri posztot. Méltán tartják a legsikeresebb miniszternek. Nemcsak politikusként, hanem birtokosként is ismerte a mezőgazdaság gondjait, és tisztában volt azzal, hogy min szükséges változtatni. Nevéhez köthető a korszerű agrár-közigazgatás kiépítése. Minisztersége alatt több mint hatvan törvényt fogadtak el, a rendeletek száma pedig meghaladta a százat (Fehér, 2016).

Kitartó és céltudatos munkájára, érdekérvényesítő képességére alapozva, politikai befolyását felhasználva, a mezőgazdasági érdekképviseleti csoportokra, elsősorban a Magyar Gazdaszövetségre támaszkodva korábban nem tapasztalt mértékben növelte minisztériuma súlyát és az agrárium fejlesztésére fordítható állami költségvetés összegét (a minisztérium rendelkezésére álló forrás Darányi tizenkét éve alatt több mint kétszeresére emelkedett), amelyet a termelés modernizálására használt fel. A filoxérajárvány utáni szőlő-újratelepítést szolgálta a szőlőrekonstrukciós törvény. Intézkedéseinek eredményeként megkezdődött a mezőgazdaságban az intenzív irányú fejlődés, a modern, vetésforgón alapuló növénytermelés és a termelés növelését célzó állattartás, a korszerű fajták országos elterjesztése. Előterjesztés történt „az állattenyésztés fejlesztéséről”. Megfelelő törzsállománnyal tenyésztési körzeteket hoztak létre. Elrendelte az állatorvosi közszolgálat államosítását, megszervezte a határ-állatorvosi szolgálatot. Az intézkedések növelték az állattenyésztés nemzetgazdaságon belüli súlyát. Létrejött a növénytermesztés és az állattenyésztés természetes szimbiózisa. Fontos lépés volt

az exportot segítő „Külkereskedelmi és forgalmi viszonyok rendezéséről” szóló törvény (Fehér, 2016).

Felismerte a tudomány, a tudás, az oktatás, a szaktudás szerepét, kiemelt jelentőséget tulajdonított az ismeretek megszerzésének. A szakképzéstől a felsőoktatásig minden szinten támogatta a korszerű oktatást. Az Állatorvosi Akadémiát főiskolai rangra emelte, létrehozta a Debreceni Gazdasági Tanintézetet és a M. kir. Baromfityényszűző Telepet és Munkásképző Iskolát, majd a Méhészeti Gazdaságot. Tizenegy mezőgazdasági kísérleti állomást, kutatóintézetet alapított, többek között az Országos M. kir. Kémiai Intézet és Központi Vegykísérleti Állomást, a M. kir. Növényélet- és Kórtani Állomást, az Országos M. kir. Növénynevelési Intézetet, a M. kir. Központi Szőlészeti Kísérleti Állomás és Ampelológiai Intézetet, a M. kir. Állatélettani és Takarmányozási Kísérleti Állomást, a M. kir. Tej-kísérleti Állomást, a M. kir. Gyapjúminősítő Intézetet. Támogatta a Földtani Intézet új palotájának felépítését, a Mezőgazdasági Múzeum létesítését (URL2).

Szociálisan érzékeny volt, elengedhetetlennek tartotta az agrárium összes szereplője gazdasági és szociális helyzetének javítását. Kompromisszumokat keresve törekedett szociális tartalmú jogszabályok kidolgozására. Ezt szolgálta a sokak által kritizált „rabszolgatörvény” vagy a „derestörvény”. A fentiek mellett több, kifejezetten pozitív fogadtatású szociális törvény született. Ilyen volt például a „Gazdasági munkás- és cselédsegélypénztárról” vagy „A munkásházak építésének állami támogatásáról” rendelkező törvény. Fontosnak tartotta a mezőgazdasági hitelszövetkezeti hálózat kiépítését, megalakult az Országos Központi Hitelszövetkezet (Fehér, 2016).

Darányi törvényeivel és gyakorlati intézkedéseivel a problémák megoldására törekedett, ennek során a sikerek mellett kudarcok is érték. Értéket teremtett, ami mellett eltörpültek hibái és tévedései. A mezőgazdaság kérdését nem szűk szakmai szempontok szerint kezelte, hanem megoldási javaslataiban szem előtt tartotta a társadalmi és gazdasági folyamatok komplexitását.

A magyar mezőgazdaság, az oktatás és a kutatás fejlesztése területén végzett elévülhetetlen eredményei, valamint szakirodalmi tevékenységének elismeréseként a Magyar Tudományos Akadémia 1909-ben tiszteleti tagjává választotta. 1927-ben felsőházi tag lett. Megszívlelendő, örök érvényű gondolata: „Kevesebb szükség van az elméleti ömlengésre és több a gyakorlati hazafiasságra, kevesebb a látszatra és több a tartalomra, kevesebb a szóra és több a tetterre.”

A trianoni békeszerződés után a közügyektől való fokozatos, majd végleges visszavonulás mellett döntött. 1927-ben bekövetkezett halálával lezárult egy gazdag, a magyar mezőgazdaság súlyát növelő, a modernizációt, az oktatást és a kutatást kiemelten támogató életpálya. Azóta és ma is szükség lenne Darányi Ignácokra, akik el tudnák érni mezőgazdaságunk megbecsülését, előrelátóan meg tudnák határozni a magyar mezőgazdaság kitörési pontjait, és támogatni tudnák azok eredményes megvalósítását.

IRODALOM

Fehér György (2016): *Darányi Ignác élete (1849–1927)*. Budapest: Gondolat Kiadó

URL1: <http://www.ace.hu/daranyi/kronologia/kronol.html>

URL2: <http://www.ace.hu/daranyi/kiallitas/kutcim.html>

Könyvszemle

M. MADARÁSZ ANITA:
KULTURÁLIS CSATATÉR

Brit–magyar diplomácia, 1945–1970

M. Madarász Anita 2023-ban megjelent *Kulturális csatatér. Brit–magyar diplomácia, 1945–1970* című könyve elfogult munka. Ám kizárólag abban az értelemben, amennyiben a kezdeti gondolatoktól az utolsó oldalakig érezni, hogy a szerző szívügyének tekinti a brit, valamint az Egyesült Királyság és Magyarország közös történelmének kutatását. De az sem áll távol érdeklődésétől, hogy biztosan eligazítsa olvasóit a brit–magyar kulturális diplomácia folyamatainak alakulásában. A kevesebbet kutatott kulturális diplomácia ugyanis fontos részét képezi a kapcsolattörténeteknek. Hiszen – ahogyan ezt M. Madarász Anita bevezetőjében írja is – a hidegháború idején az ellentétes politikai tömbök, Európa keleti és nyugati része között a kultúra hidat képezett, ugyanakkor arra is lehetőséget teremtett, hogy segítségével befolyásolja, akár meg is változtassa a szemben álló felek gondolkodását, stratégiáját.

Egy lépés előre, három lépés hátra – hangzik mintegy tánciskolai felszólítás-ként – az 1945 és 1953-as időszakkal foglalkozó első fejezet címe. A címválasztás találó. A második világháborút követően minden szereplő számára gyorsan világossá vált, a kapcsolatok újraírása más forгатókönyv szerint történik, mint amit addig a nemzetközi politika szereplői megszoktak. A brit–szovjet kapcsolatok alakulása döntő hatással volt Nagy-Britannia Közép- és Kelet-Európa-politikájára. A brit külpolitikai vezetés számára egyértelművé vált, hogy valójában semmit nem tehetnek annak érdekében, hogy megállítsák a szovjet gőzhenget a kelet-európai térségben. Kínna-keservvel, de a brit külpolitikának szembesülnie kellett azzal a kellemetlen felismeréssel, amelyet Bede István londoni magyar követ találóan úgy fogalmazott meg egyik beszámolójában, hogy „az Egyesült Királyságnak nemcsak arról kellett nyilatkoznia, hogy mit akar tenni, vagy mit nem akar tenni, hanem ami még ennél is kényelmetlenebb, mit képes tenni és mit nem képes tenni az adott helyzetben” (51–52.).

De abban az esetben, ha a lehetőségek korlátozódtak – márpedig ez egyre inkább úgy tűnt – mégis miképpen lehet ellensúlyt képezni az egyre könyörtelenebbül előretörő kommunizmussal szemben? Az Information Research Department

(Információs Kutatási Osztály, IRD) – amellyel elsőként a szerző foglalkozott a hazai Nagy-Britannia-történészek közül – 1948-as alapításától kezdve teljesen megfelelt ennek a célkitűzésnek. Annál is inkább, mert Ernest Bevin brit külügyminiszter jól látta, hogy szükség lesz arra, hogy az IRD „támadjon a kommunizmust és ajánljon valami sokkal jobbat” (74.). Ráadásul ez az antikommunista propagandatevékenység a Downing Streetre 1951 őszén visszatérő veterán Winston Churchill idején jelentősen növekedett. Ennek oka egyfelől Churchill titkos tevékenységek, akciók és műveletek iránti szimpátiájában, másfelől – ahogyan erre a szerző is utal – Churchill azon illúziójának szertefoszlásában keresendő, miszerint a hidegháborús feszültségeket enyhíteni lehet a legmagasabb szintű politikai csúcstalálkozókkal.

Egy lépés előre, két lépés hátra, 1953–1956 – a kötet második nagy egységének címe. A periodizáció érthető, Sztálin 1953-ban bekövetkezett halálát szokták a kelet–nyugati kapcsolatok új korszakának, a nemzetközi feszültség csökkenése időszakának tekinteni. Az így meginduló politikai folyamatok természetesen hatással voltak a brit–magyar kulturális diplomáciára is. Az enyhülés mellett a sport is javítani tudta a kétoldalú brit–magyar kapcsolatokat. Ezzel kapcsolatban apró, ám jelzésértékű pillanat volt Katona János új londoni magyar követ és Anthony Eden külügyminiszter 1953. december 4-i londoni találkozója, amelynek során a brit külügyminiszter a protokollmondatokon túl sportszerűen gratulált a magyar követnek a Puskás Ferenc vezette magyar labdarúgók november 25-én a Wembley Stadionban aratott 6:3 arányú győzelméhez (153.).

A kapcsolatok felívelni látszódtak, a bilaterális lendület megtorpanását mindkét fél számára az 1956-os magyar forradalom jelentette. M. Madarász Anita a munkájában vállaltan nem tér ki 1956 brit–magyar történéseire, helyette inkább a hozzá érezhetően közelebb álló kulturális propaganda kérdését vizsgálja: milyen szerepe volt a távolságtartó Egyesült Királyság politikájában a budapesti jelentéseket folyamatosan megkapó BBC-nek? Hangsúlyozza, hogy Nagy-Britannia kormányát kifejezett büszkeséggel töltötték el a BBC magyar ’56-os adásai, tudósításai, és kitér arra az izgalmas részletre, hogy mennyire megkötötték a kabinet kezét az 1956-os politikai játszmák, elsősorban az Egyesült Királyság politikai identitása szempontjából is jelentős, a magyar forradalommal párhuzamosan ki-robbanó szuezi válság.

A harmadik fejezet, amelynek címe *Két lépés előre, egy lépés hátra, 1957–1963*, fő lendületét az 1956-ot követő nehéz kezdetek utáni új kulturális lehetőség adják. Ez az az időszak, mikor újra „képbe” kerül az addig háttérbe szorult, Magyarországról pedig kiszorított, kiemelkedő fontosságú British Council, hiszen a brit kormány is egyre nyilvánvalóbbá teszi, hogy brit–magyar kulturális szempontból „a magyaroknak együtt kell működniük a Councilal, ha látni szeretnék a kulturális kapcsolatok fejlődését az Egyesült Királysággal” (329.). 1963 egyébiránt különösen sikeres esztendő a kétoldalú kapcsolatok történetében, ami

joggal tölthette el bizakodással a kulturális reláció megerősítésén is dolgozó feleket: az Egyesült Királyság és Magyarország között a diplomáciai kapcsolatok nagyköveti szintre emelkedtek.

1964 januárjában egy brüsszeli konferencián a kommunista blokk országaiban gyakorolt ideológiai módszerekről cseréltek eszmét a nyugat-európai szakértők. A brit külügyminisztérium, a Foreign Office a differenciált politikai vonal mellett tört lándzsát. A változás vagy változásra való hajlandóság mindkét oldalon egyre inkább érzékelhetővé vált. De vajon megvalósult-e „az aktív együttműködési periódus” (353.)? Többek között erre a kérdésre keresi a választ a *Még egy lépéssel előrébb, 1964–1970* című fejezet. A brit–magyar kulturális kapcsolatok alapvetően jól alakultak a kötet zárófejezetének időszakában. Az egyetlen zavaró tényező és megoldatlan probléma a British Council helyzete volt, a Budapestre történő visszatérésének engedélyezése a kifejezetten erős brit nyomás ellenére nem valósult meg. Nagy-Britannia azonban nem adta fel.

Az ötödik, záró fejezet izgalmas betekintést enged az olvasó számára a színpalak mögé: hol tanultak azok a brit hírszerzők, akik a megfelelő képzés elsajátítása után megalapozott tudással indulhattak feltérképezni a kommunista országokat. M. Madarász Anita alighanem jogosan a Londoni Egyetem Szláv és Kelet-európai Intézete (School of Slavonic and East European Studies, SSEES) oktatási rendszerét említi, amellyel kapcsolatos objektumdosszié megnyitására a magyar állambiztonság „Center” fedőnéven 1966. május 10-én tett javaslatot. A nyelvi – elsősorban orosz – képzést az SSEES keretében működő Fegyveres Szolgálatok Egyesített Nyelviskolája (Joint Service School for Linguists, JSSL) biztosította, olyan emigráns, száműzött tanárok aktív közreműködésével, akik nagy súlyt fektettek az irodalom és kultúra közvetítő szerepére. Ahogyan azt az egyik ott tanuló diák megfogalmazta, ebben az intézetben oroszul tanulni „olyan, mintha valaki egy olyan országban élne, amely a valóságban nem létezik, valójában ez a »szellem Oroszországa«” (435.).

Végezetül pedig nem feledkezhetünk meg arról az apró, bár egyáltalán nem mellékes benyomásról, amely egy új könyv megjelenésekor éri az olvasót abban a pillanatban, amikor először veszi kézbe és lapozza fel a kötetet. A Nemzeti Emlékezet Bizottsága gondozásában megjelent könyv tipográfiai szerkesztése, külső megjelenése, a szöveget tökéletesen kiegészítő, magyar és brit archívumokból származó történeti fotográfiák válogatása és elhelyezése (rendkívül találóak a teljes oldalas fényképek az időszak vezető politikusairól), a táblázatok, kronológiák elismerésre méltó szerkesztése a képszerkesztő, de leginkább Varga Júlia tipográfus hozzáértését dicsérik.

M. Madarász Anita munkájának egyik legnagyobb érdeme, hogy diplomáciatörténeti munkájában szakít a relációkutatásokra inkább jellemző Budapest-központúsággal, valamint elkerüli a kapcsolattörténetekre jellemző csapdát. Munkája ugyanis nem – az egyébiránt adott környezetben releváns és hasznos –

kulturális adatokat, statisztikákat közöl, hanem mélységében és a folyamatokat elemezve mutatja be a brit–magyar kulturális diplomácia történetét.

Teszi mindezt úgy, hogy brit szempontokat vizsgál elsősorban, új eredményekkel gazdagítja a magyarországi kutatásokat, eddig nem vizsgált kutatási eredményekkel, következtetésekkel, és további kutatási lehetőségeket fogalmaz meg a Nagy-Britannia történetével és a magyar–brit kapcsolatok történeti kutatásával foglalkozó kollégák számára.

(M. Madarász Anita: *Kulturális csatátér. Brit–magyar diplomácia, 1945–1970*. Budapest: Nemzeti Emlékezet Bizottsága, 2023, 500 o.)

Andreides Gábor

PhD, történész, a Nemzeti Emlékezet Bizottsága Hivatalának tudományos főmunkatársa

BÖCSKEI BALÁZS, FEKETE MARIANN, NAGY ÁDÁM, SZABÓ ANDREA: *A MASZKON TÚL*

Egy kínaiaknak tulajdonított kifejezés így hangzik: „élj érdekes időkben”. Habár első hangzásra pozitívan értelmezhetjük a kifejezést – ki ne szeretne érdekes dolgokat megélni? –, a legtöbb esetben átokként értelmezik: az érdekes időket a problémákkal és a kihívásokkal azonosítják. Akár létezik ez a sokat emlegetett kínai mondás, akár nem, az biztos, hogy a most fiatal generáció legalább egy kihívásokkal teli időszakot megélt: a koronavírus-járványt.

Ma már közhely leírni, hogy a koronavírus-járvány mindnyájunk életét alapjában változtatta meg: az elmúlt évek nyomot hagytak fogyasztásunkon, szokásainkon, munkahellyel kapcsolatos elvárásainkon, vagy éppen nyaralással kapcsolatos terveinken. A járvány gazdaság-társadalmi hatásaival kapcsolatos kutatások középpontjába az egyes szektorokra, illetve a társadalom egészére vagy egy-egy szűkebb csoportjára gyakorolt hatások kerültek.

Kevés kutatás vállalkozik, illetve vállalkozhat azonban arra, hogy a koronavírus-járvány hatását átfogóan, egy egész generáció szemszögéből vizsgálja meg. *A maszkon túl* című kötet, illetve az abban leírt kutatások erre a feladatra vállalkoztak: a kötet célja, hogy bemutassa, milyen hatással volt a 16–29 éves korosztályra a koronavírus-járvány; majd az eredmények kapcsán választ keressen arra a kérdésre, hogy beszélhetünk-e a megélt események kapcsán Covid-generációról. Habár a kötetben bemutatott kutatási program sok nézőpontból és módszerrel járja körül ezt a kérdést, azonban sokkal bővebb kontextusban nyújt információt. Egyrészt kutatómódszertani szempontból is kiválóan használható, másrészt a fiatalok (16–29 évesek) generációkról és a generációk közötti különbségekről alkotott általános képét is bemutatja.

A kötet két bevezető fejezettel kezdődik: az első általánosságban írja le a fiatalok vizsgálatának kihívásait és nehézségeit, míg a második a generációkkal kapcsolatos kutatások fogalmi keretrendszerét és magának a generációnak a fogalmát járja körül. A szerzők megállapítják, hogy „a generációkat közös tapasztalatok, életélmények és értékek kötik össze, de egy generáció legfontosabb jellemzője mégis a változásokra adott hasonló reakció” (24.). A kutatás – pontosabban a több kutatást magába foglaló kutatási program – során kifejezett kihívás volt, hogy bizonyos események megélését, azok hatását a személyiségre csak akkor, adott kontextusban lehet vizsgálni: ezért fontos volt a kutatás során, hogy ne utólag mérjék fel a járvány és az intézkedések hatásait, hanem akkor, amikor ezeket a kutatás alanyai megélik.

A kutatások módszertani kereteit a 3., átfogó fejezet adja meg: az egymást kiegészítő kutatási módszerek (fókuszcsoporthoz interjú, strukturált interjú, *big data social listening*, *survey* vizsgálat ezer fővel) biztosítják azt, hogy az adott korosztály Covid-járvánnyal kapcsolatos megélését a lehető legjobban fel tudják mérni a kutatók. A kutatás során új módszertant is alkalmaztak: az adatok feldolgozásába egyetemi hallgatókat – azaz a vizsgált generáció tagjait – is bevontak, akiknek a feladata nemcsak az adatok feldolgozása, hanem az eredmények értelmezése is volt. A hallgatók így lehetőséget kaptak arra, hogy saját Covid-megélésüket is elmeséeljék.

A következő fejezet a koronavírus-járványt és annak hatásait mint a kutatás kontextusát tárja elénk: statisztikai adatok segítségével a járvány és a hullámok lefolyását tárgyalja, majd bemutatja, hogy korábbi (részben nemzetközi) kutatások alapján milyen hatásai voltak a járványnak a társadalomra, illetve hangsúlyosan a fiatalok életére: az oktatásra, a munkára és a szabadidőre.

Az ezt követő négy fejezet tartalmazza az elvégzett kutatások leírását, eredményeit és elemzését. A fókuszcsoporthoz interjúk eredményei alapján a fiatalokat a járvány az oktatás, a munka és az emberi kapcsolatok területén befolyásolta: míg a középiskolások és az egyetemisták a szociális kapcsolatokat hiányolták, a munkavállalók a munkavállalás bizonytalanságát és kihívásait élték meg nehezebben. A szabadidős tevékenységek is átalakultak: az új hobbik mellett hangsúlyt kapott a fizikai aktivitás és az egészséges életmód.

A netnográfiai, pontosabban a *social listening* kutatás alapján az *online* beszédben a járvány különböző szakaszaiban különböző szavak fordultak elő gyakrabban a vizsgált közösségimédia-platfomokon (Facebook, Twitter, Instagram, TikTok). 2020 márciusa és októbere között a megváltozott élethelyzet és az intézkedések – többek között a maszkviselés – voltak a közösségi médiában megjelenő üzenetek középpontjában, 2020 októbere és 2021 augusztusa között az egyéni és a társadalmi következmények, a jövő és a vakcinákkal kapcsolatos információk, valamint a korlátozások és azok megélése kerültek a középpontba, míg 2021 szeptembere és 2022 áprilisa között a hosszú távú gazdasági és társadalmi hatások voltak hangsúlyosak, illetve az individualizmus erősödött. Az egész vizsgált időszakban jelen volt a gazdasági hatások kontextusa, a várható hosszú távú hatások és az egészségügy kérdése; illetve hangsúlyosan jelent meg a félelem és a magány érzése.

A 2023 májusában végzett *survey*-kutatás során már a hatásokat és a „tanulságokat” vizsgálták a kutatók. A járvány elmúltával a válaszadók életében megmaradt a higiénára való nagyobb odafigyelés, illetve az offline világ ismét preferáltabb lett az online világgal szemben.

Az ezt követő fejezet fiatalok válaszai és véleménye alapján vizsgálja – mintegy első szintézisként –, hogy maguk az érintettek szerint beszélhetünk-e Covid-generációról. A kutatásban megkérdezett fiatalok elfogadják, hogy különböző generációk különbözőképpen érzékelik és élik meg a világot. Jobban szeretik a betűs azonosítást (a többség magát Z generációként azonosítja), mint az

egyéb, tartalmas szavakat (például Covid-generáció). A különbség a generációk között szerintük egyrészt kulturális különbségekhez (nyelv, ruházkodás), másrészt a technológia használatához köthető (közösségi média, okostelefonok). A fiatalok a potenciális járványokat fenyegetésként élik meg, ugyanakkor a gazdasági problémák vagy a klímaváltozás, az energiaválság és a (világ)háború fenyegetése erősebb számukra. Elsődleges, a generációjukat érintő problémaként az anyagi kérdéseket azonosították. Habár a fiatalok érezték a járvány negatív hatásait, nem gondolják, hogy az formálta (formálja) a generációjukat.

A következő összefoglaló fejezet a különálló kutatások eredményeit szintetizálja. Az eredmények szerint nem volt kimutatható, hogy a Covid létrehozott egy sajátos Covid-generációt – ugyanakkor mivel a generációk sokszor csak később, utólag (történeti-történelmi kontextusban) értelmezhetők, nem zárható ki, hogy később a generációra Covid-generációként fogunk tekinteni. Az is lehet, hogy a generációt nemcsak a Covid, hanem számos egyéb hatás együttesen alakítja: elképzelhető, hogy a 2008 óta tartó időszak folyamatos kríziseire a bizonytalanság korszaka a megfelelő szó, és nem egy krízis, hanem a krízisek és bizonytalanságok sora fogja formálni a most fiatalabb generációk gondolkodását. Az utolsó, a kutatás egészére reflektáló fejezet szintén módszertani: a kutatás fényében reflektál az ifjúságkutatás aktuális kihívásaira.

A kötet legalább két összefüggésben jól használható: egyrészt, a Covid 16–29 éves korosztályra gyakorolt hatását írja le széles körben, másrészt azonban részletesen körüljárja a fiatalokkal végzett kutatások nehézségeit, illetve a generációk kutatásának kihívásait is; így módszertani szempontból is jól hasznosíthatók a kötetben leírtak. A kettős használat legalább két célcsoportot feltételez: egyrészt elengedhetetlen forrás azon kutatók számára, akik a Covid 16–29 éves korosztályra gyakorolt hatását szeretnék annak komplexitásában megismerni. Haszonnal forgathatják a kötetet emellett a generációkat, a generációk gondolkodását megérteni vágyó és generációs kutatásokat végző, illetve tervező kutatók is.

A kötet – főleg az interjúknak és a megélést élénk hívó szavaknak köszönhetően – emellett korrajznak is kiváló: nagyon jól szemlélteti, hogy az adott időszak alatt mi jellemezte hétköznapjainkat. Már maga az olvasás számos jó és rossz, már elfelejtettnek hitt – vagy eltemetett – történet, emléket és „élményt” hívott elő a recenzió írójában. A Covid ugyanis mindnyájunkon nyomot hagyott – akkor is, ha ez a nyom nem minden esetben egzakt módon megfogalmazható és mérhető.

(Böcskei Balázs – Fekete Mariann – Nagy Ádám – Szabó Andrea: *A maszkon túl*. Budapest: Gondolat Kiadói Kör, 2024, 224 o.)

Kovács László

habilitált egyetemi docens
Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Kar, Budapest

ATTILA PALÁDI-KOVÁCS:
STUDIES IN HUNGARIAN ETHNOGRAPHY FOR A EUROPEAN ETHNOLOGY
(Magyar néprajzi tanulmányok az európai etnológia számára)

A kötet Paládi-Kovács Attila huszonhárom írását tartalmazza, angol, illetve egy esetben francia nyelven; fejezetenkénti tagolás nélkül, de erős tematikai egységeket képező szövegekkel. Paládi-Kovács Attila munkássága eddig is több száz írást jegyez, teljes köteteket, könyvanalitikákat, cikkeket is beleértve. Bár kiterjedt és gazdag tudományos, szakmai tevékenységének bemutatására jelen recenzió keretei között nincs lehetőség, mindenképpen utalni kell egyes jellegzetességekre és témákra, hiszen részben ezekből áll össze ez az idegen nyelvű válogatás is. Egy korábbi könyvében (*Ethnic Traditions, Classes, and Communities in Hungary*. Budapest, 1996) főként társadalmi osztályok, például a köznemesség, munkásosztály kultúrájának jellemzését, az etnikus hagyományok, az idős nemzedék társadalmi szerepét, a nyelvtanulást segítő gyermekcsere intézményét és bizonyos módszertani kérdések, például a migráció, néprajzi térképezés tárgykörét vizsgálta.

Mindig nemzetközi színtéren gondolkodott, és magának a bemutatandó kötetnek is ez az egyik legfontosabb üzenete: terjesszük minél szélesebb körben a magyar néprajztudomány kutatásainak eredményeit, ismertessük meg a nemzetközi szakmai színteret a magyar vagy Magyarországon zajló szakmai eseményekkel. Paládi-Kovács Attila rendszeresen ír beszámolókat konferenciákról – ezek nélkül egy idő után a múlt homályába vesznek információk, adatok, tudományos felvetések, dialógusok. Ebben a kötetben is találunk konferenciabeszámolót, illetve -köszöntőt is. Az utóbbi a Lakitelken, a Magyar Néprajzi Társaság támogatásával megrendezett 8. finn–magyar szimpózium köszöntő beszéde 2003-ból (*Welcoming Address at the 8th Finnish-Hungarian Ethnological Symposium*). A háromévente, az Ethnos Finn Etnológiai Társaság partnerségében megrendezett, a finn Ilmar Talve és Kodolányi János által alapított finn–magyar bilaterális, majd 2013-tól finn–magyar–észt háromoldalúvá bővült konferenciák hosszú múltra tekintenek vissza, és ennek Paládi-Kovács Attila a kezdetektől, az 1984-es első, turkui eseménytől kezdve aktív résztvevője és egyben motorja is. A szakmai kapcsolatok építése, egymás kutatásainak megismerése, tapasztalatszerzés, etnológiai kutatások inspirálása, a fiatalabb generációk szakmai fejlődésének elősegítése és az eredmények megjelentetése mind célja ezeknek a szimpóziumoknak, amelyek a nemzetközi együttműködés remek példái.

A kötetben szereplő másik kiemelt esemény, a nagyobb konferenciákat és a kisebb workshopokat is szervező, tizennégy munkacsoporttal működő SIEF – vagyis a *Society of European Ethnologists and Folklorists* – 2001-ben Budapesten megrendezett konferenciájának ismertetése: *7th International Congress of the Société Internationale d’Ethnologie et de Folklore (SIEF)* címmel. A multidiszciplináris SIEF fő célja komparatív módszerek alkalmazásával szintén az európai kulturális párhuzamok feltárása, a közös európai örökség elemeinek megtalálása és védelme; a kutatók hálózatosodásának elősegítése és tapasztalatainak cseréje, viták előmozdítása és többek között együttműködés a kritikai gondolkodás jegyében. Ez a komplex gondolatiság éppen egybevág azzal, hogy a kötetben milyen szándék szerint rendeződnek sorba az írások. Mert például mit is hasonlítunk össze mivel, ha nincsenek idegen nyelveken elérhető írásaink? Ehhez nyújt bőséges anyagot a szerző ebben a kötetben. Szól a vízhordó rudak formáiról és elterjedtségéről (*Water-Carrying Yokes in the Carpathian Basin*), valamint a szénásszekér felszerelésének módozatairól történeti perspektívában (*Hungarian Hay Wagons in the 1700s and 1800s*). Egy Dániában kiadott kötetben írt a hátán, batyuban való szállítás jelenségéről (*Transport in Hungary by Canvas Sheets on the Human Back*), máshol szólt a különböző szekerek és kocsik formáinak elterjedtségéről és térképezéséről (*Some Remarks on Historical and Modern Types of Wheeled Vehicles in Hungarian Territory*, illetve *On the Mapping on Carts and Wagons*).

Ezen a ponton szót kell ejteni a magyar népi kultúra regionális tagoltságát bemutató, a kulturális jelenségcsoportokat térképlapokon ábrázoló atlaszmunkálatakról is, amelyek visszaköszönnek egy javaslatban is (*A Proposal for Mapping of Threshing Equipment*). Bár a *Magyar Néprajzi Atlasz* előkészítése a második világháború előtt elkezdődött, és egyes résztémák kutatása már az 1940-es évek elején megindult, a háború miatt megtorpanó munka csak később kapott új lendületet, szerkesztőbizottság megalakulásával, a kiterjedt gyűjtések megindulásával a reprezentatív kutatópontokon, a teljes magyar nyelvterületen. A végleges kérdőív kidolgozását kiterjedt szakmai vita előzte meg, mindemellett élt az igény egy *Európai Néprajzi Atlasz* megvalósítására is a nemzetközi szintéren. Ugyan az utóbbi szándék megvalósítására irányuló törekvések és a nemzetközi munkacsoport megszűntek, a nemzeti néprajzi atlaszokat készítő tevékenység nem teljesen, és a 2000-es években több országban is jelentek meg kötetek. A *Magyar Néprajzi Atlasz* térképlapjai közül a legtöbbet, szám szerint 126-ot Paládi-Kovács Attila készítette (lásd Borsos Balázs: *A kérdőívtől a klaszteranalízisig. A második olvasat. Ethnographia*, 2013, 124, 3, 364–376.). Az összehasonlító vizsgálatokhoz elengedhetetlenek az etnokartográfiai munkálatok, amelyeknek fontosságát a szerző tevékenysége is tükrözi, hiszen az ő, néprajztudományi intézeti igazgatósága alatt jelent meg ennek a hatalmas vállalkozásnak az eredményeképpen, Barabás Jenő szerkesztésében 1987–1992 között a kilenckötetes, összesen 634 térképlapot tartalmazó *Magyar Néprajzi Atlasz*.

A hagyományos paraszti gazdálkodással kapcsolatos írásai szintén az összehasonlító vizsgálatok lehetőségét szolgálják, különböző, többek között állattartáshoz fűződő témák révén (*Stages of Evolution in the Early History of Livestock Breeding; The Use of Leaf-Fodder in Traditional Hungarian Stock-Breeding; Hungarian Horse-Keeping in the 9–10th Centuries; The Development of Swine-Keeping in Hungary during the 18th Century*). A francia nyelvű *Élevage dans les hautes montagnes en tant que type du système hongrois d' élevage* címmel írott mű a magyar állattartás rendszerébe tagozódó magashegyi pásztorkodást mutatja be több szempontból.

Vegyes csokorban jelennek meg különböző fókuszú írások, amelyek közül az anyagi kultúra mibenlétét és vizsgálatait elemzi a *Material Culture in Time* című. A vajdasági Udvarszállás településről szóló tanulmány pedig annak a példája, hogyan vizsgálható egy közösségben a folklórhagyományok elterjedése a népesség eredetének feltárásában (*Settlement History and Folklore*). A *Stereotype, Community, Mother Tongue* a különböző népcsoportokkal kapcsolatos sztereotípiákról szól, ezek ismerete ugyanis hozzájárul a közösségi mentalitás és identitás megértéséhez, és ez megint visszavezet bennünket a fő gondolathoz, hiszen ez a különböző közösségek egymás felé fordulásának is kulcsa. A *Particular Time-Systems of Traditional Communities in Hungary* az időrendszereket vizsgálja. Történeti szemléletű a céhhagyományokról szóló *Guild Tradition in Hungary. The Routes of Old Journeymen in the 18th–19th centuries* című tanulmány, a *Churches, Classes, and Ethnicity in Hungary (1541–1918)* és az északi nyelvhatárok kérdését taglaló *Natural Regions and Language-Boundaries*.

És végül, de nem utolsósorban a kezdő írások csoportját érdemes kiemelni. Helyet kapott Hermann Antal a kötetben, utalva azokra a törekvéseire, amelyekkel a magyar néprajz intézményesítéséhez járult hozzá (*Efforts by Antal Hermann to Institutionalize Hungarian Ethnography*). Az ő tevékenységéből kiemelendő az *Oszttrák–Magyar Monarchia írásban és képből* című sorozat, hiszen ennek kifejezett célja volt a művelt rétegeknek szóló ismeretterjesztés, az együtt élő népekről való tudás elmélyítése. A másik írás Viski Károlyról szól, és valószínűleg nem véletlen, hogy ez a tanulmány került a könyv legelejére, ahogyan a cím is utal rá: *A European Ethnologist from Transylvania, Károly Viski*. Hiszen Viski Károly tevékenységére több szempontból is illik az európai jelző: gazdag munkásságának részeként többek között fordított, kéziratos hagyatékában megőrződött egy nemzetközi népművészeti kutatóközpont alapítására megfogalmazott javaslat, vezette a C. I. A. P. (Commission International des Arts Populaires) magyar tagozatát, és *Az erdélyi magyarság – Népművészet* című tanulmányát több nyelven is kiadták, elősegítve ezzel az erdélyi kultúra tudományos reprezentációját európai körökben. Több írását, ezek között színes albumát kifejezetten azzal a céllal publikálta angolul és németül is, hogy az európai olvasóközönséget tájékoztassa Magyarország értékeiről, pozitív képet sugallva a Trianon utáni presztízsvesztés-

re adott válaszként. Munkásságának egyik mérföldköve a szerzőként és szerkesztőként jegyzett *A magyarság néprajza* című négykötetes szintézis, amely európai kontextusba helyezte a magyar anyagi kultúrát és folklórt.

Viski Károly munkássága önmagában szimbóluma annak az üzenetnek, amelyet a kötet képvisel: a nemzetközi közeg, a nemzetközi kontextus, a nemzetközi összehasonlító kutatások, konferenciák, tapasztalatcserék és a nemzetközi kapcsolatok fontosságának hangsúlya, ami minden kutató számára elérendő cél és szakmai követelmény. Mindennek a kivitelezését teszi lehetővé a kötet, hiszen adatokat szolgáltat és inspirációt nyújt külföldi kutatók számára is hasonló vizsgálatok elvégzésére és hasonló összegzések megjelentetésére.

(Attila Paládi-Kovács: *Studies in Hungarian Ethnography for a European Ethnology* [Magyar néprajzi tanulmányok az európai etnológia számára]. Budapest: Magyar Néprajzi Társaság, 2023, 234 o.)

Nagyné Batári Zsuzsanna

tudományos és ismeretátadási igazgató, néprajzkutató, muzeológus
Szabadtéri Néprajzi Múzeum, Szentendre

BÁRDOS DÁNIEL, TUBOLY ÁDÁM TAMÁS SZERKESZTŐK: EMBERARCÚ TUDOMÁNY *Áltudományok és összeesküvés-elméletek szorításában*

Aki ma Magyarországon tudományelemzésre adja a fejét, eleve tiszteletet és megbecsülést érdemel. A tudomány társadalmi és kulturális helyzete az utóbbi évtizedekben (globális hatások és lokális beavatkozások következtében) jelentős mértékben átalakult – ugyanakkor az átalakulások értelmezése mindkét vonatkozásban meglehetősen bizonytalan lábakon áll.

A legfontosabb globális változás a modernitás válsága, az a 20. századi folyamat, amely során a modern világ egésze, beleértve a társadalom, a gazdaság, a kultúra, a politika alrendszereit is, elveszíti évszázados stabilitását.

Amiként Heller Ágnes szokta mondani: a modernitásban mindent a tudomány legitimál, így a modernitás válsága is elválaszthatatlan a modern tudomány válságától. E válság legfontosabb megnyilvánulása, hogy a modern tudományt az emberi élet helyett a tömeges öldöklés szolgálatába lehetett állítani, ami (többszörösen) meg is történt. Ugyanakkor felbomlott a modern tudományos világkép egysége: kvantumfizika, új anyagszerkezet, a relativitás elméletei, valamint realizálható politikai, gazdasági és ideológiai alternatívák sora keletkezett. A tudomány változó természetével és társadalmi szerepével való korabeli szembesülés előbb a tudományfilozófia, majd további tudományelemző diszciplínák létrejöttéhez vezetett.

A tudományfilozófiák szükségképpen sokfélék, és sokféle tudományfelfogást alakítanak ki. De vannak olyan problémák, amelyek minden tudományfilozófiának szükségszerű komponensei. Ezek a következők: mi a tudomány, hogyan működik és hogyan változik?

A korai tudományfilozófiák legfontosabbnak a tudományosság kritériumainak világos megfogalmazását és kritikai alkalmazását tekintették: a szigorú kritériumoknak megfelelő „igazi” tudománynak és az e kritériumokat nem teljesítő képződményeknek, mindenekelett a tudománynak látszó, illetve tudományosnak szánt, de a tudományosság mércéit maradéktalanul nem teljesítő „áltudományos” fogalmi rendszereknek a határozott elválasztását. E demarkációs processzus sikerességétől azt lehetett remélni, hogy az így „megtisztított” igazi tudomány ismét a régi fényében ragyog majd, s továbbra is a társadalmi haladás meghatározó eszközeként funkcionálhat.

A demarkációs próbálkozások azonban nem vezettek konszenzusra. A tudományfilozófiai irányzatok közötti viták rávilágítottak az alkalmazott kritériumok logikai, nyelvi, metodológiai bizonytalanságaira. Napirendre kerültek a racionalitás (eltérő ideológiák mentén való) újraértelmezései is, s ezek nyomán elfogadást nyert plurális jellege. Az 1960–70-es évek tudományfilozófusai számára világossá vált, hogy a tudomány nem valamiféle zárt, elszigetelt képződmény, hanem a mindenkori társadalmi és kulturális közegbe illeszkedő s efféle tényezőkkel kölcsönhatásban álló emberi termék. Ez a felismerés, a tudományfilozófia szociológiai (és hermeneutikai) fordulata nem szüntette meg, hanem átértelmezte a tudomány és nem tudomány közötti viszonyokat, és tanulmányozásuk érdekében tudománytörténeti, tudományszociológiai, pszichológiai, antropológiai stb. elemzésekkel egészítette ki a korábbi nyelvi, logikai eljárásokat.

Ez azzal a következménnyel járt, hogy ha ma (a modernitás válsága zajlása közepette) állást akarunk foglalni a tudományosság kérdésében, akkor lényegében le kell mondanunk az egységes, minden tudományos teljesítmény esetében alkalmazható kritériumokról. Az utóbbi évtizedekben a tudományfilozófia helyébe tulajdonképpen az ún. STS (Science and Technology Studies) lépett. Ez a (posztmodern) tudományelemző diszciplína más „tanulmányokhoz” hasonlóan az egyes vizsgált esetekhez igazított (filozófiai, történeti, pszichológiai, gazdasági, kulturális, logikai stb. komponensekből) kevert, egyedi metodológiával dolgozik. Az így előállított „esettanulmány” akkor sikeres, ha egyaránt világossá válik a tanulmányozott tárgy tudományosságának jellege és mértéke, valamint társadalmi és kulturális beágyazottságának releváns körülményei. Talán úgy is mondhatjuk, hogy a tudomány nem valamiféle elvont abszolútumnak való szigorú megfelelést, hanem az összetett emberi praxisban jelen lévő és számos relációban meghatározott mértékben igazolódó összefüggéseket hordoz. Nem „isten gondolatokat fejez ki”, hanem „emberarcú”. A Bárdos Dániel és Tuboly Ádám Tamás által szerkesztett *Emberarcú tudomány* című kötet széleskörűen és sokoldalúan járul hozzá mindezen problémakörök jobb megértéséhez.

A kötet két részből áll. A szerkesztők által jegyzett terjedelmes bevezető tanulmány (*Tudományok és áltudományok elhatárolásáról. Avagy miért hagytuk abba az aggodást és szerettük meg az elmosódott határokat*) végigvezeti az olvasót a tudományosság (illetve annak hiányosságai) tudományfilozófiai, (tudomány)szociológiai, antropológiai/etnográfiai indíttatású értelmezéseiben, számos részletkérdés (például Karl Popper hírhedt cáfolhatósági kritériuma vagy a lokális demarkáció problémái; vagy például a tudományszociológia, illetve a „tudománytanulmányok” változatai) bemutatásával – ügyelve arra, hogy világosan felvázolják a tudomány-áltudomány viszony történeti alakulását, és hogy egyértelműen állást foglaljanak aktuális állásáról. Metodológiai preferenciáikra utal, hogy a kötethez Harry Collins tudományszociológustól kértek előszót. Írásuk egyúttal hasznos és érdekes bevezetés a kötet második részéhez is.

A kötet második része tizenkét kiváló esettanulmányt tartalmaz. Ezekből ki-
világlik a tudomány-áltudomány viszony relativitása és metodológiai pluralitása.
Különösen érdekes Tanács János *Összeesküvések. A kockázatokról és mellékha-
tásokról kérdezze episztemológusát!*, Bárdos Dániel *A kongói dinoszaurusz és az
erszényes farkas. Avagy mikortól lesz valami áltudomány*, Kutrovácz Gábor *Tu-
domány és áltudomány határán. Kepler és az erőblokkolás problémája*, valamint
Egres Dorottya *Az egyetértés lehetetlensége a nukleáris technológia vitájában*
című tanulmánya. A kötet további szerzői – Babai Dániel, Bóna Enikő, Falyuna
Nóra, Kerekó Péter, Láng Benedek, Pócs Éva, Simon Evelin, Szolnoky Levente,
Tuboly Ádám Tamás, Zeiss Anna és Zemplén Gábor – is figyelemre méltó dolgo-
zatokkal járultak hozzá a mondanivalóhoz.

Mindezek mellett vegyük figyelembe a lokális viszonyokat is: a kötet a mai
Magyarországon jelent meg – ami valójában tiszteletre méltó kulturális misszió.
A tudomány és a tudományosság valódi problémáira határozottan és tudatosan
érzékenyen kulturális és adminisztratív közegben efféle témákról beszélni érdem,
ezekről olvasni öröm.

(Bárdos Dániel – Tuboly Ádám Tamás szerkesztők: *Emberarcú tudomány.
Áltudományok és összeesküvés-elméletek szorításában*. Budapest: Typotex Kiadó,
2023, 392 o.)

Ropolyi László

PhD, tudományfilozófus

ZSOLT CZIGÁNYIK:
UTOPIA BETWEEN EAST AND WEST IN HUNGARIAN LITERATURE
(Saját utópiáink nyomában)

Az utópikus látásmód az emberi gondolkodás különös tüneménye. A tökéletes társadalmi berendezkedés iránti vágy már a kezdetek óta irodalmi alkotások ihletője s politikai víziók mozgatója, s nem várható, hogy ez másképp lesz a jövőben. Egyszóval: utópiák voltak, vannak, s minden bizonnyal lesznek is, azaz kiváltképp fontos, hogy tisztában legyünk ennek az irodalmi-politikai jelenségnek a súlyával, s ezzel összhangban behatóan tanulmányozzuk az utópikus szövegeket. Műfaji összetettségüket hangsúlyozza a kérdéskörrel foglalkozó terület, a *utopian studies* folyamatosan bővülő szakirodalma is.

Népszerűségük ellenére azonban az utópikus alkotások a magyar szépirodalmi hagyomány kevésbé becsült, sőt, talán mondhatjuk: alulértékelt szövegei, ami különösen annak fényében meglepő, hogy a legjobb honi irodalmi utópiák nemzetközileg is figyelemre méltó komplexitásról tesznek tanúbizonyságot. Ezen a felismerésen alapul Czigányik Zsolt *Utopia Between East and West in Hungarian Literature* című kötete is. 2023-ban megjelent könyvében az Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar docense kettős célt tűzött ki maga elé: egyrészt arra vállalkozott, hogy a nem magyar nyelvű olvasókkal is megismertesse a legfontosabb hazai utópikus műveket, másrészt fel kívánta hívni a figyelmet arra, hogy a magyar szépirodalom is számos értéket tartogat az utópiakutatók számára.

Könyve bevezetőjében a szerző maga is kiemeli az interdiszciplináris megközelítés szükségességét. Ahogy találoan rámutat, az utópikus munkák mindig is a szépirodalom és a társadalomtudományok közti „senkiföldjére” szorultak, ugyanis egyik terület képviselői sem feltétlenül tartották-tartják saját kompetenciájuknak e szövegek értelmezését. Az utópiák – ideértve a negatív utópiák, azaz a disztópiák – sokoldalúságát szem előtt tartva az irodalomtudományi háttérrel érkező Czigányik az elméleti keret kialakításakor prioritásként határozta meg az irodalmi, a politikai és a történeti perspektíva együttes érvényesítését. Ezzel összefüggésben vizsgálódásának kiindulópontját a magyar kulturális identitás „mozgó” jellegére, a kelet-közép-európai lét földrajzilag is determinált átmenetiségére alapozza.

A második fejezet a hazai utópikus irodalmi tradíció áttekintését nyújtja. E szakasz egyik kulcsmegállapítása, hogy míg a többé-kevésbé optimista 19. században több fontos magyar nyelvű utópia is született, addig a kudarcos társadalomátalakítási törekvésekben bővelkedő 20. század sokkal inkább disztópikus művek írására ihlette az irodalom képviselőit. Az ezután következő hat esettanulmányban Czigányik az általa legfontosabbnak tartott magyar utópikus szövegeket tanulmányozza. Az első elemzés középpontjában Bessenyei György *Tariménes utazása* című, a felvilágosodás jegyeit magán viselő műve áll, majd a legnagyobb hatású magyar dráma, *Az ember tragédiája* utópikus vonásait vizsgálja a szerző. Madách Imre alkotásának vizsgálata nemcsak az utópiatematika erőteljes jelenléte okán bizonyult remek választásnak, hanem azért is, mert egy nemzetközileg kifejezetten ismert, negyven nyelvre lefordított textusról van szó. A 19. századi alkotások sorát egy Jókai Mór-mű, *A jövő század regénye* zárja. Czigányik meggyőzően érvel amellett, hogy az utópikus és disztópikus elemeket egyaránt felvonultató mű annak ellenére is figyelemre méltó alkotás, hogy kritikusai általában az életmű kevésbé sikerült darabjai közt tartják számon.

A másik három esettanulmány fókuszában a 20. század negatív történelmi tapasztalatait tükröző disztópiák találhatók. A kötet hatodik fejezetében Karinthy Frigyes két szövege, az *Utazás Faremidóba* és a *Capillária* elemzését olvashatjuk. A szerző személyén túlmenően a műfaji háttér is indokolja a művek párhuzamos vizsgálatát, hiszen mindkettőt jellemezhetjük egyfajta Jonathan Swift-imitációként, úgynevezett gulliveriádként. A Karinthy-alkotások után Babits Mihály utolsó regényét, az *Elza pilóta vagy a tökéletes társadalom* című disztópiáját ajánlja figyelmünkbe Czigányik. Erre az írásra is igaz, hogy szerkezetileg és stilisztikailag is mutat hiányosságokat, ám a jogos bírálatok dacára hiba lenne tagadni értékeit. Az *Elza pilóta* ugyanis kitűnően ábrázolja a vég nélküli háború okozta társadalmi pszichózis tragikus hatásait, totalitarizmusképe pedig meglepően emlékeztet a jóval később íródott 1984-ben bemutatott rendszerre. A hatodik, egyben utolsó elemzés Szathmári Sándor disztópikus műveit tekinti át, közülük is az író *Kazohinia* című alkotására összpontosít. A szintén Swiftet idéző szöveg nagyszerűen érzékelteti, hogy egy tisztán racionalisztikus alapokon álló politikai berendezkedés teljességgel kizárja az emberhez méltó élet megélésének esélyét.

Az interdiszciplináris megközelítést alkalmazó munkák szerzői gyakran azzal a problémával szembesülnek, hogy a különböző tudományos szemléletmódokat elegyítve két – vagy több – szék közé esnek, s az így létrejövő eklektikus elméleti háttér inkább akadályozza, semmint segítené a megfelelő értelmezési keret kialakítását. A recenzeált kötet sikeresen elkerüli a fenti veszélyt: a benne szereplő tanulmányok a domináns irodalomtudományi nézőpont mellett remekül integrálják a politológiai és a történettudományi perspektívát is. A *Utopia Between East and West in Hungarian Literature* nagy erénye továbbá a magyar utópikus hagyomány sajátosságainak bemutatása (habár a címnek némileg ellentmondva

e tradíció inkább tűnik a nyugati politikai fejlődéssel rokonszenvező és az azzal szemben szkeptikus elgondolások váltakozásának, s kevésbé mozgatja a közlebről nem definiált „Kelet” iránti vonzódás, illetve ellenszenv).

Czigányik Zsolt könyvének kulcsszerepe lehet az itthon rangján alul kezelt, nemzetközileg pedig zömmel ismeretlen magyar nyelvű utópiák s disztópiák népszerűsítésében, s egyben nagymértékben járul hozzá a hazai utópikus gondolkodás szépirodalmi vonatkozásainak megértéséhez. Éppen ezért erősen bízom benne, hogy lesz folytatása e vállalkozásnak, s egy következő kötet feldolgozza majd a második világháború végétől napjainkig terjedő időszak utópikus irodalmát is. Nagy szükség van rá, nem kérdés.

(Zsolt Czigányik: *Utopia Between East and West in Hungarian Literature* [Saját utópiáink nyomában]. Cham: Palgrave Macmillan, 2023, 252 o.)

Tóth Miklós Bálint

kutatótanár, Mathias Corvinus Collegium
Társadalom- és Történelemtudományi Iskola, Budapest

JIM HOLT:
AMIKOR EINSTEIN GÖDELLEL SÉTÁLT
Kirándulás az értelem peremén¹

Jim Holt könyve 2019-ben jelent meg Magyarországon Jakabffy Éva és Jakabffy Imre fordításában, a Typotex Kiadó gondozásában. A könyv szerzője filozófus és esszéíró, akinek sokoldalú munkássága felöleli újságcikkek rendszeres írását, rádióműsor vezetését, politikai újság főszerkesztői posztjának betöltését. Holt *Miért létezik a világ?* (Why Does the World Exist?) című könyve a *The New York Times Best Seller* listáján szerepelt 2012-ben és 2013-ban; a szerző a 2017-es World Science Festival „Tűnődni a kitalálhatatlanon: a kozmológia legnagyobb kérdései” paneljének vezetője volt.

A könyv válogatás a szerző elmúlt húsz év alatt született írásaiból. A benne szereplő esszék matematikai, filozófiai, fizikai és tudománytörténeti érdekeségeket mutatnak be laikus számára is érthető, de mégis szakmailag elfogadható módon. Az ismertetett témák tág területen kalandoznak: találkozhatunk a Riemann-sejtéssel és a négyzintéttel, a hűrelmélettel és az univerzum végére vonatkozó elméletekkel, olvashatunk Ada Byron és a számítógép-tudomány kapcsolatáról vagy éppen az idő természetéről és az eugenetikáról. A bemutatott témákat az író élvezetes módon, sok életrajzi érdekesség hozzáadásával tárgyalja. Saját bevallása szerint: „Eszményem a kocképarti beszélgetés: amikor a mély gondolatot szórakoztató módon, a lényegére lecsupaszítva közvetítjük egy érdeklődő barátunk (esetleg egy gyors rajzzal is kísérve a szalvétán). A cél az, hogy az újonc fejében világosságot gyűjtsünk, de vigyünk a témába egy olyan csavart, amellyel a szakértő tetszését is elnyerjük.”

Összességében úgy vélem, hogy a könyvet nyugodt szívvel ajánlhatom minden gondolkodni szerető és a világot megismerni kívánó embernek.

(Holt, Jim: *Amikor Einstein Gödellel sétált. Kirándulás az értelem peremén.* Budapest: Typotex Kiadó, 2019, 384 o.)

Lángi Zsolt

az MTA Morfodinamika Kutatócsoportjának tagja,
oktató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geometria Tanszék, Budapest

¹ Az írás korábbi változata megjelent az *Érintő Elektronikus Matematikai Lapok* 15. számában, 2020. március, a kiadó engedélyével közöljük.

A következő szám tartalmából

- Ajánlások: a 2025-ös akadémikusválasztás jelöltjei rendes, levelező, külső és tiszteleti tagságra

2

0

2

4

Útmutató a cikkek megírásához:

www.magyartudomany.hu/utmutato

A folyóiratra vonatkozó, szerzőknek szóló közlési elvek a fenti hivatkozásra kattintva találhatóak.



Tartalom

■ TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS KIS TUDÓSOK MEGFIGYELÉSE – KÖRKÉP A HAZAI CSECSEMŐKUTATÁS TERÜLETÉRŐL

VENDÉGSZERKESZTŐ: Király Ildikó

Király Ildikó: **Bevezető**

Kelemen Alexandra, Schvajda Réka, Zsoldos Rebeka, András Krisztina: **Rejtélyes lakótársaink, avagy hogyan fejthetjük meg a (még nem beszélő) gyermekek gondolkodását?**

Tauzin Tibor: **Kommunikatív tudelmélet csecsemőknél**

Winkler István, Háden Gábor Péter, Tóth Brigitta: **A statisztikai tanulás határai újszülött csecsemőknél**

Kispál Anna, Kovács Ágnes Melinda, Téglás Ernő: **Logikai fejtörők csecsemőknek: kutatások a deduktív következtetéseink eredetéről**

■ TANULMÁNYOK

Solti László: **Génmódosított élőlények gyakorlati hasznosítása**

Takó Ferenc: **Weber és az „ügy”**

Csendes Tibor, Berend Gábor, Németh T. Enikő: **Egészségügyi álhírkereső eljárások informatikai megoldásai**

Hargittai István: **Egy kis könyv nagy karrierje – 80 éve jelent meg Erwin Schrödinger *What Is Life?* című könyve**

Vicsek Mária, Vicsek Tamás: **Néhány személyes hangvételű emlékünkből Benoit Mandelbrotról és a fraktálokról**

■ TUDÓSPORTRÉ

Szendró Zsolt: **Darányi Ignác, a legsikeresebb földművelésügyi miniszter**

■ KÖNYVSZEMLE

M. Madarász Anita: **Kulturális csatatér. Brit–magyar diplomácia, 1945–1970** – Andreides Gábor

Böcskei Balázs, Fekete Mariann, Nagy Ádám, Szabó Andrea: **A maszkon túl** – Kovács László

Attila Paládi-Kovács: **Studies in Hungarian Ethnography for a European Ethnology (Magyar néprajzi tanulmányok az európai etnológia számára)** – Nagyné Batári Zsuzsanna

Bárdos Dániel, Tuboly Ádám Tamás szerkesztők: **Emberarcú tudomány. Áltudományok és összeesküvés-elméletek szorításában** – Ropolyi László

Zsolt Czigányik: **Utopia Between East and West in Hungarian Literature (Saját utópiáink nyomában)** – Tóth Miklós Bálint

Jim Holt: **Amikor Einstein Gödellel sétált. Kirándulás az értelem peremén** – Lángi Zsolt

Ára: 2000 Ft



2

0

2

4