

# Vírusok és járványok a tudománynépszerűsítésben

Nicholas A. Christakis *Apollo's Arrow* című könyvének  
kontextusa

H. Nagy Péter

**Viruses and Epidemics in Science Writing**  
**Context of Nicholas A. Christakis's *Apollo's Arrow***

## Abstract

The study outlines a possible intercultural approach to Nicholas A. Christakis's book *Apollo's Arrow*, published in 2020. First, it recalls some of the virus stories found in science popularizing literature, and then it deals with the cultural-historical relationship systems of epidemiology themes. In context building, it touches on a variety of disciplines through popularizing publications, from virology, through historiography, and climate research to network theory. Then, of the literature on COVID-19, it draws attention to Christakis's book, which is one of the most productive enterprises in the outlined context and the most complex undertaking to discuss a pandemic. The study thus simultaneously makes available the point of view components of *Apollo's Arrow* and their antecedents in the field of science popularization.

**Keywords:** science popularizing literature; viruses; epidemics; Michael B. A. Oldstone; Nicholas A. Christakis; *Apollo's Arrow*

**Kulcsszavak:** tudománynépszerűsítő irodalom; vírusok; járványok; Michael B. A. Oldstone; Nicholas A. Christakis; *Apollo nyila*

**Subject-Affiliation in New CEEOL:** Social Sciences – Education – Higher Education

**DOI:** 10.36007/eruedu.2021.1.005-019

Az Enzo Gallori által készített *Genetika* című képes enciklopédia a következőképpen írja le a vírusokat: „A vírusok az ismert élet legegyszerűbb élőlényei, noha még folyik róla a vita, hogy minden szempontból valódi élőlénynek tekinthetők-e. Annyi biztos, hogy nem autonóm sejtek, hanem *obligát sejtparaziták*, azaz kizárólag annak a sejtnak a belsejében képesek szaporodásra, amelyet megfertőznek. Amint behatolnak a plazmamembránon át a sejtbe, a maguk szolgálatába állítják annak teljes enzimmérszletét, és saját többszöröződésükre használják fel. A beépülő vírus szaporodását ekkor már semmi nem állíthatja meg, az ezerszámra létrejövő

vírusok tönkreteszik a sejtet, a gazdasejten élősöknek egészen annak pusztulásáig.” (Gallori 2010, 92, kiemelés az eredetiben) A vírusokat aszerint csoportosítják a biológusok, hogy milyen sejteket fertőznek meg (bakteriofágok, növény-, illetve állati vírusok), és aszerint, hogy a genomjuk DNS- vagy RNS-molekulát tartalmaz. A vírusok tevékenysége – a közhiedelemmel ellentétben – nem minden esetben káros. Valószínűleg kevesen tudják, hogy az óceánokban hemzsegnek a vírusok: a felszíni tengervíz minden cseppje kb. 10 milliót tartalmaz belőlük. Legtöbbjük bakteriofág, azaz baktériumfaló. Az általuk megtámadott sejtek szétesnek, és tartalmuk szétterjed a környezetben. Számos kulcsfontosságú anyag (pl. aminosavak, nukleinsavak, nitrogén, foszfor, vas) így kerül be az óceánok vízébe.

Az úgynevezett koronavírusok közé tartozó SARS-CoV-2 állati RNS-vírus, amely – valószínűleg egy köztes gazdán keresztül – átkerült az emberre. (Ezt a folyamatot zoonózisnak nevezik.) 2020 júniusára a kutatók ezt a vírust szinte atomról atomra feltérképezték, és nagy valószínűséggel kizárták, hogy mesterséges eredetű lenne. A rekombináció következtében (ami szintén természetes folyamat) a koronavírusnak kialakult egy olyan változata, amely hatékonyabban tud kapcsolódni az emberi sejtekhez. Ezt a mechanizmust ismerjük, a kórokozó eredeti változata a denevérből származhat, és a kínai Vuhanban jelent meg ez az új változat (az eredete utáni kutatás még folyik a WHO szervezésében), de ha az ehhez hasonló mechanizmusokat szélesebb kontextusban szemléljük – ahogy ez a nézet elterjedt a médiában –, akkor azt is mondhatjuk, hogy az ilyen esetekért lényegében a klímaváltozás lehet a felelős, melynek következtében megváltoznak a vírushordozó állatok élőhelyei. (Ezeket az állatokat vektoroknak nevezik, és mivel a környezetük átalakulóban van, a genetikai balesetet egy olyan denevér okozta, amelynek addig kevés esélye volt arra, hogy kapcsolatba kerüljön az emberrel.)

A SARS-CoV-2 által okozott betegség a COVID-19, mely 2019 végén kezdett rohamosan terjedni, majd világjárvánnyá duzzadt. (A kínai egészségügyi hatóságok december 31-én jelentették be egy ismeretlen eredetű tüdőgyulladás-járvány kitörését, de az első esetek november közepére/december elejére datálhatók. Január 23-án Vuhan karantén alá vonták, és leállították a tömegközlekedést, a járvány azonban akkorra már továbbterjedt a Föld több pontjára. Az első előfordulásokat Európában január 24-én jelentették be Franciaországban. Egy nappal később Kínában 18 városra terjesztették ki a karantént.) Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 2020. január 31-én elrendelte a legmagasabb szintű nemzetközi vészhelyzetet, majd a járványt 2020. március 11-én pandémiává nyilvánította. A járványügyi intézkedések ettől a pillanattól kezdve elvileg mindenkit érintettek, az ehhez vezető lépéseket az olvasó számos kiadványból és internetes forrásból rekonstruálhatja, melyek aprólékosan tartalmazzák a járvány krónikáját. Az alábbi tanulmány a vírusokkal kapcsolatos tudománynépszerűsítő irodalom területére koncentrálna, bemutatja azt a tudásszerkezetet, amely a népszerűsítő kiadványokból szabadon hozzáférhető, és Nicholas A. Christakis 2020-ban megjelent *Apollo's Arrow* című könyvének kontextusaként funkcionálhat.

## 1. Vírustörténetek a tudományszerűsítő irodalomban

A tudományszerűsítő irodalom mértékadó teljesítményeit ma már hosszú lenne felsorolni. (A kérdéskör tágabb, több tudományterületre kiterjedő kontextusához lásd: Dawkins 2008, speciális változataihoz: H. Nagy 2019, 17–25) Erre a reflektált beszédmódra sok-sok példát lehetne hozni Darwin vagy inkább Kepler óta, előbbinek természetesen *A fajok eredete* (1859), utóbbinak *A hatszögletű hópehely* (1610) című munkája említhető itt. Sokat publikált ebben a fontos műfajban később George Gamow is, gondoljunk például a neves elméleti fizikus *Mr. Tompkins sorozatára*, vagy Richard Feynman, akinek humoros előadásmódjáról legendák keringenek azóta is. A zseniális fizikus nagyon szellemesen, egyben lényegbevágóan fogalmazta meg például a termodinamika második főtételének – az idő irányával kapcsolatos – következményeit. *A fizikai törvények jellege* című könyvében így ír: „[...] léteznie kellene egy olyan elvnek, hogy, teszem azt, az »üngyümök« csak »büngyümökké« fejlődhetnek, de fordítva ez nem lehetséges – tehát egész idő alatt a természet úgy fejlődik, hogy »üngyüm« jellegűből »büngyüm« jellegűvé alakul át, és a kölcsönhatások ilyen egyirányúsága eredményezi aztán azt, hogy a világ jelenségei csak egy irányba mehetnek végbe, megfordíthatatlanok.” (Feynman 1984, 178–179) Remek javaslat arra vonatkozóan, hogyan lehet észben tartani és felidézni egy bonyolult fizikai törvény alapmechanizmusát.

Aztán jött Richard Dawkins *Az önző gén* című munkája, Carl Sagan *Cosmos* című könyve vagy Stephen Hawking *Az idő rövid története* című alapműve. Az utóbbi nemcsak megváltoztatta a bestsellerről (és az univerzumról) kialakult képünket, de azt is bizonyította, hogy a tudomány eladható és széles érdeklődésre tarthat számot, ha megfelelő módon tálalják. Vagyis még a legnehezebben befogadható természettudományos kérdésekről (elemi részecskék, határozatlansági elv, kvazárrok, fekete lyukak, féregjáratok stb.) is írható olyan könyv, amely elegánsan, érthetően fogalmazza meg az adott problémákat, miközben nem számolja fel azok összetettségét. Hozzunk erre egy példát máshonnan (nagyon sok helyről lehetne immár), amely valóban/szintén nehéz feladatra vállalkozik. A Brian Cox és Jeff Forshaw szerzőpáros így kezdi  *$E=mc^2$*  című mértékadó kötetét: „Könyvünk megírásával az volt a célunk, hogy kifejtjük Einsteinnek a térről és az időről szóló gondolatait, szándékaink szerint a lehető legegyszerűbben, de úgy, hogy az Olvasó is meglássa ennek az elméletnek a különös szépségét. Eljutunk a híres egyenlethez, amely kimondja, hogy  $E=mc^2$ , miközben nem használunk Pitagorasz tételénél bonyolultabb matematikát.” (Cox – Forshaw 2012, 7) Ez az a maxima, az így felfogott közérthetőség kritériuma, amely ezt a műfajt életre hívta, és a mai napig meghatározza/meghatározta az alább idézett tudósok gondolkodásmódját is.

Ha feltennénk azt a kérdést, hogy a szóban forgó műfajon, kommunikációs szisztémán belül készült-e olyan mű, amely a vírusok témaköréről szól, és mind színvonalban, mind összetettségben felveszi a versenyt a fentebb említettekkel (illetve megfelel a közérthetőség kritériumának), akkor Michael B. A. Oldstone *Vírusvadászok* című könyvét kell megemlítenünk válaszként. Ez a könyv nem kevesebbre vállalkozik, mint hogy bevezessen a vírusokkal foglalkozó tudományterületek alapjaiba (ez mindenekelőtt a virológia és az immunológia), majd olyan betegségekkel

és járványokkal foglalkozik, melyek ellen sikeresen vettük fel a küzdelmet (himlő, sárgaláz, kanyaró, gyermekbénulás). Ezután az újabban felbukkanó virális kórokozókat tekinti át, az akkori jelen és a jövő kihívásaira koncentráva (vérzékes lázak, Lassa-láz, Ebola, Hantavírus, AIDS, kergemarhakór, influenza). Majd a később keletkezett utóiratban felvet néhány, most is aktuális kérdést, például a védőoltások folytatásáról és a visszatérő betegségek veszélyeiről. „Kétségtelen – írja Oldstone –, hogy az embert sújtó járványok közül az influenza azok közé tartozik, amelyek állandó készenléteket igényelnek, mert biztosak lehetünk abban, hogy az influenza valamilyen formában mindig visszatér.” (Oldstone 2002, 238) (A *Vírusvadászok* influenzát tárgyaló része az *Istencsapás, ami megismétlődhet* alcímet kapta; a virológus ebben a fejezetben mutatja be, hogy miért Kína az az ország, ahonnan a világjárványok kiindulnak.)

Oldstone könyve több mint húsz évvel ezelőtt íródott, mégis érdemes fellapozni. Hogy miért, az az imént felvázolt szerkezetéből azonnal látszik. Először lefekteti az alapokat ahhoz, hogy megértsük a vírusok biológiai működését, és átlássuk az ellenük folytatott küzdelem főbb állomásait. (Tudjuk, hogy a járványok létrejötte a kultúrát is feltételezi.) Mivel a gondolatmenet előfeltevése szerint „a vírusok és az emberek küzdelme tulajdonképpen világunk története” (Oldstone 2002, 246), nagyon sok történelmi eseményt idéz fel, rálátást biztosít a járványok kialakulására, lefolyására és következményeire. Eközben a virológiai kutatások lezárhatatlanságával is szembesít, nyitott és továbbírandó horizontba állítva a járványtani összefüggéseket. „Ahogyan változnak a vírusok, és új meg új típusok bukkannak fel, úgy változik folyamatosan felfogásunk is a vírusok járványt okozó képességéről.” (Oldstone 2002, 247) Ebből következően, ha egyes részletek korrekcióra szorulnak is (hiszen a járványtan újabb és újabb stratégiák kidolgozására és tesztelésére kényszerül), a vírusokról és az irtózatossá váló (olykor globális) hatásokról kialakított összképpel feltétlenül érdemes szembenézni, mielőtt lebecsülnénk ennek a területnek a jelentőségét. Oldstone könyvének elolvasása után egészen biztosan nem fogjuk.

Folytassuk néhány érdekességgel. Jared Diamond *Háborúk, járványok, technikák* című multidiszciplináris munkájában hivatkozik egy vírussal kapcsolatos igen tanulságos esetre, a myxomatosiszal megfertőzött ausztráliai nyulak történetére. A myxo vírus brazil vadnyúl-fajban őshonos, viszont halálos járványt okoz egy másik faj, az európai házinyulak populációjában. Ezt a kórokozót 1950-ben bevetették Ausztráliában, azzal a szándékkal, hogy megszabadítsa a túlszaporodott európai nyulaktól a kontinenst. Sikertelen a kísérlet? Nos – amint Diamond is beszámol róla –, az első évben a myxo 99,8%-os pusztulást okozott, a második évben már csak 90%-osat, majd 25%-osra csökkent a hatékonysága, s ezzel a terv kudarcba fulladt. Miért tanulságos ez az eset? A történetek rámutatnak, hogy a vírus önálló evolúciós utat járt be. „A vírus úgy változott meg, hogy kevesebb nyulat pusztítson el, és a halálosan fertőzött nyulakat is tovább engedje élni. Így egy szelídebb myxo vírus kezdte terjeszteni utódait jóval nagyobb számú nyúlban, mint az eredeti, rendkívül virulens myxo.” (Diamond 2006, 210) Az ehhez hasonló folyamatok tanulmányozása segít megérteni a vírusok alkalmazkodási képességét, amely jelen esetben – és lényegében erre futtatható ki ez a példa – nem esik egybe sem az emberek, sem a nyulak érdekeivel.

Ugorjunk egy másik érdekesítő olvasmányra. Steve Jones *Darwin szelleme* című könyve – amely felfogható *A fajok eredete* újrairásaként is – nagyon jól szemléltet egy, az előbbihez hasonló jelenséget a HIV-vírussal kapcsolatban. Az egyik áldozattól a másikba átterülő mikroorganizmusokban apró módosulások történnek, mely elváltozások alapján nyomon követhető a betegség evolúciójának útvonala. Az AIDS-fa HIV-1 és HIV-2 ága genetikailag bármennyire is különbözik egymástól, egy nagyszabású természetes rendszerre utal. A rokonsági struktúra kutatása alkalmas arra, hogy képet alakítsunk ki a járvány eredetéről. A HIV-vírus a módosult leszármazás tekintetében meglehetősen messze jutott, például egy orvosság elleni immunitást kifejlesztő mutáció a HIV-1-ről nem terjed át a HIV-2-re. Ebből következően a vírusnak régebbinek kell lennie a meglévő elágazásainál. „Elképzelhető – írja Jones –, hogy századokon keresztül az AIDS helyi jelleggel többször is fölbukkant Afrikában, s mindannyiszor más-más emberszabású majomtól származott a fertőzés. Nem terjedt el egy olyan korban, amikor az emberek nem utaztak, nem alkalmaztak veseátültetést és a tobzódó promiszkuitás sem járta. A betegség csak az 1950-es években tudott annyira elterjedni, hogy beborítsa a földet.” (Jones 2003, 41) Az emberi dimenziókban zajló változások egyik hajtómotorja tehát a mobilitás.

Ez a kulcstényező más szempontból is lényeges. Lynn Margulis *Az együttélés bolygója* című könyvében anno felhívta a figyelmet arra (és ezzel nem volt egyedül, később pedig sok helyen visszhangozták), hogy a vírusok minden bizonnyal akkor jelentenek problémát, amikor kinövik a természetes tartózkodóhelyüket. „A vírus-vagy egyéb források túlfejlődése mindinkább az ökoszisztéma gyengülésének, illetve szétesésének tulajdonítható. Legalább annyira nem vagyunk kigyógyíthatók vírusainkból, mint amennyire nem szabadulhatunk meg agyunk frontális lebenyétől. Saját magunk vírusai vagyunk.” (Margulis 2000, 66–67) A gondolat mindkét része aktuális ma is, ami azon is mérhető, hogy nagy karriert futottak be a tudomány népszerűsítő irodalomban, melynek biológiával-ökológiával (vagy a replikációval) foglalkozó ágazatai lépten-nyomon érintik a vírusok kérdéskörét akkor is, ha az egyes könyveknek nem ez a központi témájuk. (Erre még visszatérünk a következő fejezetben.) Mindebből tökéletesen látszik, hogy az emberek és a vírusok együttélése nem szüntethető meg, evolúciós múltunk és jövőnk egyaránt gondoskodik erről. Innen nézve valóban rendkívül találó Peter Medawar meghatározása, amely szerint a vírusok „rossz hírekkel körülvett nukleinsavak”. Vagyis a szerves anyagok szervesen komplexeként meghatározható vírusokat a megtámadott (vagy inkább átprogramozott) sejteken túl körülveszi az emberi tényező (az info- és a pszichoszféra is beleértve), amely befolyásolja terjedésüket.

A biológiai indíttatású könyvekkel párhuzamosan érdemes bevezetnünk egy másik perspektívát is, amely a matematika felől közelít a járványok leírhatóságához. Példaként Kit Yates *Ne hidd el az igazságot!* című ismeretterjesztő munkáját említenénk, amelynek elsődleges témája az információellenőrzés a társadalmi környezetben. A sokrétű gondolatmenet utolsó fejezetének alcíme igen beszédes: *A betegségek megfékezése rajtunk múlik*. A szerző abszolút lényegre törően magyarázza el a járványok mögött húzódó mintázatokat, és áttekinti, hogy ezeket a mintázatokat milyen matematikai modellek teszik hozzáférhetővé. Yates a SIR-modell létrejöttével és továbbfejlesztésével szemlélteti a modern epidemiológia matemati-

kai alapjait, közben pedig rövid esettanulmányokkal vegyíti az adatkezelés elméleti kérdéseinek kibontását. (Ilyen például a nulladik betegről szóló történet, amely az ebola kitérését szemlélteti, de ugyanakkor felvázolja a kontaktus kutatás működését is.) Ez a stratégia mindenekelőtt azért tartható sikeresnek, mert nem hipotetikus viszonyul a járványokkal kapcsolatos fejleményekhez, hanem az olvasók közvetlen környezetéből veszi át a példákat. Lényeges megkülönböztetés a fejezetben, hogy tisztázza, mi következik a kórokozók tulajdonságaiból, és mi függ össze az emberi reakciókkal. Így jutunk el a karanténintézkedések és a vakcináció területére, és Yates nem hagy kétséget afelől, hogy egy világjárvány esetében mindannyiunknak fontos döntéseket kell hoznunk. Ezeknek a döntéseknek a megértését segíti elő a matematikai epidemiológia: „Tágabb értelemben megmutatja, milyen stratégiával lehet legyőzni a járványokat, továbbá milyen megelőző intézkedésekkel lehet őket elkerülni.” (Yates 2020, 342)

Megkerülhetetlen könyv a közelmúltból a témával kapcsolatban Alessandro Vespignani *A jóslás algoritmusa* című munkája is, amely tág kontextusban teszi hozzáférhetővé a számítógépes epidemiológia működését és eredményességét. A könyv az algoritmusokkal készített modellek tárgyalása közben többször utal a járványtani előrejelzések készítésének főbb paramétereire, kitér például az Ebola-, a Zika- és az influenzajárványok komputeres szimulációjának hatékonyságára. Vespignani alapján különbséget tudunk tenni az olyan modellek között, melyek a múlttal kapcsolatos ismereteinken alapulnak és az olyanok között, melyek valós időben teszik lehetővé az előrejelzést. „Ezért elképzelhetünk olyan forgatókönyveket – írja a szerző –, melyekben a fertőzött személyeket karanténba helyezük, tanulmányozhatunk olyan mesterséges világokat, amelyekben betiltják a repülőjáratokat, elgondolhatunk olyan városokat, amelyekben tilos az autóhasználat. A számítógép és a modellek laboratóriummá alakulnak át, ahol jövőbeli világokat vizsgálhatunk, felvázolva a jövő földrajzi térképét, amely lehetséges választásainkat tükrözi.” (Vespignani 2020, 175) Sőt, ezek a szimulációk arra is alkalmasak lesznek, hogy egy kisebb közösséget alapul véve megjósolják, ki lehet influenzás. A valószínűségek és a tényleges viszonyok folyamatos összehangolása ráadásul egy olyan jövőt tetelezt, melyben az előrejelzés és az arra adott reakciók is szerepet játszanak. Ezeknek a dinamikus modelleknek a folyamatos megbízhatósága is remekül alátámasztja, hogy az utóbbi bő évtized valóban sikertörténet a számítógépes epidemiológia számára.

## 2. A járványtematika kultúrtörténeti kapcsolatrendszerei

A vírusokkal és a járványokkal kapcsolatban érdemes kézbe venni olyan munkákat is, melyek nem biológiai indíttatásúak, nem kifejezetten erről a témakörrel és tudományterületről szólnak, mégsem tudják megkerülni a szóban forgó jelenségeket. (Lényegében a fentebb említett kiadványok egy része is ilyen volt, de tovább tágitva a kontextust, elmozdulnánk a kultúrtörténet irányába, illetve nem korlátozzuk ezt a kitekintést a vírusok által okozott járványokra. Másfelől sűrűn bukkannak fel a témával kapcsolatos kérdéskörök olyan könyvekben is, melyek magával a tudományos gondolkodással foglalkoznak, mint például Ben Goldacre *Rossz tudomány* című

híres munkája, amelyben az oltásellenességről szóló fejezet tartozik ide. [Goldacre 2012, 303–345]) Mindez remekül mutatja, hogy mi mindennel van kapcsolatban ez a problémakomplexum. A legevidensebb talán – kezdjük mindjárt ezzel – a történelem kutatása. A kismillió példa közül, mintegy jelképes darabként, egy olyan művet emelnénk ki, amely az egyik leghíresebb és leghírhedtebb járványhullám időszakába enged bepillantást egy város életén keresztül. Így abba a szituációba is, amely a hagyomány szerint a karantén megszületéséhez vezetett pár évtizeddel később, bár nem ez van a munka fókuszában.

Roger Crowley *Kalmárköztársaság: Hogyan hozta létre és veszítette el tengeri hatalmát Velence* című ismeretterjesztő könyve a történelmi és az írói tevékenység látványos ötvözete. Crowley regényszerű érzékletességgel ismerteti az eseményeket, sikerül átélhetővé tennie a múltat. A következő idézet az 1348-as pestisjárvány hatását ecseteli. „Mire a pestis végül magától elcsitult, Velence lakosságának kétharmada veszett oda; ötven nemesi család megszűnt létezni. Az életben maradtak a szó szoros értelmében holttesteken jártak. A lagúna néptelen szigetein partra lépő óvatlan halászok még évszázadokon át tiportak a pestis sietősen eltemetett áldozatainak fehérlő csontjain. A fekete halál alapvetően megváltoztatta a velencei kereskedők élet- és világszemléletét.” (Crowley 2018, 201) A pestis a város százötven éves fellendülésének vetett véget. A kereskedelem hatóságának kibővítése azonban nemcsak a gazdagságot, az értékes árucikkeket hozta Velencébe Belső-Ázsiából, hanem a pestisbaktériumot is. Hiába vezettek be rendkívüli intézkedéseket, hiába állították le a kereskedelmet és gyűjtötték fel a hajókat, hiába zárták be a kocsmákat, a járvány megállíthatatlan volt, a bánat és a gyász – ugyancsak futótűzként terjedve – eluralta a várost. Az emberek az itáliai tengeri köztársaságokat vádolták a történekekért, vagy – tudományos magyarázat híján – a kapzsiság isteni büntetésének tekintették a fekete halált. Ugyanakkor a kereskedők óvatosabbak lettek, így ettől az időszaktól kezdve Velence biztosította a járványoktól Európa határait.

Most vessünk egy pillantást arra, hogy mit mond ugyanerről a járványhullámról (és majd egy másikról) a klímakutatás. Wolfgang Behringer *A klíma kultúrtörténete: A jégkorszaktól a globális felmelegedésig* című könyvében számos példát találunk az éghajlatváltozás és a járványok kapcsolatára. A pestisjárvánnyal összefüggésben Behringer arra utal, hogy az 1330-as évek klímaromlása az egész északi féltekét érintette, aminek következtében a Kína felől érkező járvány Európában kedvező táptalajra lelt. Másrészt a szokatlan hideg beköszöntével még zabot sem lehetett aratni, késett a virágzás, elfagyott a szőlő, és így tovább. A pusztítást előkészítette továbbá a pár évvel korábbi éhínség, amely szintén erősítette a betegség iránti fogékonyságot. Ezeknek a tényezőknél a fényében állítja Behringer a következőt. „Ahhoz, hogy a fekete halál ilyen pusztítást tudott végezni Európában, a korábbi évtizedek történései is hozzájárultak: a járvány csökkent ellenálló képességgel rendelkező, legyengült lakosságot sújtott.” (Behringer 2010, 145) Ha ugrunk az időben, a helyzet hasonló összetettséget mutat: a huszonhatszor fellángoló járvány erőssége ugyancsak az emberek fizikai állapotával kapcsolatos, ráadásul más betegségekkel karöltve jelentkezett (tifusz, himlő, vérhas, skarlát, influenza stb.). Mindez a kis jégkorszak mortalitási krízisének egyik szelete.

Az éghajlat és a különféle járványok összefüggésére álljon itt egy másik példa is Behringer könyvéből, az úgynevezett Tambora-fagy jelensége. A Tambora kitörése 1815-ben az egész Földre kiterjedő három-négy fokos lehülést okozott. Ez vezetett az úgynevezett „nyár nélküli év”-hez Európában és Észak-Amerikában, míg a nagy mennyiségű hamu a napsugárzás megszűnésével járt Izlandon, az emberek pedig mindezzel párhuzamosan különös égi jelenségekre lettek figyelmesek. A következmények igen szerteágazóak, és lényegében egyik sem magyarázható meg a klímátörténeti nézőpont nélkül, ahogy az első világméretű kolerajárványt is a Tambora-lehülés kísérte. A kolera az indiai szubkontinensen tört ki, majd az Orosz Birodalmon keresztül jutott át Európába, majd Észak-Amerikába. A betegséget okozó baktérium a bélfőrában telepszik meg, ezért a rossz egészségügyi körülmények és a szennyvízelvezetés hiányosságai szintén hozzájárultak a gyors terjedéshez. A vulkanikus lehülés globális katasztrófa volt, mindenhol érezte a hatását, befolyásolta – természetesen – még a politikai viszonyokat is. A Tambora-fagy pedig egy specifikus járvány, a kolera pandémiává válásához vezetett.

Egy hirtelen vágással térjünk át korunk egy másik fontos tudománytörténeti fejleményére, a hálózatkutatásra. A járványok történetében 2009 fordulóponthoz jelentett, ugyanis ekkor a hálózati szakemberek előre jelezték valós időben a H1N1 terjedését és lefolyását, vagyis sikeresen modellezték a vírusterjedést a hálózatok alapján. Ennek előfeltétele annak megértése volt, hogy a világméretű közlekedési hálózatok struktúrája és dinamikája adatokat szolgáltat a fertőzés útjának feltérképezéséhez. (Alessandro Vespignani és csapata egy videót is készített a projektről.) Barabási Albert-László *A hálózatok tudománya* című monstre könyvében a következőképpen foglalja össze ennek jelentőségét. „2000 előtt a járványmodellezésben a térbeli modellek voltak a legelterjedtebbek. Ezek a modellek azt teszik fel, hogy bárki megfertőzhet bárkit, ha azonos társas/fizikai térben tartózkodik vele. A hálózatos gondolkodás ezt alapjaiban változtatta meg, és az előre jelezhetőség új szintjét kínálta. Manapság a hálózatkutatás egyik legaktívabb alkalmazási területe a járványtani előrejelzés; segíti például az influenza terjedésének becslését vagy az ebola megfékezését.” (Barabási 2016, 47) Ebből is kitűnik, hogy a hálózatkutatás kulcsfontosságú területeken bizonyul hatékonynak, ugyanakkor Barabási is hangsúlyozza, hogy az elmélet hatása túlmutat a járványtanon. (Megjegyzendő, hogy *A hálózatok tudománya* egyetemi tankönyvként is használható a hálózatokkal kapcsolatos kurzusokhoz.)

Az idézetben említett évszám (2000) részben a szerző egy másik könyvére is utalhat, ezzel kezdődik ugyanis Barabási *Behálózza* című tudományos bestsellere; másrészt az időpont a hálózati gondolkodás áttörését, tudománytörténeti fordulatát is jelöli. A könyv egyik kérdése – a sok közül – arra vonatkozik, hogyan terjednek a vírusok a valódi hálózatokban. „A hálózatok fejlődését irányító mechanizmusok felfedezése nyomán megértettük annak az eszköztárnak az egyetemességét, amelyet a természet használ arra, hogy létrehozza a bennünket körülvevő világot.” (Barabási 2018, 122) *A Behálózza* tizedik fejezete („láncszeme”) részben a vírusok terjedésével foglalkozik; például az AIDS kapcsán azt mutatja be, hogy a szexuális háló tanulmányozása miként teszi lehetővé a vírusterjedés hatékonyságának átlátását. „Az AIDS rendelkezésére álló skálafüggetlen topológia tette lehetővé a vírus ter-



jedését és fennmaradását.” (Barabási 2018, 155) A szexháló ugyanis ugyanazzal a középpontok uralta felépítéssel rendelkezik, mint sok más rendszer. A skálafüggetlen hálózatokban a legtöbb pontnak csak kevés kapcsolata van, néhány közép-pont pedig nagy összekötöttséggel rendelkezik, s ez tartja össze a hálózatot, amely kábé úgy néz ki vizuálisan, mint a légiforgalmi rendszer vagy térkép. Ebben sok kis repülőteret néhány fő középponton, nagyobb repülőtéren át lehet összekötni, ami az AIDS esetében azt jelenti, hogy a fertőzöttek között a nagyszámú kapcsolattal rendelkező centrumok igen gyorsan a partnereik százait fertőzték meg. (A szuperterjesztők a COVID-19 pandémiává válásában is döntő szerepet játszottak.)

A hálózati gondolkodás után levezetésképpen vessünk egy pillantást még a mesterségesintelligencia-kutatásra. Max Tegmark *Élet 3.0* című könyvében szerepel egy hallatlanul jópofa példa arra vonatkozóan, hogyan képzeljük el a veszélyes MI működését. Nick Bostrom elhíresült, szándékosan bugyuta hasonlata egy szuperintelligens lényről szól, amely maximalizálja a gemkapocsgyártást. A Tegmark által kommentált példa arra vonatkozik, hogy az MI célja független lehet az intelligenciájától. „A gemkapocs-maximalizáló MI igyekszik a Föld minél több atomját gemkapocsokba építeni, és sebesen terjeszkedve gyárakat telepít a kozmoszba. Az emberrel szemben táplált bármiféle ellenérzés nélkül, pusztán azért gyilkol halomra minket, mert szüksége van az atomjainkra a gemkapocstermeléshez.” (Tegmark 2018, 207) Elképzelhetjük ezt a folyamatot Hans Moravec alapján úgy is, hogy egy rádióüzenet érkezik a Földre, amely egy önmagát tökéletesítő, és a világot az uralma alá hajtó MI programját tartalmazza. Ez az MI hatalmas építkezési területtől alakítaná át a Naprendszert, hogy olyan hatalmas rádióantennákat hozzon létre, melyek egyetlen célja az üzenet szétsugárzása. Az emberek azt hinnék, hogy az MI valami nagyszabású dologra készül, pedig mindössze a jelet akarja továbbítani a programja szerint. Így jön létre egy kozmikus méretű számítógépes vírus. Az üzenet megfertőzi a biológiai alapon kifejlődött civilizációkat, közvetve kipusztítja azokat, majd fénysebességgel terjed tovább az univerzumban, „kietlen ürességet hagyva a szárba szökkenő civilizációk helyén” (Tegmark 2018, 208). A példa alapján nemcsak az látható be, hogy – David Wallace-Wells kifejezésével élve – a járványok is globalizálódnak, hanem az is, hogy – bizonyos változatai – akár az egész világegyetemet megfertőzhetik.

### 3. Ismeretterjesztő irodalom 2020-ban

2020-ban – természetesen a COVID-19 miatt – a tudománynpszerűsítő- és ismeretterjesztő irodalmat újabb kihívások érték. Az álinformációk rendkívül hatékony terjedésével nem volt egyszerű felvenni a küzdelmet, ahogy nem könnyű feladat ma sem. Az adatkezelésben beállt fordulat elsősorban abban érhető tetten, hogy rendkívül felgyorsult az információk továbbítása, a tudományos eredmények pedig szinte azonnali és folyamatos átértékelődésen mentek keresztül, így magát ezt a jelenséget is magyarázni kellett. Természetes működési mechanizmusról van egyébként szó, a tudomány a saját hibáiból tanulva halad előre, de a pillanatról pillanatra változó helyzet sokakban azt a benyomást keltette/kelti, mintha a kutatói hálózatok

csődöt mondtak volna, holott ennek éppen az ellenkezője igaz. (Jó példa erre a vakcinák kifejlesztése, mely példátlan tudományos összefogás eredménye volt.) Ebből következően a járvánnyal kapcsolatos adatok feldolgozása napi feladattá vált, nem lehetett megvárni, amíg úgymond letisztulnak a folyamatok, mert minden kétsedelem életekbe kerülhetett. Ily módon nemcsak nagy feladat hárult az ismeretterjesztésre, de szinte azonnal reflektálni kellett egy olyan mintázatra, amelynek nem lehetett belátni minden elemét. Jól tükrözi ezt a szituációt a könyvkiadás is, hiszen a COVID-19-cel foglalkozó kiadványok szinte mindegyike köztos pozícióban van, hangsúlyozottan az ideiglenesség indexével rendelkezik. Viszont ennek ellenére is fokozottan ráirányítja a figyelmet a tudománynépszerűsítő műfajtömb funkciójára. A továbbiakban néhány olyan könyvre hivatkozunk röviden, melyek forgatása nem pusztán hasznos lehet, de a fenti szituáció miatt kordokumentumként is olvashatók.

A fenti két szempontrendszer ötvözésére épül a koronavírus-járvánnyal kapcsolatban megjelent könyvek közül a legimpozánsabb vállalkozás, Nicholas A. Christakis *Apollo's Arrow* című munkája. Mindenekelőtt arra kell utalnunk, hogy számos kiadvány jelent meg rekordgyorsasággal a COVID-19 kezdete óta, s ezek némelyike eleget tesz a fentebb említett kritériumoknak. Paolo Giordano *Járvány idején* című könyve gyors reagálás a pandémiára még a járvány első szakaszából. Korrekt helyzetjelentés Rómából, egy fizikus-író félelmeire koncentrálna, mindenki számára érthető nyelven, egyszerűen vázolva a bonyolult mintázatokat. „Ez a ragály a kapcsolati hálónk megfertőződése” (Giordano 2020, 16) – írja a szerző, és kifejti, hogy milyen hatással van a világjárvány az emberi társadalomra. Számba veszi a reakciókat, melyek közül az egyik legegyszerűbb a lenullázódástól való félelem. Giordano ugyanakkor kifejti, hogy mire való járványügyi helyzetben a matematika, és hogy miért szükséges arra támaszkodnunk a puszta vélemények elfogadása helyett. A könyv talán legsúlyosabb állítása mégis a tudományba vetett bizalom megrendülésének konstatálása. Ezen a ponton éles különbséget kell tennünk a tudós személyes véleménye és a tudomány kételyre épülő működése között. A jelenség valóban égető problémákat vet fel, és az is megfontolandó, hogy az adatokat értelmezni kell, s olykor azokból többféle, egymástól eltérő tendencia is kiolvasható. Meg kell itt jegyeznünk, hogy ez jelen esetben összefügghet azzal, hogy 2020 elején valószínűleg azért nem lehetett magabiztosan kiszámítani minden tendenciát, mert az egyes országok nem zárt rendszerek. A különféle, eltérő fázisban meghozott döntések pedig különböző módon hatottak a járvány lefolyására.

Egy másik példa a gyors reagálásra Michael Mosley *COVID-19: Minden, amit tudni kell a koronavírusról és a vakcináért folyó versenyről* című ismeretterjesztő könyve, amely ugyancsak használható bevezető a kialakult járványhelyzet tanulmányozásához, majd átmegy életmód-tanácsadásba. A munka első fele összefoglalja a koronavírussal kapcsolatos tudnivalókat, leírja a fertőzés folyamatát, és áttekinti, hogy a szervezet hogyan védekezik a behatolóval szemben. Közben olyan statisztikákra támaszkodik, melyek később módosultak, de a megközelítési útvonalak helytállóan tarthatók, amennyiben nem zárják ki a hivatkozott kutatások ideiglenességét sem. Hasznos áttekintés a könyv *Hogyan szökött meg a vírus?* című fejezete, amely a járvány első 100 napjának krónikáját mondja el a vuhani bejelentéstől a korlátozások enyhítéséig. (Ezt követi egy laza rész, amelyben a szerző

a hozzá befutott leggyakoribb kérdésekre válaszol, majd pedig az immunrendszer – feltételezett – erősítéséhez ajánl különféle eljárásokat az étrend megválasztásától a testgyakorlásig.) Végül egy rövid fejezetben kitér Mosley arra is, hogy a könyv megírásának pillanatában hol tart a vakcináért folyó verseny. Ez a történet nyilvánvalóan kiegészítésre szorul a 2020-as őszi fejlemények és eredmények fényében, de arra mindenképpen jó, hogy az olvasó képet kapjon a vakcináció elméletéről és különböző változatairól. A könyv végén megfogalmazódik az a gondolat is természetesen, amely számos formában tér vissza a COVID-19-ről szóló irodalomban, ily módon a pandémia egyik központi alakzatának tekinthető, és valójában a régebbi virológiai kutatások (pl. Oldstone) alapelvét hangsúlyozza: „Amíg vakcina nem lesz, meg kell találnunk a módját annak, hogy együtt éljünk a vírussal.” (Mosley 2020, 143)

Mielőtt ízelítőt nyújtanánk az *Apollo's Arrow* összetettségéből, érdemes megemlíteni további kontextusként, hogy Christakis Fowlerrel közösen írt, *Connected* című könyvében többféle értelemben is szó van különféle járványokról. A közösségi hálózatok működésének precíz feltérképezésekor olyan jelenségekre is kitérnek, mint a nevetőgörcs, a tömegpszichózis, a táncőrület, az agresszió vagy a boldogság terjedése. Másrészt foglalkoznak a szerzők például a nemi betegségek terjedésével (szifilisz), illetve a HIV- és a SARS-vírusok okozta járványokkal is. Mindez azt mutatja, hogy a kapcsolatok vizsgálata elválaszthatatlan a tranzitivitás, az információ (vagy bármi más) fertőzőesszerű terjedésének nyomon követésétől. „E két tulajdonság – írják a szerzők –, a kapcsolatrendszer és a fertőzőesszerű terjesztés, egyúttal a kapcsolati hálók struktúrája és funkciója, vagyis az emberi szuperorganizmus anatómiája és fiziológiája.” (Christakis – Fowler 2010, 46) A *Connected* tehát – mint azonnal látható – sok szállal kapcsolódik a hálózattudományhoz, ahhoz a kutatási távlathoz, melyet fentebb Barabási Albert-László és Alessandro Vespignani könyveivel szemléltettünk. Megkockáztatható, hogy a hálózati gondolkodás nagyban elősegíti az olyan jelenségek megértését is, mint egy pandémia és az azzal járó pszichodémia (vagy: infodémia). Ugyanakkor a *Connected* olvasása nem előfeltétele az *Apollo's Arrow* befogadásának, de ismerete feltétlenül hozzájárulhat a nagyszabású munka előfeltevéseinek lokalizálásához, illetve bizonyos részleteinek pontosabb elhelyezéséhez. Például: „Egészségünk egyik kulcsfontosságú tényezője mások egészsége. Nemcsak barátaink és partnerkapcsolataink egészsége és viselkedése van hatással ránk, hanem száz és ezer olyan ember egészsége és viselkedése, akik kapcsolati hálónk egészségét alkotják!” (Christakis – Fowler 2010, 146) – fogalmazzák meg a szerzők. Nézzük röviden, mivel szembesít emellett az *Apollo's Arrow* a felvázolt kontextusban.

Nicholas A. Christakis 2020-as vállalkozása, *Apollo's Arrow* című könyve, melyet a tudós az első hullám idején írt, olyan széles horizontot kínál az olvasók számára, mely a legnagyobb szabású tudománynépszerűsítő munkák sajátossága. (Tehát nem gyorstalpaló.) Ez a multidiszciplináris vállalkozás képes az orvostudomány, a szociológia és a biológiai tudományok (és persze a történelem és a kultúrtörténet) együttes alkalmazásával megvilágítani a COVID-19 kialakulását és jövőjét. Az *Apollo's Arrow* megjelenése után három nappal Niall Ferguson írt egy korrekt recenziót a könyvről a TLS-en, melynek végén három nagy jelentőségű mozzanatot emel ki

a produkcióból. Először is, Christakis tisztázza a vírus és az általa okozott betegség(ek) természetét, és bemutatja, hogy miképpen terjedt el a szociális hálózatokban és a nyilvánosság tereiben (országról országra), elsősorban a szuperterjesztőknek köszönhetően. Másrészt, a szerző összeveti a COVID-19-et (a pandémiát) a történelemből ismert nagy járványokkal, például a száz évvel korábbi spanyolnáthával, miközben rálátást biztosít a különbségekre is. Harmadjára pedig Ferguson szerint üdvözlendő, hogy az *Apollo's Arrow* elmegy addig, hogy feltegye a kérdést, mit mondhatunk a jövőről, és felvázolja, a 2020-as periódus és a múlt fejleményei alapján extrapolálja azt a poszt-pandemikus periódust, amely az elkövetkező években várható, így felkészít a teendőkre is (Ferguson 2020). (A recenzió címében szereplő kifejezés [Nincs több kézfogás] csak az egyik „enyhe” hatásra tett utalás, a világjárvány következményei sokkal „súlyosabbak” lehetnek; ugyanakkor számos olyan – technológiai, környezeti – változásra is számítani lehet, amely pozitívumként könyvelhető el.)

Ferguson érvelését elfogadva, érdemes hangsúlyoznunk még Christakis könyvével kapcsolatban, hogy feltétlen érdemei közé tartozik annak levezetése, bemutatása, hogy a SARS-CoV-2 milyen spektrumban helyezhető el a különféle kórokozók között. Máshonnan nézve, mi teszi alkalmassá arra, hogy világméretű járványt robbantson ki. A vírusok hatékonysága ugyanis számos tényező összjátékán múlik. Ha összevetjük például a SARS-1 és a SARS-2 kitérésének körülményeit, azt látjuk, hogy az előbbi villámgyorsan és nagyon hatékonyan kezdte szedni az áldozatait, és ez egyáltalán nem azon múlt, hogy 2003-ban az egészségügy nem volt képes annyira hirtelen reagálni. A gyors kitérés, a rengeteg szuperterjesztő és az azonnali sokkhatás annak tulajdonítható, hogy a SARS-1 bár nagyon-nagyon gyorsan terjedt, mégis túl hamar pusztította el a hordozóit ahhoz, hogy legyen idejük a teljes Földet átfertőzni. Ez – mint Christakis megjegyzi – igen fontos szempont a két hasonló vírus megkülönböztetéséhez, mert míg az egyik nem tud kirobbantani világjárványt, addig a másik, a SARS-2 nagyon is alkalmas rá, és tökéletesen belátható, hogy miért képes hosszú távon destruktívá válni. Paradox módon tehát a SARS-1 túl halálos volt egy pandémiához, és mivel ez a halálozási ráta mérhető, az epidemiológusok – többek között – ennek segítségével kategorizálják a járványokat okozó patogéneket (Christakis 2020, 44–45). (Megjegyzendő, hogy több ilyen rátával dolgozunk [IFR = infection fatality rate, CFR = case fatality rate, sCFR = symptomatic case fatality rate], de gondolatmenetünk szempontjából ez most nem annyira lényeges.)

Az *Apollo's Arrow* nemcsak az ehhez hasonló „apróságokkal”, részletekkel bánnik nagyon körültekintően, de példaértékűen elemzi a COVID-19 körülményrendszerét is, vagyis szem előtt tartja egyrészt a biológiai és a pszichikai hatásokat, másrészt a szélesebb körű emberi reakciókat is a politikai állásfoglalásoktól kezdve a média- és karanténkultúráig, vagy az oktatásig, illetve számol azzal is, hogy a járványhelyzet milyen töréspontokat tett láthatóvá különböző társadalmi csoportok között. (Aligha kell annál beszédesebb rész, mint amikor a szerző egymás mellett futtatja a járványügyi adatokat és Trump nyilatkozatait. [Christakis 2020, 156].) A tudós számos ponton nyilvánvalóvá teszi a járvány komplexitását, miközben az evolúcióelmélet talaján áll, amennyiben hangsúlyozza (s ez aligha cáfolható), hogy

nemcsak a vírusok evolválódnak a környezetükhöz, de az emberi faj genetikai állománya is evolválódik a vírusok hatására. (A SARS-CoV-2 mutációval jött létre, ahogyan mutálódni is fog.) Ez a dinamika teszi beláthatóvá a vakcináció hosszabb távú következményeit is, hiszen alkalmassá teszi a szervezetet a kórokozókkal szembeni védelemre, s ezzel mintegy rásegít az evolúciós változásokra. (Érdeemes itt leszögezni, hogy a SARS-CoV-2 elleni vakcinák rapid kifejlesztése – melynek végpontja persze a könyv megjelenése utáni epizód – az adminisztrációs lépések, nem pedig a fejlesztési fázisok lerövidítésével történt. Ha pedig a vírus mutálódik, a vakcinát hozzáigazítják, mint az influenzaoltások esetében.) Talán nem teljesen meglepő, hogy ha azt állítjuk, hogy az *Apollo's Arrow* jelentős része annak ellenére, hogy régebbi adatokkal dolgozik, mégis helytálló és megfontolandó következtetésekre jut, ami az alkalmazott tudásszerkezetnek és szemlélettechnikának köszönhető. És többek között éppen ez, az adatkezelés óvatossága és egyben szakmai biztonsága teszi ezt a könyvet ez idáig a 2020-as világjárvány legfontosabb tudománynpszerűsítő kommentárjává. Olyan ismeretterjesztő anyaggá, amely nem hagy kétséget a felől, hogy a COVID-19 *történelmi vízválasztó* lesz (Christakis 2020, 300). Vagy már most is az.

#### 4. Reflexió

Mindezzel összhangban, zárásképpen, megemlíthető, hogy az *Apollo's Arrow* multidiszciplináris látásmódja nem feltétlenül választás kérdése, hanem egy ideje a tudomány alapvető létezmódja. A COVID-19 elleni küzdelem több momentumra is érv emellett, és példák sokaságát nyújtja a tudományos összefogás és a csoportmunka hatékonyságára. (Nagyon jó példa erre a vakcinafejlesztés rövid története, amelyről valószínűleg több könyv is írni fog a közeljövőben.) Ha minél alaposabban meg szeretnénk érteni a háttérben zajló folyamatokat, akkor az adattudományhoz fordulhatunk. Mivel abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy 2020 végén megjelent Dashun Wang és Barabási Albert-László *A tudomány tudománya* című könyve, van is mire hivatkoznunk ezzel kapcsolatban. Bár ez a munka nem a pandémiával foglalkozik, mégis maximálisan alkalmas arra, hogy beelássunk a tudomány működésébe, és abba, hogy miért képes gyorsan reagálni a változó körülményekre. A kulcs ehhez – természetesen – az együttműködés, amely szintén nem pusztán döntés eredménye, hanem a szakterületi specializációból következik: a kutatók kénytelenek összefogni és csapatban dolgozni. „A fokozódó specializáció – írják a szerzők – azzal jár, hogy mindenki kiválóan ismeri a kirakós egy-egy darabját. A modern tudomány összetett problémáinak megoldásához a kutatóknak össze kell illeszteniük ezeket a darabokat: úgy kell ötvözni a különféle készségeket és ismereteket, hogy azzal újat lehessen létrehozni.” (Wang – Barabási 2020, 104) A hasonlatnál maradván, a COVID-19 alatti tudományos munka és kutatás nemcsak meglehetősen komplex kirakós, hanem minden idők egyik legnagyobb tudományos vállalkozása is. Christakis idézett könyve ezt a megaprojektet ugyanúgy kontextusba helyezi, ahogyan a fentebb felvillantott kiadványok és Barabásiék munkája, amelyek mintegy keretezik az *Apollo's Arrow* létrejöttét. De talán még szerencsés-

sebb, ha inkább azt mondjuk, hogy bár néhány szerzőre helyeztük a hangsúlyt, de valójában milliók teljesítményéről van szó. A tudományban mindenki fontos.

## Irodalom

- Barabási Albert-László (2016): *A hálózatok tudománya*. Ford. Kirchner Edina. Budapest: Libri Kiadó.
- Barabási Albert-László (2018): *Behálózva: A hálózatok új tudománya*. Ford. Vicsek Mária. Budapest: Libri Kiadó. (5. kiadás)
- Behringer, Wolfgang (2010): *A klíma kultúrtörténete: A jégkorszaktól a globális felmelegedésig*. Ford. Tarnói Judit. Budapest: Corvina Kiadó.
- Christakis, Nicholas A. (2020): *Apollo's Arrow: The Profound and Enduring Impact of Coronavirus on the Way We Live*. New York – Boston – London: Little, Brown Spark.
- Christakis, Nicholas A. – Fowler, James H. (2010): *Kapcsolatok hálójában: Mire képesek a közösségi hálózatok, és hogyan alakítják sorsunkat?* Ford. Rohonyi András – Rozsnyói Pál. Budapest: Typotex Kiadó.
- Cox, Brian – Forshaw, Jeff (2012): *E = mc<sup>2</sup> (De miért olyan nagy ügy ez?)*. Ford. Pataki János. Budapest: Európa Kiadó.
- Crowley, Roger (2018): *Kalmárköztársaság: Hogyan hozta létre és veszítette el tengeri hatalmát Velence*. Ford. Makovecz Benjamin. Budapest: Park Könyvkiadó.
- Dawkins, Richard (2008): *The Oxford Book of Modern Science Writing*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Diamond, Jared (2006): *Háborúk, járványok, technikák: A társadalmak fátumai*. Ford. Födő Sándor. Budapest: Typotex Elektronikus Kiadó. (2. javított utánnomás)
- Ferguson, Niall (2020): *No more handshakes: The history of a pandemic, and its possible futures*. <https://www.the-tls.co.uk/articles/apollos-arrow-nicholas-christakis-book-review/>
- Feynman, Richard (1984): *A fizikai törvények jellege*. Ford. Gajzágó Éva. Budapest: Magvető Kiadó.
- Gallori, Enzo (2010): *Genetika: Képes enciklopédia*. Ford. Paál Zsuzsanna. Budapest: Kossuth Kiadó.
- Giordano, Paolo (2020): *Járvány idején*. Ford. Matolcsi Balázs. Budapest: Európa Könyvkiadó.
- Goldacre, Ben (2012): *Rossz tudomány: Hatástalan szerek, gátlástalan kampányok*. Ford. Bori Erzsébet. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- H. Nagy Péter (2019): *A képzület tudománya: Praxeológiai bevezetés*. Komárom: Selye János Egyetem Tanárképző Kara.
- Jones, Steve (2003): *Darwin szelleme: A fajok eredete – mai változatban*. Ford. Gyárfás Vera – Orosz István. Budapest: Typotex Elektronikus Kiadó.
- Margulis, Lynn (2000): *Az együttélés bolygója: Az evolúció új megközelítése*. Ford. Schoket Zsófia. Budapest: Vince Kiadó.

Mosley, Michael (2020): *COVID-19: Minden, amit tudni kell a koronavírusról és a vakcináért folyó versenyről.* Ford. Pécsi Tibor. Budapest: GABO Könyvkiadó.

Oldstone, Michael B. A. (2002): *Vírusvadászok.* Ford. Dömök István, Budapest: Typotex Kiadó.

Tegmark, Max (2018): *Élet 3.0: Embernek lenni a mesterséges intelligencia korában.* Ford. Weisz Böbe – Garai Attila. Budapest: HVG Könyvek.

Yates, Kit (2020): *Ne hidd el az igazságot! Miért (szinte) minden matematika?* Ford. Tóth Enikő. Budapest: Athenaeum Kiadó.

Vespignani, Alessandro (Rijato, Rosita közreműködésével) (2020): *A jóslás algoritmusai: Hogyan befolyásolható a jövő a tudomány segítségével.* Ford. Balázs István. Budapest: Libri Kiadó.

Wallace-Wells, David (2020): *Lakhatatlan Föld: Élet a felmelegedés után.* Ford. Torma Péter. Budapest: Central Kiadói Csoport.

Wang, Dashun – Barabási, Albert-László (2020): *A tudomány tudománya.* Ford. Seres Iván. Budapest: Libri Kiadó.

