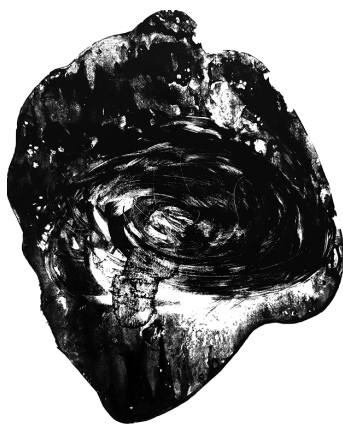


Z. KARVALICS LÁSZLÓ

# KOGNITÍV INASOK A KOLLEKTÍV KAPTÁRBAN

Tudomány és iskola új szövetsége felé



**Azzal, hogy kimondjuk:  
mindenki a tudomány-  
művelés óriásgépezeté-  
nek részévé tehető és  
teendő, valamennyi  
tanár és valamennyi  
diák számára normatív-  
van nyitunk kaput  
a becsatlakozásra.**

■ „Peruból – ahol egy egész évig időztünk – a Dél-tengerén át Kína és Japán felé hajóztunk, és tizenkét hónapra való élelmet vittünk magunkkal.”<sup>1</sup>

Aki már találkozott Bacon *Új Atlantiszával*, ismerősként emlékezhet a könyvecske kezdősoraira. Az utópia műfaji sajátosságainak megfelelően Verulam bárójának és Saint Alban grófjának hosszú kerettörténetre volt szüksége, hogy Bensalem szigetére eljuthasson, s aprólékosan bemutathassa „Salamon Házát”, az intézményesedett tudományművelés csodálatos műhelyét. Rawley, Bacon egykori titkára, aki a tudós halála után, 1627-ben kiadja a befejezetlen kéziratot, „Az Olvasóhoz” címzett rövid magyarázatában szükségesnek is tartja azonnal leszögezni: „Ezt az elbeszélést [...] az igen tisztelt szerző azzal a céllal költötte, hogy bemutassa benne Salamon Házának mintaképét vagy leírását.”<sup>2</sup>

Salamon Házának tudóscsapata előtt hármasság áll, amelynek az egymást követő generációk szervezeten igyekeznek megfelelni: a természet titkainak közvetlen, kísérletekkel megalapozott megismerése, az új ismeretek gyakorlati alkalmazása (a teremtésbe való bevonása) és a tudományművelés elméleti és módszertani háttérjének elmélyült vizsgálata és fejlesztése.

Bacon „utópiája” abban áll, hogy a korábban és az ő idejében is egymástól elszigetelten létező, töredezett, de alig néhány emberöltő múlva már „magas tudománnyá nemesedő” részfunkciókat egységes, intézményi háttérrel és fenntartással működő, szervezett tevékenységgé „álmodta össze” – és evvel (Arnold Toynbee méltatása szerint) a kiindulópontot teremtette meg a tudományos fejlődés felgyorsulásához. A „mintakép” ugyanis életre kelt. 1660, a Királyi Társaság, a Royal Society megalakulása után gom-

bamód indultak szaporodásnak Európa tudós társaságai, akadémiái, egy pillanatra sem tévesztve szem elől, hogy honnan is származik a késztettség: a Berliini Német Tudományos Akadémia tervéhez Bacontól ihletet merítő Leibniztől a francia enciklopédistákig mindenki Salamon Házát tartotta igazodási pontnak.

Morus utópiájának „Sehol szigetén” még „kevesen vannak minden városban, akiket felmentenek a munkától, és csak a tanulásra jelölnek ki, már akikben gyermekkoruktól fogva kiváló természetet, rendkívüli tehetséget és a széptudományokra hajlamos lelket vettek észre, mégis minden gyermeket iskoláztatnak, és a nép jó része, férfi, asszony, egész életében a munkátlan órákat tanulásra fordítja. A tudományos ismereteket saját nyelvükön tanulják.”<sup>3</sup> A munkamegosztás tehát csak a tudományt művelni képesek szűk csoportjának eltartását teszi lehetővé, ám az egész közösség tudományosan művelt, az iskola pedig azzal teremti meg az élethosszig tartó tanulás igényét és normáját, hogy tudományos ismereteket közvetít.

Bacon *Új Atlantisz*ában azonban a tudományművelés kiemelt szerepbe kerül, a társadalom és gazdaság egészét vezérli, működésének és fejlődésének letéteményese. A barlangok, tornyok, házak, laboratóriumok rendszerében létrejövő tudás botanikus kertekben, gyümölcsösökben, kisebb üzemekben fordul termelésbe, egészséghelyszíneken gyógyításba. Salamon Háza szigorúan és hierarchikusan szervezett „alapítványszerű” intézmény, mereven elkülönülő szerepekkel. A Világosság Kereskedői tizenketten vannak, és idegen országokból hordják haza a könyveket és a tudást. Minden más tevékenységet háromfős szakosított „kutatócsoportok” végeznek. A Zsákmányolók a tartalmat kivonatolják, és a kísérleteket gyűjtik össze a könyvekből. A Rejtély Emberei vagy a Vadászok a hétköznapi-gyakorlati életből gyűjtik a kísérleti tapasztalatokat. Az Úttörők vagy Földásók saját kísérleteket végeznek, eredményeiket a Kompilátorok vagy Osztályozók teszik hozzáférhetővé és közérthetővé, kivonatolással, táblázatba rendezéssel, következtetések levonásával. A Tehetséges Emberek vagy Jótevők – ma így mondanánk – módszertanilag foglalkoznak, „feltárják az előrelátás természetes eszközeit”. A Fáklyák, Salamon Házának tudománypolitikusi rájuk támaszkodva terveznek magasabb szintű, újabb kísérleteket, amelyeket az Oltók végeznek el. S valamennyi résztvevő tevékenységet a Természet Magyarországi szintetizálják, foglalják össze, vitatják meg a Ház többi tagjával. Ennek a mindösszesen 36 fős tudóshadseregnek azonban folyamatosan biztosítani kell az utánpótlását: „amint maga az ügy megköveteli, vannak újoncaink és inasaink, hogy a kísérletekben és az elméleti feldolgozásokban korábban alkalmazott emberek folytonossága meg ne szakadjon”.<sup>4</sup>

Akárhogy is, a tudományművelés Baconnál is egyfajta „zárt kaszt”, ahová csak a legalkalmasabbak, a kiválasztottak kerülnek be.

Morus és Bacon, ha módjukban állna, bizonyára földöntúli izgalommal konstatálná, hogy számos vonatkozásban mennyire nem lépett túl fél évezred múltán sem a világ az ő vízióikon. A Tudomány kétségkívül intézményesedett ugyan, de céhes jellege sokszorosan megmaradt. A gazdasági fejlettség és a munkamegosztás a lakosság 1-2 (fejlett országokban: 4-5) százalékának tudja biztosítani, hogy tudományos tevékenységből éljen. Az iskola szaktantárgyak formájában a tudományos ismeretek egyfajta minimumának átadási helyszíne, amit műveltségkomponensként biztosít, miközben majdani tudományos munkára a „legtehetségesebbeket” kezdi el felkészíteni, szakkörök, tanulmányi versenyek és mentorprogramok formájában, egyetemi diplomán és „mestervizsga értékű” doktori képzésen keresztül.<sup>5</sup>

A jó britek álmélkodva néznék eközben, hogyan lett globálissá „Salamon Háza”, miként festenek a különleges méretű berendezések (a részecskegyorsítóktól az úrtávcsövegig, a lézerberendezésektől a termonukleáris reaktorokig) és az infrastruktúrájukat biztosító intézmények, immár egy nemzetközi kutatóközösség szolgálatában, amelyet nemcsak nemzeti akadémiák, hanem adott tudományszakok művelőit összefogó nemzetközi tudományos társaságok és szakfolyóirat-hálózat abröncsol „óriásgépezette”.<sup>6</sup> S időutazóink kétségkívül lelkesülten bólogatnának a Humán Genom Projekt történetét megismer-

ve, ahol sok-sok független tudóscsapat fogott össze, hogy megfelelő összehangolással hatékonyabban, gyorsabban és olcsóbban hozzák létre az emberi géntérkép leírását, mindenki javára – hiszen ebben és az ehhez hasonló kollaboratív nagyprojektekben tisztán megnyilvánul a tudománynak ez az emberi komponensekből felépülő „óriásgép” természete.

Talán még az is belátható volna számukra, hogy nem a méret a lényeg: a tudástermelés szükségszerűen mozdul az *erőforrások egyesítésének* irányába a kihívást jelentő feladatok egyre kiterjedtebb és átfogóbb volta miatt.<sup>7</sup> Ez részben anyagi forrásokat jelent (a Nemzetközi Úrállomás egymaga több mint 150 milliárd dollárt emésztett fel ez idáig), részben tudásukat összeadó kutatókat, akiket – Alex Mesoudi, a brit Durham Egyetem evolúciós antropológusának szavaival – egyfajta *kaptártudat* forraszt egybe.<sup>8</sup> Be kell látniuk ugyanis, hogy az éppen a korábbi tudományos eredmények nyomán előálló, megoldásra váró feladatok volumene miatt számos, szükségessé váló tevékenység megoldásába csakis „raj-intelligenciával” érdemes belefogni.

A tudástermelés táguló univerzuma azonban többfajta nyomást fejt ki az egyes tudományterületek kaptáira. Nemcsak a számukat szaporítja gyorsuló ütemben, hanem szakadatlanul növelni igyekszik a méretüket is, hogy egyre több „tudós-méh” részmunkáját lehessen integrálni. A kaptáron belül így szükségszerűen meghosszabbodnak az értéklánccok, eltávolodnak egymástól a specializált tevékenységek, és el is hasonulnak egymástól attól függően, hogy milyen hozzáadott értéket hordoznak – ahogy már Salamon Házának kaptáracskájában is láttuk. Az egyre inkább piramisformát öltő óriásgépezet alján rendkívüli mennyiségű mikrofeladat (microtask) igényli a kutatói életidőt (Dolgozók), a piramis csúcán viszont a kontextusképzés, a problémakörnyezetbe ágyazás, a magas szintű ok-okozati viszonyok vizsgálata, a modellezés, az absztrakció feladatai követelnek egyre több időt a mindehhez szükséges magasrendű tudás megszerzésére a Harcosoktól. A kaptár-piramis tömegvonzása „felfelé” kisebb számú, de bonyolult és komplex, hosszú kiképződést feltételező,<sup>9</sup> „lefelé” viszont óriási számú, de rövidebb betanulási idejű feladat megoldását igényli.

Mindez természetesen eltérő mértékben igaz az egyes tudományterületek óriásgépezetei esetében, ahol a mikrofeladatok és a komplex kihívások aránya rendkívül változó. A matematika például kevésbé van kitéve efféle kaptárnyomásnak, mert a lélekölő számolási mikrofeladatok már régen átvette a számítógép, nincs szükség emberi Dolgozókra. Másutt azonban – legyen szó csillagászatról, ornitológiáról, ökológiai kutatásról, történettudományról, de akár fehérjeszerkezetekkel való szimulációs kísérletezésről – már „nem az a kérdés, mennyi chip áll csatasorba az adatfeldolgozáshoz, hanem az, hogy mennyi neuron. Sokkal több, a tudományos létmód iránt elkötelezett emberre van szükség...”<sup>10</sup>

Már nem is a tudomány kollektivizálásáról van tehát pusztán szó, hanem arról, hogy miként lehet, akár már rövid távon, a társadalmi munkamegosztásból „átterelni” más tevékenységek rovására a tudományművelésbe emberek millióit.

Ha ez elsőre meghökkentően hangzik (mert olyan, mintha megjelenne benne a kényszer motívuma), gyorsan tegyük hozzá: hiszen épp ezt látjuk az elmúlt két évtizedben kibontakozni állampolgári tudomány (citizen science) és tömeges hálózati erőforrasszerzés (crowdsourcing) formájában. Néhány tudományos kaptár egyre nagyobb mértékben kezdett a „céhen kívülről” kapni segítséget, mert a megoldásra váró probléma természete önkéntes segítők tömegeit vonzotta, Dolgozóként: olyan projektekbe, ahol nem számítási kapacitásra, hanem fizikai területet bejáró lábakra, felmérhetetlen mennyiségű képfelvételen mintát kereső szemre és agyra, kéziratok dokumentumok átírására és hozzáférhetővé tételére vagy milliós levéltömeg adatainak ellenőrzésére volt szükség. S noha a legismertebb projektekről (Galaxy Zoo, Stardust, Transcrib eBentham, FoldIt! és a többiek) lelkesen, visszatérően és érdekesítően számolt be a média, ezt inkább afféle kis színesként, egyfajta játékként értékeli Salamon Házának más pontjain. Arról pedig, hogy mindezt minőségbiztosított formában ki lehetne terjeszteni a közoktatásba, ahol valahol 800 mil-

lió és 1 milliárd között van a potenciális Dolgozók száma, akiket ma tanulónak, diáknak hívunk, még el sem indult a párbeszéd.

Pedig Bernard Cornu már két évtizede figyelmezteti az oktatási szférát,<sup>11</sup> hogy ideje alkalmazkodnia a kaptárlógikához, amelyet nem pusztán a tudomány előtt álló kihívások, hanem a mindennapi élet megváltozó természete, a civilizációs változás és a hálózatosodás követel ki. Az ő kiindulópontja is a kapacitásépítés, amely az információs társadalomban korántsem a megszokott kapacitásépítési logikák folytatása és kiterjesztése. Vadozatúj kompetenciák és képességek kellenek. S nemcsak a sokat emlegetett technológiaiak (főleg az információs műveltségek és jártasságok világából, ahol az információ mennyiségéhez és kezelésének, illetve felhasználásának új kultúrájához kell alkalmazkodni), sokkal inkább az új fogalmi és megismerési helyzetekhez kötődő, elmélyült kompetenciák, egy újfajta (öntudatra, felelősségvállalásra és részvételiségre épülő) állampolgári minőség részeként.

Az individuális intelligencia teljesítőképességét meghaladó kollektív intelligencia és kollektív kapacitás kiemelt jelentőségűvé (major dimension) válása – sok egyéb, ugyanabbe az irányba mutató nyomás mellett – az iskolai oktatási gyakorlat teljes újragondolását követeli meg. Az alkalmatlannak bizonyuló „ipari korszakos” elemek kisöprésével<sup>12</sup> új eszközöket, új erőforrásokat, új pedagógiá(ka)t, újfajta tanárokat, új tartalmakat és módszereket igényel, amelyek nemcsak a társadalom új elvárásaihoz, hanem egy új gyermekképhez is igazodnak, a diákká lett gyermek új kompetenciáival.

Érdekes, hogy Cornu nem merészkedik el a tudományművelésig, az új tudományos eredmények előállítására való képességig. Az iskolai tudástranszfer új útjait, az új tudások belsővé tételét, internalizációját emeli ki – követve ezzel azt a második világháború után életre kelt hagyományt, amely *emberi jogi kontextusban* a tudományos eredmények megismeréséhez és felhasználásához való jogot hangsúlyozza, s fel sem veti a tudományos értékek előállításában való részvétel lehetőségének normáját.<sup>13</sup>

Mindez persze érthető: három emberöltővel ezelőtt sokkal kevesebben tartoztak a tudósok „elitklubjába”, és épp számtalan (inter)diszciplína elsődleges felépítése zajlott. Esély sem volt rá, hogy egy kiskorúként kezelt társadalom legfiatalabbjai potenciális tudástermelő partnerekként jelenjenek meg a tudományok iskolai reprezentációjának keresésekor. Egyetlen célfüggvény határozta és határozza meg mai napig a tudomány iskolai jelenlétét: felmenő rendszerben, tankönyvvé párolt és tantárggyá tett formájukban a „fő-tudományok” (matematika, fizika, kémia, biológia, földrajz, történettudomány, nyelv és irodalom) alapjait ismerje meg és fogadja be egyre nagyobb felbontásban minden, a társadalomba és termelésbe belépő korosztály. Ismerjenek és értsenek valamennyit, egyfajta letisztult minimumot a tudományok világából, a többiekre pedig várnak az egyetemet követő „tudósképzési” formák. Ezzel azonban nemcsak a diákkép maradt kiskorú, hanem a statikusá tett tudománykép is, amelynek „legnagyobb pedagógiai gyengesége, hogy nem kínál kihívásokat a diákok számára, hiszen a tudományt lezárt rendszerként kezeli. Mintha nem állnának előttünk tudományos kihívások... teljesen érthető, hogy a diákok nem érdeklődnek egy olyan világ iránt, amelyben őket már nem várják kihívások, ahol már nincs mit felfedezni.”<sup>14</sup>

Ezen a helyzeten némiképp enyhíteni tudott (főleg a természettudományi tárgyak esetében) az elmúlt évtizedekben fokozatosan erősödő *kísérleti/felfedező* (experimental, discovery-based) tanítás, ahol a statikus tudás megismerése már élményszerűbben történhetett – de továbbra is ugyanarról a statikus tudásról volt és van szó, nem új tudományos értékek létrehozásáról. S mindeközben a felfedezés (még pontosabban: önmaguk és a világ felfedezésének) legjobb és leginkább élményszerű eszköze, a *játék* ugyanúgy a didaktika galaxisának peremvidékére szorult, ha nem éppen tudatosan és szervezeten száműzetett az iskolai praxisból (ami aztán megismétlődött a *számítógépes játékok* térhódításának első hulláma alatt).

Pedig régóta elgondolkodásra kellett volna készítenie minden pedagógust és oktatáspolitikát annak az egyre több érveléssel alátámasztott ismeretnek, hogy már a legkisebbek is

úgy gondolnak és tanulnak az őket körülvevő dolgokról, ahogy a tudósok is teszik a kísérleteik során.<sup>15</sup> Anomáliákat azonosítanak, hipotéziseket formálnak, racionálisan tesztelik azokat, az eredményeket (a statisztikai természetűeket is) elemzik, tanulnak a maguk és mások tapasztalataiból. Eközben valószínűségi modelleket alkotnak, mintázatokot és ok-okozati összefüggéseket ismernek fel, és ezek felhasználásával előrejelzéseket tesznek. És még a játék során is adatok szerzése és rendezése történik, értékeléssel és következtetések levonásával, a megoldáshoz vezető eredményes stratégia keresésével, magyarázatéhesen. Alison Gopnik, akinek az eredményeit és gondolatait idéztük, a világot a tudósokhoz hasonlóan felfedező gyermekben – Cornu szellemében – *természetadta teljesítő képességeket* (natural capacities) hordozó erőforrást lát, amely egy támogató feltételekben gazdag és biztonságos környezetben kibontakozhat, és különleges teljesítményekre lehet képes.

Iskolai környezetben a leginkább támogató környezeti feltételt a *tanárban* lelhetjük fel. Az elmúlt időszakban számos beszámolót olvashattunk osztályaik előtt kutatóként viselkedő, osztályaikkal közös (alkalmazott) kutatási projekteket vagy akciókutatásokat indító,<sup>16</sup> kutatási feladatokat játékosító pedagógusokról, iskolai körülményekre és méretekre szabott állampolgári tudományprojektekről. Jó ideje közismert, hogy a tudományos módszertannal megismerkedő diákok általános tanulási teljesítménye is hatékonyabb. Azt is tudjuk, hogy pusztán attól, hogy a tanár részese lehet tudományos programoknak, diákjainak már ettől megnő a teljesítménye.<sup>17</sup> A tanár a diákokat is magában foglaló tudományos óriás gép természetes és nélkülözhetetlen része, szereplője, hiszen miközben résztvevője a kutatási folyamatoknak, a diákok tudományképességének, „kiképzésének”, fejlesztésének is a legfontosabb ágense és kontrollere. Mentor. Coach. Kutatási középvezető. „Főállású” tudósok projektasszisztense. A tudomány kis céhlegényeinek mestere. A jövődő planetáris kutatóhadserег bocsorosainak-talpasainak kiképző őrmestere.

Jánossy Ferenc ezt a fajta közvetlen tanár-diák összekapcsolódást évtizedekkel ezelőtt „kézműves oktatásnak” hívta, amelynek a reneszánszát remélte. Cave Ágnes szép tanulmánya<sup>18</sup> „kognitív inasságnak” látja és láttatja azt, ahogyan a diákok már akkor részt tudnak venni dolgokban, amikor „még nem sajátították el az összes tudást és fogást”, amire szükségük van a tudományos értéktermelő folyamatokba való becsatlakozáshoz, s kiképzésük célja és értelme az, hogy felelősségük egyenes arányban állhasson majd a képességükkel és jártasságukkal. A tudományműveléshez szükséges érzékenység és felkészültség egy része direkt-frontális módon nem adható át, a „szemmel nem látható gondolkodási folyamatok láthatóvá, érzékelhetővé tétele” oly módon valósulhat meg, ahogyan az egykori inasok ellesték a kézműves titkokat a mester megfigyelésével és „keze alá” dolgozással. A tanulás részben indirektté válik, ha a diák csak megfigyeli, hogyan old meg feladatokat a „mester”, hogy fog hozzá, mire ügyel, mik a mesterfogásai, trükkjei, rutinjai.

S amiként a „kölyökszenni” kifejezéssel a kiválasztott kevesekre utalunk a gyerekek oldalán, ugyanezt tesszük a pedagógusokén, amikor „tudós-tanárról” beszélünk: a közoktatás diplomásainak az elenyésző hányadáról, akik oktatási praxisuk mellett nem hagytak fel a tudományműveléssel sem.

Azzal, hogy kimondjuk: *mindenki a tudományművelés óriás gépezetének részévé tehető és teendő*, valamennyi tanár és valamennyi diák számára normatívan nyitunk kaput a becsatlakozásra. S mivel az elmúlt évtizedekben számtalanszor bebizonyosodott, hogy élő, értéktermelő tudományos projektek tervezhetőek és kivitelezhetőek a Tudós-Tanárdiák hármas szövetséggel, arra a kérdésre kell megnyugtató választ adnunk, hogy vajon mi indokolja a *méret forradalmát*. Ha a „kézműves és esetleges” formák már bizonyítottak kis méretben, mi teszi szükségessé az *iparszerű tömegesítést*? Jelentkeznek-e erőforráséhes mikrofeladatok milliós szám, amelyek ellátására még a jelenlegi állampolgári tudománykihívásokra felépülő ad hoc közösségek sem alkalmasak?

A magam részéről ezeknek az új generációs feladatoknak pontosan *fél tucat* típusát és forrását látom listázhatónak befejezésül, abban bízva, hogy ez a megközelítés kellőképp rendszerezett és provokatív ahhoz, hogy további gondolatokat vonzzon, és vitát generáljon.

## 1. Lokális és kulturális mikroörökség

■ Mintha csak erről üzenne nekünk Arany János: „Ha majd e haza szent földén minden rög ismerve lesz, minden kődarab elmondja, honnan jött, kikkel találkozott; ha minden élő, mely rajta tenyész és mozog, általunk összegyűjtve, a közös rendszerben foglal helyet; ha kitanultuk ege mérsékletét, a nedv- és aszályhordó fuvalmak viszonyait; ha népei egymásra temetkezett rétegeit felbúvároltuk a legmélyebbig, de kivált a ma élőknek – édes nemzetünknek – nyelv és tettben nyilatkozó múltját, jelenét a tudomány teljes fényébe állítottuk”,<sup>19</sup> akkor – hogy a nagykőrösi tanárból a Magyar Tudományos Akadémia főtitkárává lett költő helyett fejezzük be a mondatot – a szűkebb lakókörnyezeteink és pátriánk táján sokasodó mikrofeladatok egy részét sikeresen szemléztük. A nagy memóriaintézmények (a könyvtár, a levéltár és a múzeum) a tudományos feldolgozásra váró örökségvilág piramisának csúcsán hősies munkát végzett és végez, de küldetése és kapacitáskorlátai miatt a piramis közepére és aljára már ritkán tud kiterjedni: a kulturális mikroörökség<sup>20</sup> darabjai mellől hiányzik ugyanaz a figyelem és feldolgozó-rendszerező-értékelő-metaadatoló kapacitás. Legyen szó természeti mikroörökségről (egy kultúrtáj, mikrorégió vagy településkörzet fokozatosan alakuló domborzata, vizei, növényei, állatai, gombái által jelentett kutatói feladatokról, például a klímaváltozás miatt megjelenő invazív állat- és növényfajok monitorozásáról és megfékezéséről) a múlt és a jelen épített, szellemi és tárgyi mikroörökségéről, a Sehol szigetének Oltóira emlékeztető módon óriási mennyiségű az ellátandó feladattömeg.

## 2. Globális és civilizációs kihívások

■ Salamon Házának célja Baconnál „az okok és a dolgok mozgásának és a természet belső tulajdonságainak megismerése, valamint az emberi hatalom határainak kiszélesítése, hogy minden lehető dolgot véghezvihessünk”.<sup>21</sup>

„Minden lehető dolog” véghezvitele: olyan civilizációs misszió, amelyben mindenkire szükség van. Ha küzdelemnek fogjuk fel (a túlélésért, a fenntarthatóságért vagy a világrűrbe való kilépésért), akkor ennek a harcnak rettenetes mennyiségű frontvonala van. Nem véletlen, hogy az eddigi legsikeresebb állampolgári tudományprojektek javarészt környezeti-ökológiai és csillagászati területen futottak. A pandémia idején elég, ha egyetlen konkrét példát említek. Az emberi társadalomnak és a természeti környezetnek a klímaváltozás, az urbanizációs nyomás és a természetpusztítás miatt megváltozó határai a zoonózis, az állatról emberre terjedő kórokozók geográfiájának megváltozását eredményezi. A világijárványok megelőzésének egyetlen útja, ha valamennyi potenciális vírus leírásra kerül, valamennyi hordozó állatpopulációval, és valamennyi érintkezési mikrotérrel folyamatos megfigyelés alatt áll, hogy szükség esetén azonnal be lehessen avatkozni.<sup>22</sup> De mindehhez globális koordináció és irtózatossá méretű emberi erőforrás szükséges, hogy a Természet Magyarozói közelebb kerüljenek a szintézisekhez.

## 3. A felhalmozott tudományos nyersanyag előfeldolgozása

■ Múzeumok raktáraiban százezerszám állnak a begyűjtött, de fel nem dolgozott nagyobb tárgyak, és milliószám a kisebbek, amelyeket azóta nem vett kézbe senki, mióta polcra vagy ládába kerültek. Ámha egykor kézbe is vették, le is írták, a közben eltelt idő miatt sokszor újra viszonyt kell kialakítani hozzájuk, immár frissebb szemmel és adekvátabb háttértudások birtokában.<sup>23</sup> Kézirattárakban sok millió oldalnyi naplófeljegyzés, levél, dokumentum reméli, hogy végre kutatási nyersanyaggá lesz – például a kislabizálást követő egyszerű átírással, ami folyóírásból elektronikusan szerkeszthető és megosztható dokumentumot formál.<sup>24</sup> Űrtávcsőképek, műholdképek és régi fényképek milliói várják, hogy osztályozzák őket, metaadatolják, minőséget javítsanak rajtuk, színezzék, összeves-sék más képekkel, mintázatokat ismerjenek fel rajtuk.

Kognitív inasmunkák, mint Bacon Zsákmányolóié, akármerre nézünk: ám nem lélekölő, monoton tevékenységek, hanem izgalmas és a hasznosság tudatában végezhető szellemi erőpróbák.

#### **4. Digitalizálás, nyomvonalvágás, újrendezés**

■ „Kialakul egy új mesterség – írta 1945-ben az internet egyik korai prófétája, Vannevar Bush<sup>25</sup> – a nyomvonalvágó. Az az ember, aki örömét leli abban, hogy hasznos nyomvonalkat készít a közös nyomvonalak sűrűjében. A nyomvonalvágó mester hagyatéka nem pusztán hozzájárulás lesz a világ feltérképezéséhez, követői számára az egész építményt megtestesíti majd. A tudomány ily módon utakat nyithat a faj krónikájának megteremtéséhez, tárolásához és eléréséhez.”

Bush a nyomvonalvágás (trailblazing) alatt már meglévő, tárgyiasított tudásobjektumok között létrehozott kapcsolatot értett. S belátható, hogy amilyen ütemben az emberiség kultúrkinccse digitális formában egy osztatlan hipermediális tudástér részévé válik, úgy nő az igény a tudáselemek közti kapcsolatok létesítésére és az ismeretek különböző osztályaiban összetartozó elemek keresésére. Gondoljunk csak arra, hogy évtizedes tetszhalálukból régi folyóiratok immár digitalizált példányai csak akkor élednek fel, ha újra akadnak kutatói kérdésekkel rendelkezők, akik újraolvassák az oldalait. A szöfelismerés és a kulcsszavas keresés a nyomvonalvágáshoz és a tisztításhoz, a tudáselemek szakadatlan újrendezéséhez és újraszervezéséhez nem elég: a jelentésműveletek és a jelentésműveletekhez szükséges háttértudások felépítése nem algoritmizálható és gépesíthető, mindig emberi elméket, baconi kis Kompilátorokat igényel, és egyre növekvő számban.

#### **5. Introspektív és empirikus generáció-önismeret**

■ „Legmélyebb félelmünk nem abból fakad, ha valamihez nem vagyunk elég jók, hanem abból, hogy elképesztő hatalmunk van. A saját fényünk, és nem a sötétségünk rettent meg minket. Ki vagyok én, hogy briliánsnak, ragyogónak, tehetségesnek, mesésnek tartsam magam? De hát miért is ne lehetnék pontosan ilyen?”<sup>26</sup> Marianne Williamson kérdése telibe találja a tudománytermelő óriásgép diákszereplőit, valamennyi korosztályt. Digitális bennszülöttként, sok-sok készség birtokában módfelett magabiztosan kellene mozogniuk az online ökoszisztémában, de ez koránt sincs így. A pszichoszociális „érés” is kitolódik időben, a korosztály tele van önértékelési zavarokkal, szülő-gyermek és kortárs csoport-konfliktusokkal, ráadásul a társadalom és az iskola is lassan szabadul meg a paternalista reflexeitől. Mindeközben a szubkultúrák, az életmód, a tartalomfogyasztás néhány évenként újraírja magát, s mindezt képtelen követni az ifjúságszociológia és a korosztályal foglalkozó társadalomtudomány. Ki más lehetne a megoldásban partner, mint maga az érintett korosztály, amelynek számára egy realisabb, elérhetőbb, megalapozottabb generáció-, csoport- és énkép sarkalatos jelentőségű, és nemcsak a strukturált adattermelés aprómunkájában, hanem a feldolgozásban-értelmezésben-validálásban is segíthet?

#### **6. A felszabaduló életidő teleológiája**

■ A javarészt a mesterséges intelligencia és a robotizáció előretörése miatt megszűnő munkahelyek és az emberi élőmunkaigény csökkenésének következményeit latolgató irodalom egyik legpusztítóbb közhelye, hogy amennyiben (például feltétel nélküli alapjövedelemmel) a megélhetés biztosított, akkor a felszabaduló életidő nem kreativitásra és innovációra ösztönöz, hanem unalomba, értelmetlenségbe, talmi élményhajhászásba és önpusztításba fordul. Még véletlenül se önfeljesztésbe, közösségteremtésbe, segítségbe, alkotásba vagy értékteremtésbe. S ha a világot felfedező gyermeki elme az iskolarendszeren keresztül egyszer élete részévé teszi a szerethető és kihívásteli, mindennapi tudományművelést, akkor felnőttté válva vajon miért is hagyná abba? A feladatok nem fogy-

nak el, sőt szaporodnak, bárki az óriásgépezet része maradhat, megszülvén az *élet hosszigtartó kutatás* (lifelong research) világát.<sup>27</sup> S amikor előbb-utóbb kifut az utolsó generáció, amelyre ez még nem volt igaz, onnantól kezdve már minden korárbibinál nagyobb kaptár-ról beszélünk: a Föld Űrhajó valamennyi lakosa válhat részesévé és állandó szereplőjévé annak a kollektív kalandnak, amelyet a világ tudományos megismerésének nevezünk.

## ■ JEGYZETEK

- Francis Bacon: *Új Atlantisz*. (Ford. és gondozta: Bodor András) Kriterion, Buk., 1976. 37.
- I. m. 36.
- Morus Tamás: *Utópia*. (Ford. és gondozta: Kardos Tibor) Kriterion, Buk., 1974. 125.
- Bacon: i. m. 101–103.
- A mentorprogramok közül talán legismertebb a Kutató Diákok Mozgalma <https://www.kutdiak.hu/hu>.
- Az óriásgép metaforát Lewis Mumfordnak köszönhetjük, aki a technológiai innováció méltó párjának tartja a korai kultúrák emberekből álló, szervezett nagyrendszereit, afféle „láthatatlan gépként”. Amikor kollektív vállalkozások szolgálatába áll, „munkagépek” látjuk, amikor a kollektív erőszakába, „hadigépek”. A tudományos óriásközösség ezek szerint „megismerő, tudástermelő és problémamegoldó gép” volna. Lásd Lewis Mumford: *Az óriásgép tervezete*. In: Uő: *A gép mítosza*. Európa Könyvkiadó, Bp., 1986. 45–64.
- A tudomány nemcsak aggregálja és akkumulálja saját kimeneteit, hanem minden, a megismerésben elért eredmény révén fokozatosan hízalja azt a gömböt is, ami egyre nagyobb felületen érintkezik a még nem megoldott, de problémaként alakot öltő kérdések univerzumával. A tudományunk ezt a táguló természetét Simonyi Károly fizikus elhíresült hasonlata nyomán szokták „Simonyi gömbjével” is illusztrálni, ám azt ritkábban teszik hozzá, hogy a megismerésre váró kérdések számának növekedéséből a tudástermelésbe bevontak számának is szükségszerűen (és legalábbis arányosan) növekednie kell.
- Alex Mesoudi: *Variable Cultural Acquisition Costs Constrain Cumulative Cultural Evolution*. PLoS ONE 6(3): e18239. 1–10. Megjegyzésre érdemes, hogy a „kaptártudat” globális kontextusban nem más, mint a „világagy”-metafora egy variációja. És ezt a metaforát nem H. G. Wells 1937-es *Világagy (World Brain)* című kötetének köszönhetjük, hanem a különleges képzeletőrről megáldott tudós-felfedezőnek, Nikola Teslának: „az egész Föld egyetlen hatalmas aggyá alakul majd, amely mintha minden egyes részével képes volna válaszokat adni. Ahogy akár egy mindössze száz lóerős üzem segítségével is eszközök millióiit kelthetjük életre, egy ugyanilyen, szinte végtelen munkaképességű rendszert hozhatunk létre, amely hihetetlen mértékű segítséget ad az intelligenciatesztelési megsozszorozásának és átvitelének.” Nikola Tesla: *The transmission of electrical energy without wires*. Electrical World and Engineer, March 5, 1904. <http://www.tfcbooks.com/tesla/1904-03-05.htm>
- Mesoudi arra is felfigyel, hogy a korábban felhalmozott tudás áttekintési és feldolgozási igénye lelassítja az innovációt és a műszaki haladást, egyre nő a jelentős felfedezéseket tevők átlagéletkora. Eközben a nagy tudású technológiák mindennapivá válnak és a szakosodás eredményeként egyre több részterületen nincs már szükség a technológiához és a mögötte álló tudományos ismeretekhez kapcsolódó kontextuális-kauzális tudásokra – azok hiánya csak akkor válik látványossá, amikor használoik alkalmazkodási kényszerbe kerülnek, mondjuk a környezet váratlan és gyors változásai miatt.
- Dan Warner, a Clemsn University kutatójának elhíresült mondása.
- Bernard Cornu: *Collective intelligence and capacity building in a networked society*. In: Tom J. van Weert (ed.): *Education and the knowledge society: information technology supporting human development*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004. 27–34.
- Minderről részletesebben lásd Z. Karvalics László: *Két kontrollforradalom között: az információs társadalom közoktatásának körvonalai I-II*. Oktatás-Informatika 2009. 2. sz. 2–16. és 2010. 1–2 sz. 2–13.
- Ezt sokoldalúan körbejáróm az alábbi tanulmányban: Z. Karvalics László: *A tudományművelés és a tudományokban való jártasság mint emberi jog. Egy arkhimédészi pont azonosítása*. Acta Humana 2019. 3. sz. 119–135.
- Réti Mónika – Varga Attila: *Új tendenciák a fenntarthatóságra nevelésben. Avagy miért kellene egy tininek megmentenie a Földet?* Új Pedagógiai Szemle 2008. 10. sz. 22–23.
- A bekezdés forrása Alison Gopnik: *Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications* című tanulmánya (Science, 28 September, 2012, Vol. 337, Issue 6102, pp. 1623–1627. DOI: 10.1126/science.1223416), ismertetésébe egy kiváló hazai recenzio számos fordulatát vettem át: *Mindenki tudósnak születik*. Index 2012. október 2., kedd 16:26 [http://index.hu/tudomany/2012/10/02/mindenki\\_tudosnak\\_szuiletik](http://index.hu/tudomany/2012/10/02/mindenki_tudosnak_szuiletik). A felismerésekből a magyarra „gyerekfilozófiának” fordított „critical thinking” formált pedagógiai gyakorlatot.
- Craig A. Mertler: *Action Research: Teachers as Researchers in the Classroom*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2006.
- A különbséget New York Citynek a Columbia Egyetem Summer Research Programjában részt vevő középiskolai tanárokhoz tartozó diákok teljesítményében mérték. Lásd Samuel C. Silverstein et al: *Teachers' Participation in Research Programs Improves Their Students' Achievement in Science*. Science 16 October, 2009, Vol. 326, Issue 5951, pp. 440–442. DOI: 10.1126/science.1177344.
- Cave Ágnes: *Kognitív inasság*. Educatio 2012. 4. sz. 646 – 650.
- Idézi Szörényi László Mátyas királyról szóló emlékezésében (MTA Közgyűlése, 2008. május 5.) [http://www.iti.mta.hu/Szorenyi\\_Matyas\\_2008.doc](http://www.iti.mta.hu/Szorenyi_Matyas_2008.doc). Az eredeti befejezés így hangzik: „ezáltal oly politikai tőkére tettünk szert, melynek keletét legörömestebb ismeri el a művelt külföld. És ím, ez a honszeretet a tudományban.”



20. A kulturális mikroörökség fogalmáról lásd Z. Karvalics László: *Élet a cipősdobozon túl, avagy ki őrzi a kulturális mikroörökséget?* 1. Liget 2019. 5. sz. 5–62. és a következő hét folytatást. A sorozat befejező darabja: *Reicher mester péksüteményei, avagy a kulturális mikroörökség hősei.* Liget 2020. 2 sz. 27–43. Valamennyi rész elérhető a Liget c. folyóirat honlapján.

21. Bacon: i. m. 87.

22. Ezt a kihívást foglalja össze a Dan Brooks által népszerűsített DAMA protokoll (Document – Assess – Monitor – Act). Leírását lásd <https://www.okologia.mta.hu/node/13098>.

23. Csak egyetlen példa. Kisujnyi méretű, kőből készült mezopotámiai pecsétbongerből körülbelül öt- és hat-ezer közül került ez idáig elő, és ez a mennyiség még épp lehetővé teszi, hogy egyetlen kutató, Niederreiter Zoltán végezze az adatbázisbázisba szervezés aprómunkáját (állandó utazással az őrzési helyszínekre, hatalmas kutatói életidőt igényelve). De az íráselzménynek számító kis agyag számolókövecskékből (tokenekből) tíz- és százazres nagyságrendben kerültek elő az egykori ásatásokon darabok: mindaz, amit szerepükről tudunk, ezek töredékének vizsgálatán alapul.

24. A 2010-ben indult Transcribe Bentham Project részeként egyedül az utilitarianizmus atyjának, Jeremy Benthamnek (1748–1832) a kézirat leadásának pillanatában kb. 25 ezer oldalnyi, kiadatlan kéziratát sikerült már önkéntesekkel átírni, a feldolgozásra váró összallomány majdnem felét. Lásd <https://www.ucl.ac.uk/bentham-project/transcribe-bentham>.

25. *Út az új gondolkodás felé (Ahogy gondolkodhatnánk).* A legendás 1945-ös publikáció magyar fordítása: <https://artpool.hu/hypermedia/bush.html>.

26. <https://www.goodreads.com/quotes/928-our-deepest-fear-is-not-that-we-are-inadequate-our>

27. Minderről legutóbb Z. Karvalics László: *Students doing and producing science. The missing last mile in digital science pedagogy.* Opus et Educatio 2019. 4. 414–425.

