



”

Fizikus vagyok,  
törvényekben  
gondolkodom



SZÖVEG –  
SZÁM KATI

KÉP –  
EMMER LÁSZLÓ

SOROZAT –  
KÉPMÁS

# A tudós felelőssége, hogyan tisztán kommunikáljon

A világhírű magyar hálózatkutatóval beszélgettem. Kivételesen nem is szeretném terjedelmes bevezetővel hosszabbítani az alábbi szöveget, szerintem interjúalanyom sem lenne híve ennek. Jöjjenek velünk egy délutáni beszélgetésre, **Barabási Albert-Lászlóval!**

◆ – Amikor időpontot kerestünk, katonás napirendbe láttam bele egy pillanatra. A legjobban az tetszett, hogy „kettő után szoktam találkozni emberekkel”. Ez a szigorú időbeosztás elsősorban nyilván a hatékony munka miatt fontos. Emellett a privát életedre is jótékony hatással van?

– A legtöbb dolgomat próbálok úgy szervezni, hogy a struktúra megadja a szükséges irányt. Az egészség például nagymértékben azon múlik, mit eszel és mennyit mozgatsz. Szeretek gyalogolni, ezért nincs autóm, és úgy rendeztem be az életemet, hogy minden-hova gyalog menjek, ez nekem a sport, edzőterembe nem járok. Bostonban egyórányira lakom a munkahelyemtől, mindennap gyalog megyek be. Azt gondoljuk, hogy nem helyes minden-hová autóval járni, ezért nincs autóm. Biciklit használunk, ha nagyon muszáj, taxit vagy a közösségi autót, azzal mentünk vakációzni is. Vagy például úgy érezzük, hogy káros a televízió, ezért nincs televízióm. A legjobb ösztönző az, ha megteremtjük azokat kereteket, amelybe nem férnek bele azok a dolgok, amelyekről azt gondoljuk, hogy nem egészségesek.

– **Gyaloglás közben csak nézed a világot, vagy az aktuális projekteken gondolkodsz?**

– Telefonálok. Általában ilyenkor hívom édesanyámat Erdélyben, a barátaimat, és néha szakmai megbeszéléseket intézek.

– **Édesanyádnak szoktál beszélni a kutatásaidról?**

– Néha látja a Facebookon és rákérdez, hogy ezt jól értet-e, de egyébként ritkán.

– **Van annak objektív mutatója, mikor érdemes eleget tenni egy meghívásnak, odautazni egy tárgyalásra?**

– Olyan 15 évvel ezelőtt éreztem először, hogy túl sok felkérés érkezik, és nincs elég időm a teljesítésükre. Akkor az volt az újról fogadalmam, hogy csak akkor vállalok el ilyen feladatot, ha úgy látom, hogy valaki még öt év múlva emlékezni fog rá.

– **Szerinted melyik pillanat volt életed legnagyobb villanása? Ami talán nem feltétlenül a legnagyobb sikert hozta neked, de a legnagyobb változást hozta a világnak?**

– Amikor New York Cityben ráéreztem, hogy hálózatokkal kell foglalkozni. Akkor még nem értettem, csak éreztem, hogy ez határozza meg majd a következő 25 évet, sőt, talán a következő 250 évet is. Akkor a hálózati gondolkodás sem a tudományos kánonban, sem a közbeszédben nem volt jelen, ha rákerestél a network szóra, csak a televíziós csatorna jelent meg. Az, hogy akkor mindent félretettem, és ezzel kezdtem foglalkozni, a legnagyobb döntés volt az életemben, ennek köszönhető az azt követő felfedezések is.

– **Döntöttél, és másnap nekikezdtél? Vagy akkor már hobbiként régóta kacérkodtál a hálózatokkal?**

– 1994-ben jött az ötlet, de csak '99-ben, öt évvel később született erről az első ismert publikációm. Akkor a laborom minden mással foglalkozott, főképp anyagtudománnyal. 1999-ben beszéltem a laboromban, és azt mondtam, holnapott itt nincs anyagtudomány. A környezetem nem értette, főleg azt nem, hogy odáig is elmentem, hogy akik nem akarták az új témát támogatni, azoknak visszaküldtem a támogatási pénzeket, pedig nagyon nehéz volt akkor is támogatást kapni.

– **És akkor egy fizikusból megszületett a hálózatkutató és maga a hálózatkutatás, amelynek ma tanszéke van...**

– Láttam, hogy bármi, amit fel tudok mutatni az anyagtudomány területén, messze eltörlődött mellett, amit a hálózatkutatás területén egyszer talán felmutathatok. De a mai napig alapvetően fizikus vagyok, és a fizika tanszékeken is dolgozom.

– **A hálózatkutatás hihetetlenül sokféle tudományág eszköztárát forradalmasítja a fizikától, matematikától kezdve az informatikán, a történelmen, a gazdaságtudományon, biológián át a szociológiáig. És te mind-egyikbe bele is vágysz. Az viszont nem jellemző rád, hogy túl sokáig ott ragadnál egy-egy területen...**

– Sokan mondják, hogy az udvarlás, a még be nem teljesült kapcsolat a legizgalmasabb. A tudományban tényleg így van. Minél többet tudok egy témáról, annál kevésbé vagyok rá kíváncsi, és annál kevésbé vagyok kreatív. Ezért öt-hat évenként elég drasztikusan témát váltunk. Ez azt is jelenti, hogy teljesen abba hagyjuk, amit korábban csináltunk, hogy legyen energia az új témára. Egy-egy ilyen váltás teljesen átalakítja a laborunk tagságát is. Például a „Villanások” című könyvem témája az emberi mozgás volt, most viszont már senki nincs a laborban, aki ezzel foglalkozik. Oktatási intézetben dolgozom, akik nálam vannak, tanulni és képezni jönnek, vagyis, ha témát változtatok, a régiekkel befejezem, amit elkezdünk, de az újakat már az új kutatási területre irányítom.

– **Olyan könnyű elengedni egy nagy felismerés után egy kutatást?**

– Bár a tudomány kumulatív, a kérdésfelvetés nagyon sokat számít. Ezért nagyon fontos szerepet játszik egy-egy területen az, aki a paradigmát megfogalmazza, és bár rengetegen foglalkoznak például ma is relativitáselmélettel, mégis mindenkinek Einstein jut eszébe, aki az első, meghatározó lökést adta a témának. Szeretnék szabadulni attól a gondolattól, hogy én mindenhol jelen kell, hogy legyenek, és ezt az elengedéssel lehet a legjobban elérni.

– **A kutatásaid alapja az a feltételezés, hogy a világ különböző egységei és területei végső soron hasonló mozgás, rendszer, hálózat szerint épülnek fel. Honnan ez a meggyőződés?**

– Fizikus vagyok, törvényekben gondolkodom. Hiszek abban, hogy ez a pohár ugyanazért esik le, itt, mint nálad, otthon, vagy amiért a Hold nem hagyja el a Földet. A fizikában hatalmas empirikus tapasztalatra épül az a meggyőződés, hogy törvények irányítják a világot.





**– De hogy az emberi kapcsolatokat is ugyanezek a törvények irányítják, az merész ötletnek tűnik...**

– Nem egészen. Newton után Descartes és mások kiépítették azt a filozófiát, hogy az egész világ determinált, és meg lehet mindent jósolni atomokból. Ebben tévedtek, de épp ez az izgalmas kérdés, hogy miért is nem lehet kvantummechanikából emberi viselkedést jósolni. Látjuk, hogy vannak különböző szerveződési szintek, és nagyon nehéz az egyik szintről a másikra átlépni. Lehet persze atomokat használni, hogy megértsük a molekuláris szerveződéseket; molekulákat használni, hogy megértsük a kémiai reakciókat; lehet kémiai reakciók segítségével megérteni a metabolizmust; a metabolikus hálót arra használni, hogy megértsük a sejt viselkedését; a sejtről gondolkozva pedig eljuthatunk az élővilágig és onnan, több további lépcsőn keresztül a társadalomig. Amit nem lehet, az az, hogy kvantummechanikával társadalmi

kérdéseket feszegezzünk. A szerveződési szinteket már nem lehet átlépni. Minél elemibb szinten vagyunk, annál pontosabban működnek a törvények, de minél magasabb szintre megyünk, annál nagyobb a véletlen szerepe. A társadalmi szinten már annyira zajosak a törvényszerűségek, hogy hajlamosak vagyunk azok létezését megkérdőjelezni.

**– Erről a „Villanások” meglepő történelmi szála jut eszembe, amivel kicsit be is ugratod az olvasót. A történelem azért ilyen fontos számodra, mert édesapád történész?**

– Kisebbségi erdélyiként létkérdés volt számunkra a történelem. Nem iskolai tantárgyként tekintettünk rá, mert a tantárgy Románia történelme volt, a magyar történelemhez érzelmi szálak kötöttek. Ez a tiltott jellege meg jobban felértékelte.





## **Meg szabad-e állítani a rákgyógyítást azért, mert a kemoterápia mögötti tudományból atombomba is készülhet?**

**– A „Villanások” végén olyasmit írsz, hogy sok évig írtad ezt a könyvet, és annak ellenére elkészült, hogy volt egy biciklibaleseted, megszülettek a gyerekeid. A magánélet és a munka ennyre egymás ellenfelei?**

– Senkinek sincs több mint 24 órája. Viszont én sem tudok 24 órán keresztül dolgozni, de 24 órán át családi ügyekkel sem tudnék foglalkozni. Kell az életben a diverzitás, ami egyrészt megjelenik a kapcsolatok minőségében és mennyiségében. Másrészt abban is, hogy meghatározott ideig tudok egy témában maradni, és ha nem váltok, kisül az agyam. Ha ez munka közben történik, a legjobb, ha vacsorázunk egyet, dumálunk valami másról, aztán reggel majd azon kapom magam, hogy újra elkezdek foglalkozni azzal, amin előtte kisült az agyam.

**– Az el szokott hangzani nálatok, hogy „most család van”, ez most vakáció, nem kutatás? Most például nyaralásról jöttetek.**

– Persze. Viszont vakáció alatt a család 10-11-kor kel, én meg olyankor is hatkor, vagyis minden reggel van négy-öt órám. Csendben becsukom magam mögött az ajtót, és mire felébrednek, már úgy érzem, hogy valamit elértem aznap.

**– Használod a könyvedben a Gondviselés szót, bár kis kezdőbetűvel. Foglalkoztat az, hogy a világ teremtett világ-e, vagy pedig csak úgy létrejött?**

– Alapvetően kutató vagyok, és az adatokat szeretem nézni. A vallás viszont az egyén belső világáról és egyensúlyáról szól, nagyon fontos szerepe lehet annak megőrzésében, és lehet egy fontos társadalmi szervező erő is -- az erdélyi magyar közösségekben is létfontosságú,

kultúra mentő szerepe volt a kommunizmusban. A világ megértéséhez ugyanakkor nem feltétlenül van szükség egy teremtésmítoszra. A nejem teológus, és neki köszönhetően értettem meg, hogy az a kép, ami Erdélyben és talán Magyarországon is belénk ivódott az egyházzól, vallásról, mennyire szűk, és mennyivel gazdagabb lehet a vallásos élmény, és valójában mennyire szofisztikált a hit fogalma. A szeretettel egészen biztosan szoros kapcsolatban van, és ha így nézem, akkor ebben az értelemben vallásos vagyok.

**– A tudósok örök dilemmája, hogy mennyiben felelősek felfedezéseik későbbi alkalmazásáért. Te mit gondolsz erről?**

– Minden tudományos eredménynek vannak negatív és vannak pozitív következményei. Vajon meg szabad-e állítani a rákgyógyítást azért, mert a kemoterápia mögötti tudományból atombomba is készülhet? Nem szabad. Mert a fejlődést nem a zsenik viszik előre, hanem azért történik meg egy-egy felfedezés, mert eljön az ideje. Ha én elhallgatom, más megteszi helyettem. Gravitáció Newton előtt is létezett, ha ő nem ír róla, valaki más felfedezte volna. Emellett a tudósoknak van egy óriási felelőssége: az, hogy tisztán kommunikáljon, ne tartsa titokban a tényeket, nyilvánossá tegye, és ahol szükséges, felhívja a társadalom figyelmét a negatív hatásokra. De hogy a társadalom erre hogyan reagál, az sokszor a társadalmi kontextustól és a politikától függ. A Covid-járvány alatt láttuk, hogy egyes országokban a tudósoknak milyen kevés befolyása van a döntéshozókra. Tanácsot adhatunk, de a vezetéstől függ, hogy a politikusok hajlandók-e meghallgatni és lépni a megfelelő irányba. Viszont a demokráciában megvannak a játékszabályok arra, hogyan lehet az információt eljuttatni a társadalomhoz. Kötelességünk ebben a folyamatban részt venni.

**– Ebben a hálózatkutatás is sokat segíthet, hiszen vannak kutatásaitok, amelyek épp az információ terjedésével foglalkoznak.**

– Pontosan, és láthatjuk, hogy vannak olyan országok – például Új-Zélandot, sok európai országot, köztük Magyarországot is ideszámíthatjuk –, akik hallgatnak a tudósokra, azt tették, amit kellett, és ennek köszönhetően most (augusztusban) Magyarországon maszk nélkül beszélgethetünk. Nagyon remélem, hogy ez novemberben is így lesz. De Amerikában most személyesen nem találkozhatnánk, mert az Egyesült Államok és Brazília teljesen ignorálta a vírussal kapcsolatos tudományos konszenzust.



**Az egyik legnagyobb**

**tragédiája**

**a kommunizmusnak,**

**hogyan megzavarta**

**a morális iránytűnket**

**– A legújabb kutatási irányod az egészséghez, a táplálkozáshoz kapcsolódik. A járványok vizsgálata vitt erre a területre?**

– Ó, nem, már régóta foglalkozom ezzel, az egyik állásom a Harvard orvostudományi tanszékén van, ahol tizenvá-lahány éve próbálunk gyógyszereket fejleszteni a hálózat-kutatás módszereivel. Ebből nőtt ki a táplálkozáskutatás. Kénytelen voltam felismerni, hogy mindaz, amit csinálunk, a genetikára épít, ugyanakkor a genetika csupán 10-20 százalékos jóslhatóságot nyújt nekünk. Vagyis, ha ismerem a teljes géntérképedet, durván 10-20 százalékkal eséllyel jóslhatom meg, hogy lesz-e szívbetegséged. Hol van akkor a hiányzó 80-90 százalék? A környezeti hatásokban. A mozgásban, a levegőminőségben, és legnagyobb részben a táplálkozásban. Így elkezdtünk azzal foglalkozni, hogyan lehetne megfigyelni az étkezés hatását a molekuláris hálókra, és kiderült, hogy ez egy hatalmas feltárandó terület, mert fogalmunk sincs, milyen molekulák vannak az ételünkben, eltekintve 100–120 molekulától – ezek főként vitaminok, zsírok –, amelyekkel jelenleg a nutrícia, a táplálkozástudomány foglalkozik.

**– Ezen a területen komoly üzleti érdekek diktálnak.**

– Igazából nem is ez a legnagyobb nehézség, hanem az, hogy az egész nutríciós tudományra még a 19. századi metódusok jellemzőek, megdöbbentően naiv statisztikai eszközökkel dolgoznak, a Big Data fogalma egyáltalán nem jelent meg. Ezért a laborban hatalmas energiákat fordítunk az adatok begyűjtésére, az ételmolekulák feltérképezésére, és a köztük levő kölcsönhatásokra. Olyan sok a mi eszköztárunkkal megközelíthető és ma még megoldatlan probléma, hogy ez számomra egy nyugdíjig eltartó projektnek ígérkezik.

**– Amikor egy-egy kutatási részeredményből konkrét táplálkozási javaslatokra lehet következtetni, akkor te azonnal használod is a családotod életében? Például most házi bodzaszörpöt kortyolgatsz, mert esetleg fontos molekulákra bukkantatok a bodzában?**

– A bodzában és minden növényi eredetű táplálékban rengeteg hasznos anyag van, de a túl kevés belőle nem használ, a túl sok megárt. Pont az az egyik nagy baj a nutríciaóval, hogy azt a mágikus kémiai anyagot keresi, a csodapirulát, a szuperételt, amelyik fiatalon tart és okossá tesz. De nem erről szól ez az egész, hanem a dolgok egyensúlyáról. Hogy ez mit is jelent tulajdonképpen, azt öt évente újragondolja a tudomány. Tíz évvel ezelőtt a zsírokat szerettük volna kiiktatni, most egyre inkább nyilvánvaló, hogy nincs a zsírokkal nagy baj, az a kérdés, mit eszel mellette. A mai napig hiszünk abban, hogy a húst, az állati eredetű élelmiszereket érdemes kerülni, viszont az elmúlt két-három évben egyre több jel arra utal, hogy ezek a káros hatások nagymértékben a feldolgozott és tartósított, avagy processzált termékekhez kötődnek. Most épp azt látjuk az egyik nagy problémának, hogy a világ kalória-fogyasztásának 70 százaléka processzált táplálékból áll. Ezeknek a kémiai egyensúlya el van tolódva a természetes ételhez képest, és valószínű, hogy ezek az eltolódások felelősek olyan egészségügyi problémákért, mint például az elhízás vagy a szívbetegség. Michael Pollan hozzáállását szoktam követni, aki szerint sok élelmiszer, amelyet szupermarketben, gyorsétteremben és étteremben vásárolunk, valójában nem étel. Az ő határsára a nejem azt szokta mondani, hogy „minden jó, amit a nagymamám felismert volna, mint ételt”, amit nem, azt kerüljük el.

**– Október elején kiállításod is nyílik a Ludwig Múzeumban „Rejtett mintázatok” címmel. Van ennek köze ahhoz, hogy egy időben szobrásznak készültél?**

– Merem hinni, hogy van köze hozzá, de több is annál. Én általában három nyelven kommunikálok, kettő ismert: a tudomány nyelve – képletek, szakcikkek, algoritmusok – és az ismeretterjesztés nyelve – ezek könyvek és előadások. De számomra épp annyira fontos a vizuális nyelv is. 1995-ben született az első vizualizáció a hálózatokról, és az elmúlt 25 évben rengeteg dolgoztunk azon, hogy megteremtjük a hálózatok vizuális szótárát. Az utóbbi 10 évben múzeumok és rangos galériák kezdték kiállítani ezeket a munkákat. A kiállítás végigköveti a hálózatok vizuális nyelvének a kialakulását. Rengeteg ábra és szobor készült,

és mindegyiknek izgalmas tartalma van. A Notre Dame Egyetemen, Amerikában, miközben fizikát tanítottam, művészeti kurzusokat hallgattam. Belopta magát a tudományos ábrázolásainkba az esztétikum és a művészi látásmód, ezt próbáljuk most áttekinteni a Ludwig Múzeummal, majd folytatjuk egy jelentős német múzeumban, a karlsruhei ZKM-ben.

**– És ezzel el is érkezünk a szellemi területek közti falak átlépéséhez. Nemcsak a természet- és társadalomtudományok, hanem a művészet és a tudomány közötti átjárás is evidencia, köszönhetően ismét a hálózatkutatásnak. Vagy a te személyiségednek?**

– Ezek a falak mindig is mesterségesek voltak. Én egy dolgot csinálok: meg akarom érteni a komplex rendszereket. A nyelvek, a szimbólumrendszerek és kifejezés módok csak eszközök ebben. Mindig is rajzokkal, grafikonokkal, vizuális modellekkel magyaráztuk a rendszerek működését, és a vizualizációk nemcsak illusztrációk, hanem szerves részei a felfedezés folyamatának, segítenek új ötletek megfogalmazásában, új irányokban. A megértés modellalkotás a világról. Én például az egyetemet úgy végeztem el, hogy nem jártam kurzusokra, sem Bukarestben, sem Budapesten, sem Bostonban. Nem azért, mert nem tartottam fontosnak az előadásokat, hanem mert nincs auditív memóriám, csak vizuális. Hiába ültem be egy kurzusra, a végére semmire sem emlékeztem. Megnéztem a jegyzetet, vettem öt könyvet a témában, és összeraktam. A mai napig rajzokkal kommunikálok a laborban is.

**– Csodagyerek voltál?**

– Fel sem merült. Minden szülőnek zseni a gyereke, én sem voltam ennél több. Persze, mint sok kutató, elég introvertált voltam...

**– Az előadásaid nem erről árulkodnak.**

– Az egy tanult extrovertáció, 24–28 éves korom között építettem fel a kommunikációs és kapcsolatteremtő képességem.

**– Ennek fontos eleme a humor...**

– Igen, de nagyon megtanultam, hogy a humor nem fordítható le, nagyon meghatározza a kulturális közeg. Klasszikus példám erre Erdős Pál matematikushoz kötődik. A Notre Dame Egyetemen professzor volt a hatvanas években, és mikor utólag megkérdezték, mi a véleménye az egyetemről, azt válaszolta, hogy: nagyon izgalmas

hely, de számára túl sok a pluszjel. Magyarországon értelmetlenül ez a kijelentés, az amerikaiak mind tudták, hogy a Notre Dame Amerika legjelentősebb katolikus egyeteme.

**– Beszélgetésünk kezdetén, kettőkor egy órát kaptam tőled, mindjárt három...**

– Igen, háromkor csoportos meeting kezdődik, de még van négy percünk. Szerettem besűriteni, mert így hatkor le tudom zárni a napot, vacsorázunk, és a családdal lehetek. Sőt, az utóbbi időben bevezettük a nejemmel, hogy hatkor megiszunk egy pohár bort, mintegy lezárva a munkanapot. Mert ebben a Covid-világban nehezen választható el a magánszféra a munkától.

**– A feleséged a munkában is társad tud lenni?**

– Inkább emberi dolgokban, amikor konfliktusokat kell megoldani vagy morális kérdéseket mérlegelni. Meghallgatja a dilemmámat, és az erős morális iránytűjében bízhatok. Az egyik legnagyobb tragédiája a kommunizmusnak, hogy megzavarta a morális iránytűnket, ezt újra be kellett állítanunk. Amerikában, tanársegédként szembesültem azzal, hogy a puskázással, amely a kommunizmus alatt szerves része volt a diákéletnek, magunkat csapjuk be. Ha a legkisebb gyanú is terelődik valakire, hogy csal, kicsapják az egyetemről. A legtöbb morális kérdés viszont nem fekete-fehér, hanem a szürke kategóriában van, a mai napig tanulom, hogy bizonyos kultúrákban mikor megy el ez fekete vagy fehér irányba.

**– Ti is adatok alapján tudtok kutatásokat végezni. Mit gondolsz, hiú ábránd az adataink védelme?**

– Úgy tekintek erre, hogy bármi, amit üzenetben vagy számítógépen beírok, lehívok, az egyszer nyilvánossá válhat. Ugyanis akármennyire törvénykezünk, megállíthatatlan folyamat, hogy ezekhez hozzá lehessen férni. Ma az európai és amerikai társadalmi konszenzus az, hogy jogunk van az adatainkhoz, de ez a jog nem akadályozza meg azt, hogy ellophassák, véletlenszerűen megoszthassák vagy esetleg megváltozzon a törvénykezés, és nyilvánosságra kerüljenek.

**– Egy ideális világban senki nem mondana, írna le olyasmit, amit egy közösség előtt nem vállal.**

– Ez az alternatív utópisztikus világ számomra nagyon egészséges lehetne, de morálisan nem vagyunk felnőve ahhoz, hogy a személyes információk nyilvánosak legyenek. ♦