

## A HATÁROK ÁTLÉPÉSE



A HUMÁN TUDOMÁNYOK ALAPKÉRDÉSEI

Az MTA Nyelv- és Irodalomtudományok Osztályának könyvsorozata

Sorozatszerkesztő

*Kertész András*

2.

# A HATÁROK ÁTLÉPÉSE

MÓDSZERTANI ANALÓGIÁK, KÖZÖS PROBLÉMÁK  
ÉS SZEMLÉLETI PÁRHUZAMOK A HUMÁN ÉS  
A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁSBAN  
A BÖLCSÉSZETTUDOMÁNYOKBAN

Szerkesztette

*Tolcsvai Nagy Gábor*

Gondolat Kiadó  
Budapest, 2017

A kötet megjelenését a Magyar Tudományos Akadémia támogatta.



Minden jog fenntartva. Bármilyen másolás, sokszorosítás,  
illetve adatfeldolgozó rendszerben való tárolás  
a kiadó előzetes írásbeli hozzájárulásához van kötve.

© Szerzők, szerkesztő, 2017

*[www.gondolatkiado.hu](http://www.gondolatkiado.hu)*

*[facebook.com/gondolat](https://facebook.com/gondolat)*

A kiadásért felel Bácskai István  
Szöveggondozó Békési Bernadett  
A kötetet tervezte Lipót Éva

ISBN 978 963 693 824 6

ISSN 2560-0885

# Tartalom

Sorozatszerkesztői előszó	7
Előszó	9

## TUDOMÁNY ÉS KOMMUNIKÁCIÓ

Tolcsvai Nagy Gábor Kommunikációelméleti és tudományfilozófiai feszültségek a tudományközi diszkurzusban	13
--	----

## KAOTIKUS DINAMIKA

S. Varga Pál Irodalmi szövegek mint nemlineáris rendszerek modelljei [A társadalomtudományok számára] „a káoszelmélet szerepe csupán az inspiráció lehet, magyarázatként nem szolgálhat”	43
Fokasz Nikosz Rend, kreatív feszültség és innovációk komplex szociális rendszerekben	61

## KÉPISÉG

Pléh Csaba A látvány egészségessége és az izomorfizmus fogalma a pszichológia történetében	93
Nyíri Kristóf A képi reprezentáció a gondolkodás történetében s a képek kognitív szerepe	122

## NATIVIZMUS

Surányi Balázs	
A nyelvi nativizmus határai	145
Szathmáry Eörs	
A nyelv evolúciós eredetének problémája	171

## HÁLÓZATOK

Csermely Péter	
A természetben előforduló hálózatok szerkezetének és átalakulásainak általános vonásai	209
Ritók Zsigmond	
Homéros és a hálózatok	221

## A természetben előforduló hálózatok szerkezetének és átalakulásainak általános vonásai

Az ember egy hálózatképző állat. Erre hadd mondjak el egy tudományos kísérletet,<sup>1</sup> amelyben embereket arra kértek, hogy tíz percre egyedül üljenek be egy szobába. A szobában semmi nem volt. Sem ablak, sem bútor, igazából csak egy gomb állt rendelkezésre, tehát két döntése volt a kísérletben részt vevő személynek: vagy medítál tíz percig, gondolkodik bármin, ami eszébe jut, vagy megnyomja a gombot. Figyelmeztették azonban, ha megnyomja a gombot, azzal fájdalmas áramütést fog mérni magára. Tisztelt Uraim! Mi, férfiak végtelenül butának bizonyultunk ebben a kísérletben, mert a férfiak 67 százaléka inkább fájdalmas áramütések sorozatát mérte magára, semmint hogy tíz percig egyedül gondolkodott volna bármin magában. A hölgyek sokkal racionálisabbak voltak. A hölgyek közül „csak” 25 százalék mért magára fájdalmas ütést, és 75 százalék inkább csendben gondolkodott ez alatt a tíz perc alatt. Tehát kiderült, hogy mindannyian valamiféle ingerre vágyunk, ezen ingernek egy jelentős része az, amikor mások ingerelnek minket.

A továbbiakban a kapcsolatrendszereknek a bonyolult, komplex rendszerek megértésében játszott szerepét fogom körüljárni. Hadd induljak ki abból, hogy száz évvel ezelőtt milyen is volt az emberi gondolkodás. Száz éve a tudományos megismerés arra hegyeződött ki, hogy egy történést előidéző egyetlen okot, illetve egy adott helyzetből következő egyetlen okozatot próbál-

<sup>1</sup> Wilson et al. 2014.

junk kitalálni. Ezzel szemben az élő természet komplex rendszerei esetén nem egy okról és okozatról, hanem száz vagy ezer okról és ugyanannyi okozatról beszélhetünk. Emiatt a 2000-es évek elején (különösen az élettudományok terén) elég nagy zavarodottság támadt a tudományos körökben, hogy akkor tulajdonképpen mi is az ok, és mi is az okozat.

Szükség van tehát olyan eljárásokra, amelyek ki tudnak emelni olyan okot és okozatot, amelyet jelentősnek tudunk tartani a konkrét kontextus szempontjából. Nagyon sok ilyen eszköztár áll rendelkezésre szerencsénkre. Ezen nagy hatású eszközök közül (amelybe beletartoznak az adatbányászati eszközök, a mesterséges intellektus által támogatott eszközök, az emberi együttműködés által kialakítható „számítógépes eljárások”, sok más mellett) csak az egyik a hálózat kutatás.

Miért vált mégis annyira népszerűvé ez a hálózatos elemzés? Mielőtt a választ megadnám, hadd térjek ki arra, hogy mit is értünk hálózatokon. Ahhoz, hogy hálózatként definiáljunk egy komplex rendszert, két dolog szükséges. Először is a hálózatok nódusait kell definiálnunk. Nódusokon a hálózat azon alkotóelemeit értjük, amelyekből ezek a hálózatok felépülnek. Inherensen ilyenkor mindig úgy értjük ezeket a nódusokat, hogy ezek egyformák. Olyasmi hálózatokra gondolunk ilyenkor – noha nem mindig mondjuk ki –, mint a matematikusok a gráfok definíciója esetén, ahol a nódusok pontok, amelyeknek semmilyen egyedi tulajdonságuk nincsen, azaz tökéletesen egyformák. Azért szerencsés ez a „kvázi egyforma” nódusokat definiáló kiindulási alap, mert az emberi gondolkodás kategóriaképző. Magunkról mint „emberekről” beszélünk, noha férfiak vagyunk, nők vagyunk, identitásunk van. A bútorokról mint „bútorokról” beszélünk, noha van köztük szék, asztal és sok minden más egyéb. Tehát van az emberi gondolkodásnak egy olyan alaptulajdonsága, amely ki tud emelni a nagy sokaságból, amely körülveszi őt, olyan dolgokat, amelyeket hasonlónak, „egyformának” tart. Ez a kategóriaképző tulajdonsága ez emberi gondolkodásnak kézenfekvővé teszi azt, hogy komplex rendszerek alkotóelemeit hálózatos nódusként definiáljuk.



Ahhoz, hogy a nódusok összességét hálózatként tudjuk definiálni, még egy dologra szükség van. Ez a nódusok közötti kapcsolatrendszer. Tehát, ha valami rendezett információnk van arról, hogy egy bonyolult rendszer milyen egymáshoz hasonló részekre (nódusokra) osztható fel, és ezek milyen kapcsolatban állnak egymással, akkor a komplex rendszert hálózatként is fel-foghatjuk, és akár elemezhetjük is.

Nem szabad azonban elfelejteni azt, hogy ha egy komplex rendszert hálózatként definiálunk, akkor a rendszert jellemző információk 95 vagy még több százalékát ezzel az elegáns „gondolati mozdulattal” rögtön ki is dobtuk. A rendszert jellemző információk tömegét két lépésben dobtuk ki a kukába akkor, amikor hálózatként tekintünk a rendszerre. Az első információpusztító lépésünk az volt, amikor egyformának gondoltuk a nódusokat, holott nem azok. A második információpusztító lépésünk az volt, amikor bizonyos kapcsolatokat feltételeztünk a nódusok között, holott sok minden más kapcsolat is van közöttük, de ezek nem fértek be abba a definícióba, amellyel az adott hálózat esetén definiáltuk a nódusok közötti kapcsolatok létét, irányát és súlyát.

Az előzőekben tehát a hálózatos módszertárnak a legnagyobb fogyatékoságát ismertettem. A hálózat kutatás nem csodagyógy-szer. Messze nem minden helyzetben juthatunk vele eredmény-re, hiszen nagyon sok esetben előfordul, hogy túl sok mindent dobtunk ki abból az információhalomból, amely a komplex rendszert eredetileg jellemezte, és a megmaradó kevés már nem elég a komplex rendszer viselkedésének a leírására. Einstein erre a tudományos megismerési csapdára figyelmeztetett 1933-ban,<sup>2</sup> amikor rámutatott arra, hogy persze-persze, fontos egyszerűsíteni a rendszert egyfajta Occam borotvája módszerrel, de ennek van egy optimuma. Ha egy komplex rendszer egyszerűsítését túl-hajtottuk ezen az optimumon, akkor ne csodáljuk, hogy nem fogjuk tudni megérteni a rendszer viselkedésének a lényegét.

<sup>2</sup> Einstein 1934.

Ennek ellenére miért mégis olyannyira erőteljes a hálózatos elemzés módszertana? Miért lehet mégis hálózatos elemzéssel annyira sok szép és igaz eredményhez jutni a komplex rendszerek, így például az élő test, a gondolkodás viselkedéséről és tulajdonságairól? Azért, mert amikor „kidobjuk” az információk zömét egy hálózat definiálása során, azt nem „véletlenszerűen” tesszük, hanem az emberi tudás sok-sok évtizedes, évszázados tapasztalatát sűrítjük bele ebbe a folyamatba. Egy rákos sejteket jellemző jelátviteli hálózat esetén, amely például a kutatócsoportom tagjai által elindított sikeres startup cég, a Turbine (<http://turbine.ai>) jelenleg használt változatában sok ezer fehérje és mikro-RNS közötti sok ezer jelátviteli kölcsönhatást tartalmaz, minden egyes kölcsönhatás igazolására sok-sok kutatóév kellett. Egy ilyen méretű hálózat is már az emberiség háttértudásának sok-sok ezer évét tartalmazza. Nem csoda tehát, hogy ekkora tudástömörítéssel készülő gondolati struktúrák a megismerés hatékony eszköztárát alkotják.

A fentiek ismeretében nem meglepő, hogy nagyon sok olyan fontos tulajdonságra derült fény a hálózatos elemzés során, amelyek általánosan jellemzőek a biológiai rendszerek legkisebbjeitől, mondjuk, egy picike fehérjemolekulától elkezdve akár társadalmi méretekig bezárólag.<sup>3</sup> Melyek ezek közül a legfontosabbak?

Az első az általános tulajdonságok közül a kisvilágság. A hálózatos nódusok nagyon jól össze vannak kötve, vagyis egymásból nagyon kevés lépéssel elérhetőek. Miért? Mert ha sok lépésben kellene őket összekötni, elveszne az az információ, amelyet a nódusok között továbbítani kell, hiszen százszázalékos információtovábbítási hatékonyság nincsen. Az általános tulajdonságok közül a második a skálafüggetlenség. Ez egyszerűbben megfogalmazva azt jelenti, hogy a természetes hálózatokban vannak olyan nódusok, amelyeknek sokkal több szomszédjuk van, mint amennyi a szomszédok átlagos száma. Ezeket a nódusokat cso-

<sup>3</sup> Csermely 2005, 2014.

mópontoknak nevezzük. Miért jó az, ha egy hálózat rendelkezik csomópontokkal? Például azért, mert a csomópontok nemcsak gyűjtik, hanem szűrik is az információkat. Ha Önöknek a Facebookon nyolcezer ismerősük lenne, akkor valószínűleg nem minden ismerősüknek lájkolnák a bejegyzéseit, avagy kívánnának boldog születésnapot. Ezzel rögtön szűrnék is azt a kapcsolatrendszert, amellyel rendelkeznek. Bizonyos határokon túl a nódusok kapacitása telítődik. Ez az oka annak, hogy a csomópontok szelektíven szűrik az információkat. A harmadik és negyedik általános hálózatos tulajdonság az, hogy a nódusok csoportokat képeznek, és hierarchiát. Ez a két hálózatos tulajdonság is információszűrő tulajdonsággal bír. Az előzőekben felsorolt általános tulajdonságok révén tehát egy komplex rendszer optimális információáramlást tud felépíteni a rá jellemző hálózatos szerkezetben.

A hálózatszerkezetnek az előzőekben felsorolt általános tulajdonságai sokszor annyira belevésődtek már a tudatunkba, hogy már-már szinte esztétikai kategóriaként is jellemezhetőek. A vakondok ásási rajzán az egyenes járatok hosszának eloszlása pontosan olyan statisztikát követ, mint a földrengések mérete, mint a nyelvészetben a szavak előfordulása stb. stb. Azaz a dolgok előfordulási valószínűségének egy egészen általános szerkezete alakult a minket körülvevő természetes világban. Ezt képezi le az emberi agy is, amely jelentős mértékben egy „valószínűség-előrejelő automata”. A valószínűség fenti általános (skálafüggetlennek hívtott) eloszlása a minket körülvevő képi formákban is megmutatkozik. A természetre a fraktáljelleg, azaz a kicsi méretű formák megfelelő túlsúlya jellemző, ami azért együtt jár a nagy méretű formák ritkább, de észlelhető valószínűségű megjelenésével. Ha egy kép csak egyfajta méretű elemekből épül fel – például lakótelepi blokkházrendszert nézünk, amelynek csak két dimenziója van: a házak és az ablakok –, a legtöbb esetben unalmasnak, rondának tekintjük. Miért? Mert nem jellemzi a képet a fáknak, a felhőknek, a hullámoknak a természetben megszokott széles dimenzióskálája, amely az egészen kicsitől az egészen nagyig terjed. Hogyha a másik végletet nézzük, például

bemegyünk a nagymamánk lakásába, ahol minden mütyürkékel van telezsúfolva, az is idegen és ronda. Miért? Mert a nagymami megint csak egy dimenzióra szűkítette le a lakásának a terét, a mütyürkéek kicsike dimenziójára, és ebben az esetben megint nincs meg az a skála, amely a természetben a legkisebbtől a legnagyobbig arányosan tartalmazza ezeket a dimenziókat. Tehát a fraktáljelleg, a skálafüggetlen eloszlásrendszer az emberi gondolkodás annyira központi kategóriája lett, hogy már-már esztétikai kategóriává is átalakult.<sup>4</sup>

Hadd mutassak be egy példát a zenéből: ha egy Bach-művet redukálunk oly módon, hogy egy reprezentatív mintát veszünk ki, és az eredeti hangoknak csak a felét hagyjuk meg, akkor egy szakértő azt fogja mondani, hogy tulajdonképpen ez egy Bach-mű. Ha csak a 20 százaléka marad meg a reprezentatív mintaként kivett hangokból, egy szakértő azt fogja mondani: valószínű, hogy ez egy Bach-mű, de bizonyára egy fiatal kori alkotás lehet, nem annyira szép, nem annyira kidolgozott, mint az igazi. A redukció egy bizonyos mértéke az eredeti Bach-művet arra a négy alaphangra redukálja, amelyre a mű eredetileg is épült. Ez a példa is azt mutatja, hogy egy inherens statisztika, egy inherens valószínűség van a minket körülvevő természetes és művészi alkotásokban. Ez olyannyira igaz, hogy a minőségi írás ez alapján a statisztika alapján megkülönböztethető a ponyvaregénytől, azaz még akár a szerzőknek az azonosítása is lehetővé válik azzal, hogy nem tudjuk ugyan, ki volt a szerző, de megvizsgáljuk az előforduló szavak és nyelvi szerkezetek formáját, gyakoriságát, és kellően pontos analízis után egészen precízen rá lehet jönni arra, hogy vajon a szerző az volt-e, akinek gondoltuk.<sup>5</sup>

Összefoglalva: a komplex rendszerek általános tulajdonságai a természet egységét mutatják meg. A komplex rendszerek általános jellemzői egy önszerveződő folyamat eredményei. Ennek a megérzése az emberi gondolkodásban egyfajta minőségértékké és egyben egyfajta esztétikai kategóriává is absztrahálódott.

<sup>4</sup> Csermely 2005.

<sup>5</sup> Csermely 2005.

Az előadás második részében a komplex rendszerek adaptációjának néhány általános vonását szeretném felvillantani. Ebben a részben tehát nemcsak a komplex rendszer szerkezetét fogom jellemezni, hanem a működését, a dinamikáját is.

A komplex rendszerek egyik általános válasza akkor figyelhető meg, amikor bajba, új helyzetbe kerülnek.<sup>6</sup> A válasz független attól, hogy a rendszer „csak” egy sejt, amelyet fehérjék alkotnak, avagy egy embercsoport. A válasz egyik fontos eleme az, hogy a bajban a komplex rendszer tagjai szorosabb kis csoportokat formálnak. „Fogjunk össze a bajban!”, „vessük egymásnak a vállunkat!” és hasonló emberi reakciók is ezt példázzák. A csoportképzés összetartó erejének a növelése azért is jó, mert így a csoport hatékonyabban tudja véghez vinni azt az adott feladatot, amelyre specializálódott. A hatékonyság növelése vész helyzetben fontos, mert a válasz gyorsan kell, és a válaszra – éppen a vész helyzet miatt – a szükségesnél kevesebb erőforrás áll rendelkezésre. Azonban a válasznak van egy másik általános eleme, és ezt az emberi csoportok esetén – különösen itt Magyarországon – nem mindig ismerjük fel. Ez a másik, igen fontos elem az, hogy a komplex rendszerek ilyenkor nemcsak a csoportjaikat teszik szorosabbá, hanem a távoli csoportok között is elkezdnek kapcsolatokat teremteni. Miért van erre szükség? A távoli csoportok összekötése azért fontos, mert így nagyon érdekes, új megoldásokat tudunk kitalálni. Amikor távoli csoportokat sikerül összekötni, akkor nem redundáns információkat sikerül valamilyen módon összegezni, és ebből nagyon új és izgalmas dolgok is kijöhetnek. Érdekes tehát az emberi kapcsolatrendszerünkben is erre törekedni. Amikor bajba kerülünk, nem magunkba kell zuhanni, hanem meg kell osztani a bajunkat. Ha vadidegenekkel osztjuk meg a legnagyobb bajunkat, akkor jól tesszük, merthogy ezek a vadidegenek, adott esetben, elképesztően jó ötleteket tudnak nekünk adni a bajunk megoldására. Elmondják például azt,

<sup>6</sup> Mihalik–Csermely 2011.

hogy a gyerek hova járjon iskolába, ha már egyszer a jelenlegi iskolájában annyira szörnyen érzi magát.

A komplex rendszerek adaptációjának a döntéshozatalban is vannak általános tulajdonságai.<sup>7</sup> Két alapvető situációt érdemes ilyenkor megkülönböztetni: az egyik, amikor a helyzet nagyon ismert. Ilyenkor egy begyakorlott választ kell előadni, lehetőség szerint tökéletesen vagy nagy hatékonysággal. Azaz ilyenkor a döntéshozók egyetértenek ebben a válaszban, és egy gyors, erős válasz születik meg a rendszer egészének a szintjén.

Mi történik akkor, ha a helyzet gyökeresen új? Hogyan reagál a komplex rendszer arra, ha nincsen ismert válasz az adott helyzetre? Ilyenkor a döntéshozók nem értenek egyet a válaszban. Minden döntéshozónak van valami jó ötlete, amely eltér a másiktól. Ilyenkor, hogyha jól működik a rendszer, akkor az információ szétszóródik a rendszer egészére. Nagyon újfajta baj esetén a jó döntéshozók nem zárják magukba a döntés kényszerét, hanem megkérdézik a többieket is, és tulajdonképpen a rendszer egészének a tudását felhasználó, a rendszer egészére jellemző válasz születik.<sup>8</sup> Van persze egy bökkenő. Az ilyen válasz lassú. A demokratikus folyamatok lassúak. Nem véletlen, hogy az egyik nemrég amerikai bestseller könyv címe: *Slow Democracy*.<sup>9</sup> De az sem véletlen, hogy az emberiség kitalálta a demokrácia gyakorlatát. A demokrácia ugyanis nem valami módszer, hanem valami erkölcsi alapállás, hanem egy evolúciós parancs. Merthogy nemcsak az ember gondolkodik úgy, ahogyan a Nobel-díjas Daniel Kahneman leírta: „Fast and Slow” azaz a „gyors és lassú kettősségének” a módján,<sup>10</sup> hanem a válaszok ilyen kettőssége a komplex rendszerek mindegyikének közös sajátossága. A komplex rendszerek tehát vagy „autokratikusan” válaszolnak, tehát úgy, hogy a központi nódusaik által kódolt néhány reflex egyikébe igen gyorsan bezúpannak, vagy pedig „demokratiku-

<sup>7</sup> Csermely 2015a.

<sup>8</sup> Csermely 2018.

<sup>9</sup> Clark 2012.

<sup>10</sup> Kahneman 2011.

san” válaszolnak, úgy, hogy szép lassan, a rendszer egész addigi tudását mozgósítva kialakítanak egy gyökeresen új választ.

Az autokrácia és demokrácia kettős viselkedése nem csak az emberi társadalmakra jellemző. Nemrég közölt eredmények feltárták, hogy az agyban például a hippocampus központi régiójában a helyérzékelő idegsejtek is hasonlóképpen reagálnak két különböző helyzetre. Ha az állat bemegy egy olyan helyre, amelyet ő jól ismert, akkor a hippocampus csak néhány idegsejtje aktiválódik. Ezek az idegsejtek kódolták a helyről korábban szerzett ismereteit. Azonban amikor az állat egy teljesen idegen helyre megy be, akkor az agyának rengeteg idegsejtje aktív lesz, és mindenféle ötletekkel bombázza az állat agyát, hogy vajon hol lehet.<sup>11</sup> Emberi példával élve: nem mindegy, hogy például a főnökünk dolgozószobájába, avagy az illemhelyre nyitottunk-e be. Érdekes egy kicsit elgondolkodnunk ezen, mielőtt döntenénk, és annak megfelelően cselekednénk. Fatális problémák adódhatnak ugyanis abból, ha egy ilyen helyzetben elhamarkodottan, rosszul döntünk. Azaz a demokrácia, mint döntéshozatali eszköz, messze nemcsak azért jó, mert az úgy „fair”, hogy a közösség tagjai együtt vegyenek részt a döntéshozatalban, hanem azért is, mert ha a közösség (a fenti példát parafrázálva) kellő demokratikus töprengés híján úgy véli, hogy a „főnökének a dolgozószobája egy illemhely”, és annak megfelelően is viselkedik, abból igen nagy gondok származhatnak a közösség további életére.<sup>12</sup>

Még a fehérjéknek a struktúrája is az autokrácia/demokrácia kettősének megfelelő válaszrendszerbe szerveződik. Vannak olyan aminosavak a fehérjéinken belül, amelyek, hogyha szokványos helyzetbe került a fehérje, kizárólagosan vesznek részt a fehérjével közölt energiának az áramoltatásában, elnyelésében. Nem is kell a többi aminosavnak részt vennie ebben, hiszen – ismert helyzetben – csak néhány aminosav a döntéshozó a fehérjéken belül. Azonban ha valami ismeretlen, új helyzetbe kerül a fehérje, akkor nagyon is szükség van már arra, hogy minden

<sup>11</sup> Csermely 2018.

<sup>12</sup> Csermely 2018.

aminosav elkezdje a kapott energiákat terjeszteni a fehérjén belül. Ez az utóbbi folyamat sokkal lassúbb, mint az előző. De ez a lassúság az ára annak, amikor valami gyökeresen más megoldást kell kiizzadni egy új helyzetben.

Az adaptációnak nagyon fontos eleme az is, amikor változtatjuk ezt a kétfajta viselkedést. Tehát: a sikeres adaptációs folyamatnak van olyan része, amikor gyökeresen új megoldásokat próbálunk meg bedobálni a közösbé, de van olyan része is, amikor ezekből szelektálunk valamiféle optimumot.<sup>13</sup> A kismadár énektanulását hadd mutassam be példaként.<sup>14</sup> Ha a hím madarak nem énekelnek elég jól, nem lelnek nőstény párra. Így a kismadár énektanulása során, amikor a fiatal hím madár először kikerül a többiek közé, már az első nap igen sokat halad az énektanulásban, hiszen van tét. De mi történik utána? Az éjszaka folyamán csaknem az egész éneket elfelejti, amelyet az első nap megtanult. Azaz felmerül a kérdés: ilyen hülye volt az evolúció, hogy ilyen hülye madarat szelektált, amely teljesen kis hatékonysággal, mindent elfelejtve tanulja meg az énekét? Nem. Mert a madár nem csak egy napig tanul. A sok tanulási ciklusban nem mindig zuhan ugyanoda vissza, ahonnan elindult. Két hónap után már négyszer-öttször annyira szép, bonyolult trillát sikerül énekelnie, semmint ha megragadt volna az első ötleténél. Azaz a kismadár nem hülye, amikor felejt. Pontosan ezzel biztosítja azt, hogy az életének az első éneke ne legyen rögtön az élete legszebb és utolsó éneke is. Ha egy tudós ember életének első közleménye egyben életének az utolsó közleménye is lenne, abból nem biztos, hogy igen nagy tudományos karrier születne.

A kismadarak énektanulása tehát igen jó példa. A brainstorming technika mesterien szét is választja ezt a két szakaszt azzal, hogy vagy arra kéri a résztvevőket, hogy minden ötletet szabadon dobáljanak be a közösbé, vagy azt mondja, hogy az ötletek közül most válasszuk ki azt a néhányat, ami a szituációnak a legjobban megfelel. Az igazán jó brainstorming a két helyzetet többször

<sup>13</sup> Csermely 2015b.

<sup>14</sup> Derégnaucourt et al. 2005.



váltogatja. A tanuló szervezetek is pontosan így működnek.<sup>15</sup> Gondoljunk bele például egy startup cégbe, amely kimegy a piacra, és szétnéz. Mit tudunk mi néhányan? Milyen képességeink vannak? Mit lehet ezzel kezdeni a piacon? A szimatolás, próbálkozások, illesztések, egyeztetések után a startup cég „rázoomol” az első termékére. És ha jól kitalálta, akkor sikert arat vele. De ha a startup cég első terméke egyben a startup cég utolsó terméke is, akkor a termék életciklusa egyben a startup életciklusa is lesz, és a startup cég az első termékével együtt kihal. Tehát mit kell a startupnak csinálnia? Az első termék után megint ki kell nyitnia a piacra, hogy most az első termékkel szerzett tapasztalattal hogyan tudja a második, a harmadik és a sokadik terméket kitalálni. Ezek mind a kismadár fenti énektanulásához hasonló optimalizációs ciklusok. Ugyanilyen ciklikus viselkedés figyelhető meg még magasabb rendű szerveződések, így például a gazdaság működése esetén. Persze ott már a ciklusok átlapolnak, és nem lehet annyira jól elkülöníteni őket.<sup>16</sup>

Összefoglalva, az előadás legfontosabb üzenetei a következők.

1. A munkamemóriánk igen korlátos. Ezért az adatok tömegét csak az adatokat okosan ritkító, elemző módszerekkel tudjuk értelmezni. A hálózatos elemzés ezek egyike, és azért hasznos, mert az emberi gondolkodás kategóriaképző és összefüggés-kereső alapvonásaira épít.
2. A természetes valószínűségek érzése egy nagyon általános emberi tulajdonság, amely sok esetben minőségértékké és egyfajta esztétikai kategóriává is tudott absztrahálódni.
3. Végezetül: a komplex rendszerek sokasága a környezet megváltozásaihoz egészen hasonló folyamatokkal alkalmazkodik. A demokrácia tehát nem egy erkölcsi alapállás, hanem az emberiség által megismert világ évmilliárdok sikeres evolúciójával kiválasztott legsikeresebb adaptációs mechanizmusa.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Csermely 2015b.

<sup>16</sup> Csermely 2015b.

<sup>17</sup> Csermely 2018.

## Irodalom

- Clark, Susan – Teachout, Woden 2012. *Slow Democracy: Rediscovering Community, Bringing Decision Making Back Home*. White River Junction: Chelsea Green Publishing.
- Csermely Péter 2005. *A rejtett hálózatok ereje. Hogyan stabilizálják a világot a gyenge kapcsolatok?* Budapest: Vince Kiadó. Tudomány – Egyetem sorozat.
- Csermely Péter 2014. *Hogyan tudjuk megváltoztatni a bennünk lévő és a minket körülvevő hálózatokat?* MTA levelező tagi székfoglaló előadás. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- Csermely, Péter 2015b. *Plasticity-rigidity cycles: A general adaptation mechanism*. <http://arxiv.org/abs/1511.01239>
- Csermely, Péter 2018. The wisdom of networks: A general adaptation and learning mechanism of complex systems. *BioEssays*, in press (doi: 10.1002/bies.201700150).
- Derégnaucourt, Sébastien – Mitra, Partha P. – Fehér, Olga – Pytte, Carolyne – Tchernichovski, Ofer 2005. How sleep affects the developmental learning of bird song. *Nature*, 433: 710–716.
- Einstein, Albert 1934. On the method of theoretical physics. *Philosophy of Science*, 1: 163–169.
- Kahneman, Daniel 2011. *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Mihalik, Ágoston – Csermely, Péter 2011. Heat shock partially dissociates the overlapping modules of the yeast protein-protein interaction network: a systems level model of adaptation. *PLoS Computational Biology*, 7 (10): e1002187.
- Wilson, Timothy D. – Reinhard, David A. – Westgate, Erin C. – Gilbert, Daniel T. – Ellerbeck, Nicole – Hahn, Cheryl – Brown, Casey L. – Shaked, Adi 2014. Just think: the challenges of the disengaged mind. *Science*, 345: 75–77.