

Természeti törvények a társadalomtudományokban

ABSTRACT

The present study examines the philosophical question of the extent to which the laws of natural structures affect the thinking of social sciences, especially the functioning of man-made organizations. The laws of physics, biological analogies, and mathematical modeling carry axioms that apply to all social subsystems. The statistical examination of the study in the Scopus publications from 1996 to 2020 looked for basic concepts referring to certain laws of the natural sciences in the titles, abstracts, and keywords of the articles.

Keywords: natural structures ■ Scopus publications ■ statistical examination ■ laws of natural sciences

I. BEVEZETÉS

A tudománnyal egyidősnek tekinthető ismeretelméleti tétel szerint az ember alkotta szerveződések, szervezetek (intézmények) működésében a természet törvényszerűségei érvényesülnek. A társadalomtudományok fejlődése idővel saját paradigmákat épített fel, maga mögött hagyva a természettudományos analógiákat. A természeti törvény (kissé régimódinak tűnő) fogalmát nem filozófiai megközelítésben, hanem a természettudományok törvényszerűségeire vonatkoztatva használjuk. Filozófia kérdésének tekintjük azt a kérdést is, hogy a természeti törvények valós létezők lennének-e, vagy csupán a valóságról alkotott modellek.

A valóság egységes természeti törvények szerinti leírásának törekvése az ógörög filozófia óta kísér(t)i az emberi gondolkodást. A szofisták különbséget tettek a természeti és a társadalmi törvények (*nomosz*) között, azonban Arisztotelész és Platón már minden jelenséget egy törvény, a *telosz*, azaz a dolgok természetében rejlő cél mozgatóerejével magyarázott. Ez a teleologikus tudományfilozófia G. Galilei koráig uralkodott, innentől új „törvény”, a matematika vált a természet

egységének uralkodó paradigmájává. I. Newton hatására a XVIII. században a filozófiai is a matematika, a világ mechanisztikus képletezésének hatása alá került (Descartes, Spinoza, Leibniz, Pascal). A XIX. században a modern természettudomány, különösen az élettan szintén a társadalomelméletek magyarázó modelljévé kezdett válni (Schelling, Schopenhauer, Spencer, Nietzsche, Bergson). Ennek betetőzése volt Ch. Darwin biológiai evolúcióelmélete, amely a XX. században a társadalomelméletekben is axiómává kezdett válni. A társadalomtudomány vonzódása folyamatosan erősödött a természeti törvények iránt. A nagy elődök, Galilei, Newton, Darwin sikerei arra ösztökélték a kor filozófusait és társadalomtudósait, hogy a kauzalitás elvére épülő axiómákra törekedjenek (David Ricardo, Jeremy Bentham, Herbert Spencer). Idővel a társadalomtudományok ontológiai alapkérdésévé vált, hogy biológia és a matematika nyelvén kifejeződő természeti törvényektől egyáltalán eltérhet-e a társadalmi jelenségek működése? A szabad akarat tétele feszült a mechanikus determinizmusra épülő természeti törvényekkel szemben. A társadalomtudományok és a természettudományok egységes halmazában a XVIII. századig a természeti törvények egységes érvényesülése még evidencia volt. Még a korai szociológia is a biológia és a fizika eredményeiből épített társadalomelméletet (Auguste Comte). A menedzsmenttudomány és szervezetelmélet idővel azonban saját szociológiai tételeket alkotott, és egyre ritkábban kísérletezett a természettudomány, különösen a biológia működési modelljeivel.^[1] A matematikával kapcsolatos idealisztikus elvárások is mérséklődtek a XX. század elejétől, különösen a végtelen sokaság axiomatikus problémái és a kvantumfizika határozatlansági tételei miatt. A matematika már nem az univerzális törvények igényével, hanem „csupán” a leghatékonyabb ismeretelméleti, leíró eszközként jelent meg. A társadalomtudományok a szabad akarat dogmájával és saját diszciplínák kimunkálásával törekedtek egyre nagyobb távolságot tartani a természettudomány, különösen a matematika követelményeitől.^[2] A tudomány lényege, hogy univerzális modelleket keressen az életjelenségekre. A természeti törvények társadalmi és kulturális érvényesülését a XX. század első felétől a rendszerelmélet, a „*scientific management*” és a *kibernetika* törekedtek igazolni, elsősorban a fizikai törvényekből kiindulva. Később a biológiai evolúció törvényeinek az emberi társadalmak viselkedésében megfigyelt érvényesülése hozta létre a szociobiológia tudományát, illetve a szervezetökológiát.^[3] A „biologizmus” tágabb értelemben a biológiai analógiákat (bio-logosz) vonatkoztatja a társas viselkedés törvényszerűségeire. A fentiek alapján került azonosításra tíz természettudományos eredetű alapfogalom, amelyek a kutatás tudományometriai-statisztikai vizsgálatának tárgyai lettek.

[1] A biológiai analógiákra építő szociológia képviselői voltak: Gustave Le Bon, Félix Le Dantec, Lewis Henry Morgan, Somló Bódog, Jászi Oszkár, Méray-Horváth Károly.

[2] A közgazdaságtan egyik nagy vitatétele a természettudományos (matematikai modellező) módszer alkalmazhatósága (Róna, 2019, 532-542.).

[3] Hannan – Freeman, 1989; Reeves – Levin – Ueda, 2016.

II. MÓDSZER

A fenti tételek demonstrálása céljából azt vizsgáltuk, hogy az 1996-2020 közötti Scopus publikációkban a természettudomány egyes törvényeire utaló alapfogalmak milyen dinamikával és milyen mértékben vannak jelen a cikkek címében, absztraktjában és kulcsszavaiban. A SciVal rendszer kimutatja, hogy az egyes kutatási területek milyen mértékben jelentek meg az egyes tudományterületekhez (*subject areas*) sorolt Scopus publikációkban. Az alapfogalmak a természettudomány elveire és módszereire utalnak, ekként kutatási jelenlétükkel formálják az azokat befogadó társadalomtudományi paradigmákat és módszereket is. A befogadást az adott cikk címének, absztraktjának és kulcsszavainak vizsgálatával végzi a keresőrendszer.

A vizsgálat az alábbi tíz természettudományos eredetű alapfogalmat kereste: darwini evolúció, entrópia, reziliencia, hálózattudomány, szociobiológia, biomatematika, rendszerelmélet, homeosztázis, kibernetika, szocio-ökológia.

Ezek az alapfogalmak a kutatás szerint a SciVal által használt 27 tudományterület mindegyikének publikációiban jelen vannak változó mértékben. A kutatás azt vizsgálta, hogy a természettudományos eredetű alapfogalmakat befogadó publikációkkal a *social science* terület

- a tudományterületek között milyen súllyal szerepel,
- egyes kiemelt tudományterületekhez képest milyen arányt képvisel,
- valamint vizsgálta a publikációk dinamikájának és abszolút számának mértékét.

Alapfogalom	Kutatási megállapítás
darwini evolúció	A social science terület 503 publikációval 14%-át teszi ki az összesnek, viszont megelőzi pl. a medicine területet (419).
entrópia	A vizsgált alapfogalmak közül az entrópia témakörében jelent meg a legtöbb publikáció a társadalomtudományi területen belül az elmúlt 25 évben, a social science terület 6.797 publikációval szerepel, ehhez társul még a decision science (5.902) és a multidisciplinary kutatások (4.005).
reziliencia	A reziliencia területén exponenciálisan nő a társadalomtudományi közlemények száma az évek függvényében, a közlemények közel a negyede társadalomtudományi vonatkozású. A social science terület 36.151 publikációval közelében van a téma engineering területen történő kutatási volumenéhez (38.373).
hálózattudomány	A social science terület 17.252 publikációval megelőzi a mathematics-t (13.634) és a physics-t (11.275), valamint közelít az engineering-hez (27.351).
szociobiológia	A social science terület 395 publikációval az összes kutatás 33%-át képviseli.
biomatematika	A social science terület 51 publikációval az összes kutatás 6%-át képviseli, közelít a computer science-hez (97), amelynek gyökerei a biomatematikáig nyúlnak vissza.
rendszerelmélet	Exponenciálisan nő a társadalomtudományi közlemények száma az évek függvényében, a social science terület 62.015 publikációval az összes kutatás több, mint 10%-át képviseli.
homeosztázis	A social science terület 885 publikációt jegyez.
kibernetika	A social science terület 3.185 publikációval az összes kutatás több, mint 1/3-a, és közelít az engineering területéhez (3.762).
szocio-ökológia	A social science terület 23.754 publikáció az összes kutatás 1/3-a, közel azonos mértékű az environmental science mértékével (23.337).

1. táblázat: A vizsgált alapfogalmak előfordulásának számossága a social science terület vonatkozásában (forrás: saját szerkesztés)

	Kulcsfogalom	Leggyakoribb tudományterület	Közlemények száma 1996-2020 között	Társadalomtudomány	Arány
1	darwinian evolution	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	991	95	10%
2	entropy	Physics and Astronomy	219 592	6 493	3%
3	resilience	Social Sciences	105 993	25 700	24%
4	network science	Computer Science	2 570	348	14%
5	sociobiology	Agricultural and Biological Sciences	1 309	367	28%
6	biomathematics	Mathematics	295	19	6%
7	systems theory	Engineering	40 978	6 287	15%
8	homeostasis	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	6 287	949	15%
9	cybernetics	Engineering	33 749	3 431	10%
10	socioecology	Agricultural and Biological Sciences	258	56	22%
	Összesítve		412 022	43 745	11%

2. táblázat: A kulcsfogalmak előfordulásának számossága és aránya a leggyakoribb tudományterületeken (forrás: saját szerkesztés)

III. A KUTATÁSI EREDMÉNYEK MAGYARÁZATA

A kutatás két általános konklúziója: a társadalomtudományi kutatások a teljes kutatási spektrumon belül növekvő arányban és növekvő számban használják a természettudományos elveket. A vizsgált természettudományos eredetű alapfogalmak által érintett publikációk tizede társadalomtudományi vonatkozású. A kutatási eredmények szélesebb kontextusát és magyarázatát öt tételben vizsgáljuk, egyben bemutatjuk a vizsgált alapfogalmak jelentését és társadalomtudományi érvényesülésének okait.

1. „Minden egy rendszer”

A valóság és minden jelenség természeti egységének ősi gondolata a XX. század elejének ún. rendszerelméletében kapott új erőre. A „rendszer” mint fogalom a természettudományból érkezett (Ludwig von Bertalanffy). A rendszerelmélet a jelenségek megértésének és leírásának kínál modellt, többnyire matematikai logika szerint. A rendszerelmélet mellett további matematikai alapozású episztemológiai kísérletként jelent meg az ún. scientific management, amely az üzemi munkafolyamatok hatékonyságát javító módszert (időtanulmányok, költségelemzés) keresett (F. W. Taylor). Egy másik irányt mutatott a kibernetika, amely a szabályozás, vezérlés, információfeldolgozás általános törvényeit kereste (Norbert Wiener). A kibernetika is a természettudományok analógiáit kezdte alkalmazni a dinamikus rendszerekre, így a szervezetek működésére is. Az analógiák alkalmazása a „minden rendszer azonos” elvek mentén történő működésének premisszájából indult ki. Ilyen analógia a fiziológiában kidolgozott alapfogalom, a *homeosztázis*, amely a belső környezet dinamikus állandóságát (alkalmazkodó képességét) jelenti az élő szervezetekben. A dinamikus állandóság azt jelenti, hogy a sejtek csak a belső környezet dinamikus stabilitása mellett tudnak létezni. A kibernetika ezt úgy fordította le, hogy minden rendszerben kell egy olyan szabályozás, amely kompenzálja a külvilágnak a rendszerre gyakorolt zavaró hatásait, illetve elősegíti a rendszer alkalmazkodását a változó külső feltételekhez. Ennek az az előfeltétele, hogy a rendszer észlelje a külvilág hatásait, vagyis információt tudjon felvenni és feldolgozni. A társadalomtudományban, az ember alkotta szervezetek egészének és szervezeti egységeinek működésére vonatkoztatva a homeosztázis elve olyan vezetési és szervezési eszközökre mutat, amelyek a külső kihívásokhoz való alkalmazkodás során a működési egyensúly megtartására figyelnek, az ehhez szükséges gyors információáramlást és döntésképeséget biztosítják.

A rendszertan kulcsfogalma az *adaptáció*, amely már a korai evolúciós elméletekben is jelen volt (J.B. Lamarck). A szociológiában H. Spencer, később T. Parsons az adaptáció tételéből vezette le a társadalmi rendszerek struktúrájának a környezet követelményei szerinti átalakítását. A másik példaként hozható analógia a *reziliencia*, amely újkeletű fogalom a szervezésemélet területén, és a homeosztázis elvéből is építkezik. A rezilienciaelmélet a környezeti erőforrásszervezés területén alakult ki annak felismerésével, hogy a társadalmi-ökológiai rendszerek működését nem egyensúly, hanem állandó változékonyság jellemzi.^[4] A reziliencia elvének gyors népszerűségét az ökológiai és társadalmi válságok sorozata is segítette. A természetes rendszerek belső egyensúlyához reziliencia-képesség kell. Napjaink COVID-19 járványa is aktuálissá teszi a kérdést, miszerint hogyan lehet az alkalmazkodóképességet erősíteni a társadalmi rendszerekben, így a szervezetekben. Az ökológiában a reziliencia a rendszer

[4] A rezilienciaelmélet ökológiai alapjait Buzz Holling írta le 1973-ban, munkájára a 21. század elejére a környezettudományok egyik legnagyobb hatású irányzata épül (Kuslits, 2020, 1648-1656.).

képessége arra, hogy az ún. lassú változókat stabilan tartsa. Az ökológiai kutatások mutattak rá arra is, hogy a *biodiverzitás* erősíti a reziliencia képességét, mivel a funkcionális képességek és a redundancia biztonságát adja. A reziliencia a szervezetek menedzsmentjében a váratlan eseményekkel szemben a működési stabilitás és a gyors reakció képességét jelenti. A társadalmi szervezetek „biodiverzitása” az alkotók képességeinek sokszínűségét jelenti, amely humánpolitikai alapelveként működhet.

A rendszermélelet által a természeti folyamatokból, így a biológiai evolúcióból kinyert másik modell: az optimalizálás. Az optimalizálás a természet törvénye, amelyet az emberi és technológiai környezetre is kiterjesztve a társas viselkedés mintázatának tekinthetünk. Az optimalizálás egyik biológiai példája a kolóniákban, rajokban élő állatok (méhek, hangyák, halak, madarak) ún. rajintelligenciája (*swarm intelligence*), amely az önszervező, decentralizált egységek együttműködési mintája. A decentralizált rendszerelemek kollektív működésében ezek olyan modellek, amelyek életre hívtak olyan új tudományos módszereket, mint az „evolúciós számítástechnika” (*evolutionary computing*). Az emberi közösségek virtuális szervezésében (pl. közösségi média, vállalatirányítási rendszerek) a kollektív intelligens viselkedés algoritmusainak és optimalizálásának kidolgozása új együttműködési mintákra tanítja az emberi közösségeket.^[5]

2. Az entrópia

Az entrópia a hőtan második törvényeként ismert, de a tudomány az életjelenségek más területein is mint univerzális fejlődésméleti axiómát azonosította.^[6] Az entrópia törvénye szerint a zárt rendszerek önmozgása az egyre nagyobb rendezetlenség felé halad, azaz előbb vagy utóbb minden struktúra lebomlik. A hétköznapokban ezt a dolgok szükségszerű amortizációjának is hívjuk. Abból az energiaszintből, amely a rendezettséghez szükséges komplexitást fenntartja, az entrópia állandóan „elvesz”. Megfordítva: az atomi szintű zűrzavarból keletkező energia tart rendet, de csak időlegesen. Az entrópia leküzdéséhez az energiaráfordítást mindig növelni kell, máskülönben a rendszert az entrópia energiavesztése szétbomlasztja, ezért minden létező a komplexebbé válás felé törekszik. A komplexebb struktúrák építése tehát evolúciós kényszer. Ez a komplexitás és az entrópia dinamikus kapcsolata. Az entrópia az ember alkotta szervezeteket is bomlasztja. A szervezetnek folyamatosan változnia, alkalmazkodnia és fejlődnie kell ahhoz, hogy ne gyengítse a természetes entrópia, az energiavesztés. Az állandó változás és komplexebbé válás tehát a túlélés és a hatékonyság szükséglete, ahogyan a természetben is. A társadalmi szervezet, az információáramlás gyorsaságát és komplexitását fokozva, döntéseit és ügyvi-

[5] Zafeiris - Vicsek, 2018.

[6] Christian, 2019, 37.

telét hatékonyabb szintre emeli. A komplexitás növekedése az entrópia elől történő „menekülés”. A társadalmi szervezetek működésében az entrópia a bürokratizmus, a nehézkes, rossz és korrupt működés törvénytörő veszélyét jelenti. Az intézmények folyamatos „megreformálása” és fejlesztési kényszere gyakran öncélú és politikai túlmozgásnak tűnik. Az entrópia logikája szerint azonban egy intézményt fejlesztési „prés alatt” kell tartani, máskülönben az entrópiikus energiavesztés belső nehézségi ereje szétbomlasztja, lassítja és korrumpálja a szervezet működését.

3. Az evolúció

Az evolúció a hellén filozófia óta érlelődő elmélet, amely a XIX. századtól a biológiában teljesedett ki, és hatott vissza univerzális társadalmi elméletként valamennyi tudományterületre. A „fokozatos fejlődés” gondolata évszázadokon át fel-felbukkant a deista (a világot isteni beavatkozás nélkül elképzelő) antik gondolkodóknál (Anaximandrosz, Empedoklész, Epikurosz, a római Lucretius). Darwin A fajok eredete című művének előszavában Arisztotelészt idézi meg, mint a természetes szelekció fogalmának forrását. Leibniz, Kant és Malthus is társadalmi jelenségekből következtettek az evolúció elméletére.^[7] Az evolúció témáját egyébként Darwin előtt Robert Chambers A teremtés nyomai című népszerű műve (1844) hozta be a köztudatba.^[8] Az evolúció, mint a „természet haladásának” koncepciója Herbert Spencer szociológiájában is már Lamarck (Darwin előtti) biológiai munkáinak hatására jelenik meg. A fajok biológiai evolúciójának darwini gondolata az egyes populációk fennmaradását a természetes kiválasztódás elméletére alapította.^[9] Darwin érdeme volt, hogy a természetes kiválasztással és a komplexitás növekedésének magyarázatával a fajok fejlődését átfogó elméletbe foglalta és igazolta. Az evolúcióelmélet a természettudományban minden törvénytörő felsőbb törvényévé vált, és fokozatosan a létezés minden szintjének működési modelljeként jelent meg. Az elmélet alap gondolata az „alkalmazkodó szétterjedés”, amelynek tételei:

- a. a replikáció, azaz egy információ (mintázat) sokszorozódása,
- b. a replikáció mutációja,
- c. a legjobban alkalmazkodó mutációk túlélése (természetes kiválasztódás).

Az evolúció magyarázó modellje lett az élettelen anyag működésének, a molekuláris szintű fejlődésnek, a különböző biológiai szerveződési szinteknek

[7] Th. Malthus a népesedésre állított fel olyan fejlődéselméletet, amely a természetes kiválasztódás analógiáit alkalmazta (Malthus, 1978), 1803-ban könyv formában is megjelent, kora egyik legnépszerűbb olvasmánya volt.

[8] A Vestiges of Creation 1844-ben névtelenül jelent meg, 1884-ben jelent meg könyvben a szerző (R. Chambers) műveként (halála után).

[9] Darwin, 2001.

a génektől a sejteken át a neurális rendszerekig. Modellként való alkalmazása továbbment a kulturális, a társadalmi és a technikai (technológiai) organizáció szintjeire is. Az evolúció biológiai fejlődélméletből az egyre komplexebb szerveződési szintek egymásra épülésének univerzális törvényévé vált. A tudományos siker egyik oka, hogy az evolúció tétele összekapcsolódott az információszerveződés elvével. Eszerint a fejlődés alapegysége mindig egy információs (viselkedési) mintázat (algoritmus), amelyet replikációs kényszer hajt. A biológiában ez triviális, de a társadalmi, azaz kulturális jelenségeknek is ez a magyarázata: az agyban létrejövő koncepcióstruktúra sokszorozódási és túlélési küzdelmét látjuk.^[10] A többszintű evolúció elmélete szerint nemcsak egyedek, de a csoportok szintjén, azaz a csoportok között is szelekciós küzdelem folyik.^[11] A *szociobiológia* mint kutatási terület létrejöttét az evolúciós stratégiának az emberi társadalmak viselkedésében tapasztalt érvényesülése ihlette.^[12] A *szociobiológia* a szociális magatartás szerveződését biológiai analógiák alapján vizsgálja. Ennek alapja az a tétel, hogy a társas viselkedés is az evolúció következménye, így annak magyarázatát is biológiai fejlődés törvényeire kell alapozni. A másik innovatív tudományterület, a szervezeti ökológia, a biológiai fejlődés modelljeiből magyarázza a társadalmi szervezetek (pl. vállalatok) fejlődését, növekedését, különböző formáit vagy elhalását. A szervezetek versengését is a környezeti (természetes) szelekció (kiválasztódás) modellje szerint vizsgálja, így a szervezetek sokféleségét kompetitív kiválasztódás eredményének látja.^[13]

Az evolúciós törvények számos további területen is analógiaként működhetnek a szervezetmenedzsmentben. A növekvő komplexitás törvénye a biológiai evolúció tétele, de a társadalmi evolúció szintjén napjaink technológiai fejlődése is igazolja. A biológiai fejlődés során a komplexebb információfeldolgozással működő organizmusok nagyobb hatékonysággal alkalmazkodtak környezetükhöz. A legsikeresebb prototípus az emberi agy és idegrendszer lett. Az emberi társadalom alkotta szervezetek az emberfélék első hordáitól, törzseitől, kis falvaitól több tízezer év alatt nagyon összetett társadalmi együttélési formákat hoztak létre. Ha egy társadalmi szerveződés (pl. hivatal, egyesület, vállalat) létrejön, szükségszerűen elindul a komplexebb válás útján. Ezt a folyamatot a szervezet növekedéseként és bürokratizálódásaként is érzékeljük. A növekedésnek ez a természetes útja gyengítheti a működési hatékonyságot, ha az összetettebb belső szervezet nem jelent szervezettebb működést. A szervezethez fűződő információfeldolgozás méretarányos gyorsasága, illetve az információáramlás és szabadsága.

[10] Csányi, 1980, 97.; Campbell, 1965, 19-49.; Dawkins, 1990.

[11] Wilson, 1994, 585-654.

[12] Wilson, valamint a Wilson - Lumsden szerzőpáros könyvükben matematikai modellekkel mutatják be, hogy a genetikai evolúció milyen összefüggésben van a kulturális jegyek szelekciójával.

[13] Hannan - Freeman, 1989.

A másik tétel a replikáció törvénye, azaz egy információmintázat sokszorozódása, amely minden egyedi társadalmi szerveződés belső életében is jelen van. A szervezeti, vezetői kultúra, a működési hatékonyság, a közösségi etika és további szervezetszociológiai elemek is alapvetően a belső kulturális evolúciót uráló információ és viselkedési mintázatok és azok mutációinak függvényei. Az evolúció elméletében alkalmazkodó terjedésnek nevezett jelenség képes új értelmezési keretbe helyezni a szervezeti vezetők, szervezeti egységek, döntések és folyamatok eredményességét vagy életképességét. Az alkalmazkodó terjedést szolgáló egyéni és szervezeti kvalitások, mint pl. az együttműködés, a kommunikáció, a motiváció a „természetes szelekció” társadalmi szervezeten belüli környezeti tényező. Az alkalmazkodó terjedés törvényét a szervezetszociológia az „*adaptive management*” és az „*adaptive performance*” irányzataiban modellezte.

4. A biológiai analógiák

Az evolúció metaforikus vonatkoztatása a társadalmi szervezetekre általánosabb szinten a biológia további analógiáinak alkalmazását is megalapozza. A sejtek, az immunrendszer vagy az idegrendszer felépítése és folyamatai a társadalmi organizáció megértésében is hasznosulhatnak. A biológiai struktúrák közel 3,8 milliárd éves „modellkísérletek” eredményei, a túlélés, azaz a fejlődés legsikeresebb prototípusai.

A menedzsment olyan tételei, mint a tanulási folyamatok, a döntési helyzetek, a válságkezelés mind-mind a biológiai adaptáció és működés alapfogalmai is egyben. Egy sejt felépítésével és működésével analóg lehet egy város vagy egy vállalat szerkezete: a sejtmag az információs és tervekőzpont (genom), a mitokondriumok az erőművek, a mikrotubulusok az autópályák, a lizoszómák a személyszállítók, a kinezinek az áruszállítók, a városfal a sejthártya, a Golgi-készülék a postahivatal.^[14] Molekuláris gépek működtetik a sejtet, a gének építési vállalkozók, az anyagcsere (metabolizmus) analóg az információcserével, a homeosztázis analógiáját pedig fentebb már érintettük.^[15] Csermely Péter a sejszintű válságkezelés modelljében bemutatja, hogy a sejt a hálózati mag felől a periférikus csomópontokat mozgósítja, hogy a legteljesebb hálózati tudását használja a megoldásban. A biológia tehát a válsághelyzetben újraszervezi a rendszeren (azaz a sejten) belüli információs keresztkapcsolatokat, villámgyorsan új tudáshálózatot épít, mert kreativitásra van szüksége a megoldáshoz.^[16] A menedzsment nyelvén ez azt jelenti, hogy a megoldásban nem a top-down modell és nem a rutinszerű szervezés, hanem a hálózatos tudásgyűjtés a célszerűbb. A sejt belső csomói „összefognak a bajban”, és összekapcsolt cso-

[14] Christian, 2019.

[15] A társadalmi rendszerek biológiai analógiáiról ld. Hoffman, 2012.

[16] Csermely, 2018, 615-623.

portokba szervezve keresik a leghatékonyabb adaptációt.^[17] Más megfogalmazásban, a sejtek a válságkezelésben deliberatív (demokratikus) működési modellre térnek át. Normál, rutinszerű helyzetekben visszatérnek a „centralizált irányításra”, ez a gyors, begyakorolt döntések területe. A válsághelyzet hatékony megoldása viszont decentralizált és demokratikusabb (többszereplős) folyamat.^[18] Per analogia vállalati működésben ez azt jelenti, hogy a kiszámíthatatlan környezetben adaptívabb tud lenni egy világos policy-k mentén működő, de decentralizált döntésekre épülő szervezet. A hierarchikus működés rendet ad az üzemi működésnek, de vannak feladatok, így a kreatív válságkezelés, amelynél hálózati gondolkodás kell, ezt tanítja a biológiai rendszerek működése. A sejtek deliberatív stresszkezelése úgy is értelmezhető, hogy válsághelyzetben a sejt növeli a döntési pontok összetettségét és színességét, egyben a kreatív pontok redundanciáját. A sokféleség, a pluralitás, a diverzitás kultúrája innovatívabb és rugalmasabb környezetet teremt, mint a centralizált monokultúrák.

Érdekes biológiai analógiát kínál a sejtek altruista viselkedése is. Az altruista egyed akár saját kárára is segíti társát. A menedzsment tanok a szervezeten belüli, versenyelvű egyéni teljesítményt hangsúlyozzák. A sejtek működése nem versenyelvű, azaz minden sejt támogatja az egész szervezetet, sőt fel is áldozzák magukat a közösségért, pl. az ún. apoptózis, azaz a sejthalál ezt demonstrálja. Az élet kifejlődése is feltehetően sejtek altruista egyesüléséből (prókarióta egyesülésből vagy arche és prokarióta egyesülésből) ered.^[19] A társadalmi szerveződések működésében a munkatársak közötti önzetlenség, vagy a vezetői altruizmus, pl. kollektív hibáért történő vezetői felelősségvállalás az együttműködési kultúra magas szintjét mutatja, amely összefügg a szervezet hatékonyságával is.

Az immunrendszer analógiája azt üzeni, hogy egy rendszer robusztus jellege növeli a rezilienciát, azaz bizonytalan környezetben jobb adaptációs (megoldó) képességet eredményez. A robusztus rendszer nehezkesebb lehet, de nehezen kiszámítható környezetben mégis eredményesebb a túlélés szempontjából. A fentebb már vizsgált szociobiológia és a szervezeti ökológia is egyre kiterjedtebb körben fogadja be a biológia analógiáit az emberi társadalmak működésének kutatásába.

5. A szervezetek matematikája: a hálózatelmélet

A tudomány régi ideálja a természeti rendszerek matematikai képletekbe foglalása. Newton a *Principiákban* a természetfilozófia matematikai alapjait, azaz a fizikai mozgástörvények, a gravitáció, a klasszikus mechanika képleteit dolgozta ki.^[20] A kvantumfizikában a szubatomi világra új képletet keresett

[17] Csermely, 2017, 215.

[18] Csermely, 2017, 216.

[19] A Lynn Margulis által kidolgozott endoszimbiózis elmélet idézi: Christian, 2019, 139.

[20] Newton, 1686.

Max Planck, Nils Bohr és Erwin Schrödinger, utóbbi a hullámfüggvény kiterjesztését a biológia területére is megkísérelte. Az ún. biomatematika nyitánya Alan Turing 1952-ben megjelent *A morfogenezis kémiai alapjai* című műve lett, amely a természetben kialakuló minták képződésének képletét kereste. A kvantumtudománya és a genetika meghaladta a darwini evolúcióelmélet tételeit, és a mintázatok matematikája felé navigált. A mintázatokból hálózatok lettek, a XXI. században a hálózatelmélet lett a komplexitás modellezésének új eszköze. Születőben van a minden jelenségre, így minden társadalmi szerveződésre is érvényes matematikai leírás módszere, azaz az emberi kreációknak a természet nyelvére történő lefordítása.^[21]

A hálózatok szerkezetének és működésének modelljei a természeti törvények közös halmazaként kapnak egyre szélesebb körben visszaigazolást. A hálózatelmélet minden rendszerre érvényes törvényszerűségeket keres, így egy általános rendszerelmélet igényével írja le a kémiai, a fizikai, a biológiai, a társadalmi és a technológiai jelenségeket is. A minden létező jelenséget információs mintázatként kezelő felfogás a hálózatok hálózatát látja, amelyben minden létező (kémiai, biológiai, társadalmi-kulturális, technológiai) információegység komplex áramlása és kölcsönhatása zajlik. Míg az evolúcióelmélet lineáris és hierarchikus fejlődési szerkezetet (szinteket) ír le, a hálózatelmélet ezek horizontális kiterjedését és kölcsönhatását (kapcsolatait) mutatja be. A hálózatszemlélet a „hálózat tulajdonságainak univerzalizálását” keresi.^[22] Eszerint számos hálózatelméleti szabályszerűség különböző elemzési szinteken és különböző aktorokat és kapcsolatokat vizsgálva mindenhol igaznak bizonyulhat.

Az univerzalizálást a matematikai eszközökkel történő modellezés, az ún. *gráfok* jelentik. A komplex rendszereknek azonos hálózati tulajdonságaik vannak, ezek általános tulajdonságok, amelyek természetes egységekre törekednek.^[23] A létező jelenségeknek ez a közös tulajdonsága erősíti a filozófia és a tudomány örök sejtését a mindent leíró egységes természeti törvények létéről. A természeti törvények létre két filozófiai válasz adható: ezek vagy a létező valóság részei, vagy nemlétező, csupán a valóságot magyarázó modellek. A kérdés visszanyúl az antik filozófiák nominalista-realista, univerzálialk-partikuláris kettős metafizikai világlátásához. A hálózat – mint logikai-matematika módszer – kiválóan alkalmas a komplex rendszerek leegyszerűsítésére is. A hálózatszemlélet fejlődésének az Erdős Pál és Rényi Alfréd nevével fémjelzett gráfelmélettel közel egyidőben a biomatematika (A. Turing) adott lendületet, amely felismerte a mintázatok és hálózatok modellező szerepét a természetben. Ezen a nyomvonalon napjainkban a menedzsment tudománya formálja a saját hálózati paradigmáját.^[24] A biológia hálózati kutatásai a menedzsmentben itt is adaptálhatóak, azaz a gének, a sejtek és az ideghálózat alkalmazkodó hálózatként a társadal-

[21] Barabási, 2017.

[22] Molnár, 2020, 15.

[23] Csermely, 2017, 216.

[24] Baksa – Drótos, 2021, 69-80.

mi struktúrákra is analógiaként használhatóak.^[25] Az emberi agy hálózatlító képessége minden területen adott, hiszen az agy maga is egy ideghálózat alkotója.^[26] Agykutatási példaként, amikor az agy az információ mennyisége és komplexitása miatt stresszhelyzetbe kerül, a kevés információt analizálni képes bal agyfélteke telítődik, a jobb agyfélteke érzelmi alapú (intuitív, ösztönös) döntései kezdenek dominálni, így elkezdődik a holisztikus és vizuális (kevésbé analitikus) csomópontozás, amely segít rendezni az információtömeget. Per analógia az ember alkotta szervezetekben, az információtömeg kezelésében az analitikus képességek mellett ott kell lennie a szintetizáló hálózati képességnek is. Mindennek a társadalmi szerveződések vezetésére és működésére történő vonatkoztatása viszonylag könnyű feladat. A komplex rendszerek modellezésében a hálózatelmélet a növekvő mennyiségű és összetettségű információáramlás megértéséhez is hozzájárul. Az analitikus képesség csődöt mondhat nagyobb információmennyiségnél, a hálózati gondolkodás segít rendet vinni a káoszba. A hálózati szemlélet egy szervezetben képes a nagy adatmennyiségből kiválasztani a kevés hasznos és fontos adatot.

A társadalmi szerveződések működésében a hálózati modellezés a szervezeti tagok és egységek közötti kapcsolatokban mintázatokat és összefüggéseket rajzol fel. Ezek mutathatják például, hogy az információk, a tudás vagy az erőforrások milyen útvonalakon haladnak a szervezetben. Mindez képet ad a szervezetben belüli kommunikációs problémák okáról, illetve a közösségi tanulás minőségéről. A természetes (ún. véletlenszerű) hálózatoknak közös tulajdonsága, hogy viszonylag sok, nagy felszámú csomópontjuk (*nodus*) van, sokkal több éllel, mint a többi csomópont. Egy erős csomópontot szorosan követnek kevésbé kötött csomópontok. Ez az ún. skálafüggetlenség, azaz vannak olyan csomópontok, amelyeknek sokkal több szomszédjuk van, mint amennyi a szomszédok átlagos száma. Az ember alkotta társadalmi szervezetek formális-hierarchikus szervezete normatív szinten eltér a természetes hálózatok fenti jellemzőitől. A hierarchikus szervezetek valós (*de facto*) információs folyamatai és kapcsolatai is közelítenek a természetes hálózatok törvényeihez.^[27] Normatív szinten az ember alkotta szervezetekben a hierarchia centralizált, a természeteshez közelítő hálózat viszont decentralizált szervezetű. A két modell hatásköreinek és folyamatainak dilemmája is a hálózati törvények mentén közelíthető. A természetes hálózat az információáramlás nyitottsága és gyorsasága szempontjából optimálisabb, mint a hierarchia. A hierarchia viszont a döntések végrehajtásában a top-down centralizált információáramlást tudja hasznosan alkalmazni. Ha egy szervezet kreativitását és hatékonyságát akarjuk növelni, az információátviteli csomópontok sokasága, a döntés és az információáramlás megosztása fontos. A hierarchia és a természetes (skálafüggetlen) hálózat megfelelő kombinációja a fentiek miatt is kulcsfontosságú egy szervezet irányításában és menedzsment-

[25] Csermely, 2015, 15.

[26] Csermely et al., 2009.

[27] Varga – Ruppert – Barabási, 2019, 32.

jében. A hierarchikus rendszer alárendeltsége kiegészül a hálózati mellérendeltséggel, a döntés együtt-döntést, a parancs együtt-működést is jelent. A természetes hálózat alaptípusaként fentebb már bemutatott deliberatív-demokratikus és altruista sejtműködés együttműködő modelljei hasonló tanulságokkal szolgálnak a társadalmi szervezeti kultúra számára. A válságkezelés és problémamegoldó képességek tekintetében a természetes hálózatok nagyobb hibatűrő képességgel bírnak. Ennek magyarázata, hogy a krízis hiába gyengít sok véletlenül választott pontot, a rendszer közben összefüggő tud maradni. Másfelől viszont a célzott támadásokkal szemben sérülékenyebbek, mert kevés nagy csomópont kiiktatásával a hálózat szétesik. Az internet, a világháló (www), az ideghálózat skálafüggetlen (véletlenszerű) hálózatai erre példák. Az ember alkotta szociális közösségek hierarchikus-normatív működési hálója nem skálafüggetlen, de az informális szinten mégis kialakul a skálafüggetlen, természetes hálózatosodás. A hierarchikus hálózat rugalmatlanabb, kevésbé adaptív és sérülékenyebb, mert a kevés uralkodó csomópont(ok) bénulása az egész hálózatot lebénítja. Stabil környezetben és kiszámítható változás esetén jelent előnyt a hierarchikus háló, jobban irányítható és kontrollálható. A társadalmi szervezetekben a kétfajta hálózatos szerkezet együttállása jellemző, így inkább a szervezeti és vezetési kultúra szintjén kérdés, melyik a dominánsabb. A szervezetek felépítésének és működésének optimalizálásában a hálózati törvényszerűségek új lehetőségeket nyitnak meg.^[28] A hatékonyság szervezeti ökonómiáját meghatározza, hogy hol vannak az egyeztetési, a döntési és a végrehajtási csomópontok, és különösen hol vannak az információs csomópontok. A hierarchia-elv és a természetes hálózatok törvényei között kell optimalizálni a csomópontok (decentrumok) számát és elhelyezését. A nagy szervezetek komplexitása jobban kontrollálható, ha a szervezeti csomópontok száma kevesebb, és azok a legoptimálisabb információs (döntési) pozícióban vannak a hálózatban. A komplex rendszerek kontrollálhatósága, a csomópontok topológiája és dinamikája végső soron a fizikai és matematikai statisztika módszerével kap új elveket a hálózattudományban.^[29] A fenti módszerek inspirálóan hatnak olyan új megközelítésekre, amelyek kormányzati vagy igazgatási szervezetek működésében mintázatokot, azaz algoritmusokat keresnek a hatékonyság fejlesztése céljából, illetve elemzési és összehasonlítási alapként.^[30]

[28] Baksa - Drótos, 2021.

[29] Liu - Barabási, 2016.

[30] Meijer - Lorenz - Wessels, 2021.

IV. KONKLÚZIÓK, VITA

Francis Bacont az empirizmus úttörőjeként tiszteljük, aki már a tudományágak differenciálódásának hajnalán (XVII. század) is a tudományok közös filozófiájának fontossága mellett érvelt. A természeti struktúrák törvényszerűségeiről való tudásunk azóta kiteljesedett. Az évszázadok törekvése a mindent leíró és keretbe foglaló univerzális természeti törvényekről a társadalomtudományokban is jelen volt és jelen van. A fizika tételei, a biológiai analógiák és a matematikai modellezés minden társadalmi alrendszerre érvényes axiómákat hordoznak. A matematikai leíró módszer univerzalitása napjainkban a hálózati törvényeken keresztül látszik igazolódni. Az egyszerűsítő törvények és teóriák kritikája szerint minden tudományos tételnek készen kell állnia arra, hogy a kísérletek megcáfolják, ezért az állandó verifikáció és falszifikáció folyamatában hipotézisek maradnak.^[31] Ősi vita ez a filozófia és az empirizmus között, amely része a tudományos módszerelméletnek. A skálafüggetlen hálózatok, és általában is a hálózatelmélet egyszerűsítő modelljének univerzális érvényesülését szintén egyre több kritikus tudományos tétel törekszik cáfolni. A cáfolat lényege, hogy a szofisztikált kísérleti mérések képesek ellenbizonyítani a skálafüggetlen hálózatok mindent átható jelenlétét. A Barabási-féle univerzális teória koncepcióval szemben (*epistemic clash*, M. Jacomy) a kísérletek (*experimentalists*) eredményeinek diverzitásában hívó inductivista-empiristák állnak.^[32] A kritikák sem tagadják azonban, hogy a komplexitás törvényei és a hálózatelmélet a társadalom és a szervezetek megértésében és fejlesztésében új lehetőségeket rejt. A hálózatelmélet sem csupán a skálafüggetlen hatványozódásról szól, hanem a természet hierarchia-mintázatainak társadalmi megjelenéséről is.^[33] A hierarchia mint univerzális törvény felismerése a társadalmi-politikai ideológiák küzdelmét is befolyásolhatja. Álláspontunk szerint mindez együtt új episztemológiai keretet jelenthet a társadalom és szervezeteinek vizsgálatában, például a kommunikációs és mozgási mintázatok, a szervezeti értékrend és kultúra, a kollektív tanulás, a versengő együttműködés, az innováció, illetve a technológiai alkalmazkodás egzaktabb leírására és jobb megértésére. Ezek együttesen a szervezetelmélet természettudományos megalapozású új, közös paradigmáit alakíthatják ki. A menedzsment, a szociológia vagy a szociálpszichológia egységesebb, közös szervezetelméleti tudást kaphatnak, a különböző diszciplináris teóriák közös interdiszciplináris platformra épülhetnek fel. A tanulmányunkban bemutatott természettudományi axiómák nem jelentik a társadalmi cselekvés magyarázatára született sokszínű paradigmakészlet átírását, viszont annak további bővítésére kínálnak lehetőséget.

[31] Popper, 1997, 50.

[32] Jacomy, 2020.

[33] Zafeiris - Vicsek, 2018.

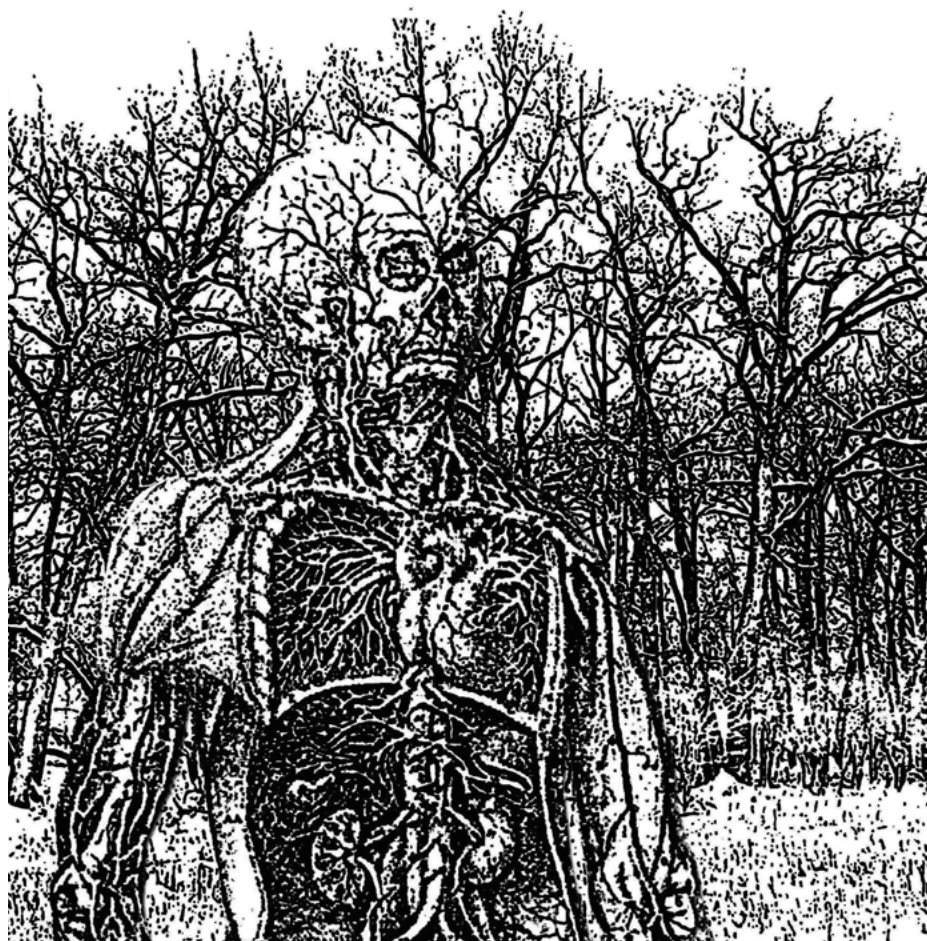
IRODALOMJEGYZÉK:

- Baksa Máté – Drótos György (2021): A szervezetek hálózatelmélete. Gondolati lépések egy új paradigma felé. In: *Magyar Tudomány*. 2021/1. sz.
- Barabási-Albert László (2017): *A hálózatok tudománya*. Libri, Budapest.
- Campbell, Donald T. (1979): Variation and selective retention in socio-cultural evolution. In: Barringer, Herbert R. – Blanksten, George I. – Mack, Raymond W. (eds.): *Social change in developing areas: A reinterpretation of evolutionary theory*. Schenkman Publishing, Cambridge.
- Chambers, Robert (1994): *A Vestiges of Creation*. Reprint Edition. University of Chicago Press, Chicago.
- Christian, David (2019): *A nagy történelem*. Akkord Kiadó, Budapest.
- Csányi Vilmos (1980): *Az evolúció általános elmélete*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csermely Péter – Kovács István – Nánasi Tibor (2009): Hogyan küzdik le a válságokat a biológiai hálózatok, és mit tanulhatunk el tőlük? In: *Magyar Tudomány*. 2019/11. sz.
- Csermely Péter (2015): Hogyan alkalmazkodnak a hálózatok? In: *A természet világa*. 2015/I. sz.
- Csermely Péter (2017): A természetben előforduló hálózatok szerkezetének és átalakulásának általános vonásai. In: Tolcsvai Nagy Gábor (szerk.): *A határok átlépése: Módszertani analógiák, közös problémák és szemléleti párhuzamok a humán és a természettudományos gondolkodásban*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Csermely Péter (2018): A demokrácia mint a túlélés többmilliárd éves evolúciós eszköze. In: *Magyar Tudomány*. 2018/5. sz.
- Darwin, Charles (2001): *A fajok eredete*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Dawkins, Richard (1990): *The Selfish Gene*. 2nd Edition. Oxford University Press, Oxford.
- Hannan, Michael T. – Freeman, John H. (1989): *Organizational Ecology*. Harvard University Press, Cambridge.
- Hoffmann, Peter M. (2012): *Life's Ratchet: How Molecular Machines Extract Order from Chaos*. Basic Books, New York.
- Jacomy, Mathieu (2020): Epistemic clashes in network science: Mapping the tensions between idiographic and nomothetic subcultures. In: *Big Data and Society*. 7(2).
- Kuslits Béla (2020): Reziliencia: változás és állandóság társadalmi-ökológiai rendszerekben. In: *Magyar Tudomány*. 2020/12. sz.
- Liu, Yang-Yu Liu – Albert-László, Barabási (2016): Control principles of complex systems. In: *Reviews of Modern Physics*. Vol. 88/2016.
- Lumsden, Charles J. – Wilson, Edward O. (1981): *Genes, Mind and Culture: The Coevolutionary Process*. Harvard University Press, Cambridge.
- Malthus, Thomas Robert (1978): *An Essay on the Principle of Population*. J. Johnson, London.
- Meijer, Albert – Lorenz, Lukas – Wessels, Martijn (2021): Algorithmization of Bureaucratic Organizations: Using a Practice Lens to Study How Context Shapes Predictive Policing Systems. In: *Public Administration Review*. Vol. 10/2021.
- Molnár László (2020): A rendszer- és hálózatszemlélet jelentősége az IKT társadalmi hatásainak modellezésében. In: Sasvári Péter (szerk.): *Rendszerelmélet*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest.
- Newton, Isaac (2016): *Principia: The Authoritative Translation*, University of California, Berkeley.
- Popper, Karl R. (1997): *A tudományos kutatás logikája*. Európa Könyvkiadó, Budapest.

- Reeves, Martin – Levin, Simon – Ueda, Daichi (2016): The Biology of Corporate Survival. In: *Harvard Business Review*. January/February, 2016.
- Róna Péter (2019): A természet törvényei versus a társadalom szabályai a közgazdaságban. In: *Magyar Tudomány*. 2019/4. sz.
- Varga Melinda – Ruppert Péter – Barabási Albert-László (2019): Komplex hálózatok szerkezetének elemzése és modellezése. In: Auer Ádám – Joó Tamás: *Hálózatok a közszolgálatban*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest.
- Wilson, David Sloan – Sober, Elliott (1994): Reintroducing group selection to the human behavioral sciences. In: *Behavioral and Brain Sciences*. Vol. 17(4)/1994.
- Wilson, Edward Osborne (1975): *Sociobiology: The New Synthesis*. Harvard University Press, Cambridge.
- Zafeiris, Anna – Tamás, Vicsek (2018): *Why We Live in Hierarchies?: A Quantitative Treatise*. Springer, Berlin.



• Halász Géza, *Ultrahang*



•
Halász Géza, Nature