

A KOMPLEXITÁS SAJÁTOSSÁGAI

(részlet)

A komplexitás-elmélet egy látásmód a tudományos és művészeti ágazatok változatosságában bővelkedő világ megértéséhez. Mivel a komplex rendszerek „általában élő dolgokkal kapcsolatosak” (Cilliers 1998: 3), a komplexitás-elmélet alkalmazásának célja, hogy a jelenségek különféle fajtáit tárja fel az élet létrejöttétől a nyálkagombák megjelenéséig, az üzleti vállalatok szerveződésétől a szénatomoknak egy tengeri süneumbrióban való átalakulásáig (Yates és mások 1987: 2). A komplexitás-elméletet alkalmazhatjuk „kozmosz, galaktikus, csillag-, bolygó-, biológiai és társadalmi rendszerek esetében” (Soodak-Iberall 1987: 459). Széles körben használható, ugyanis a komplexitás alapelvei a rendszerekre vonatkoznak, nem pedig a szóban forgó rendszerek tartalmára: „nem a tartalmi elemek bizonyulnak lényegesnek, hanem a kapcsolatok” (van Geert 2001: 65). A komplex rendszerek modellálása az alkotóelemek között fennálló összefüggésekre vonatkozik, nem maguknak a részeknek a fizikai megjelenésére” (van Geert 2001: 71). Ennek tudhatjuk

be, hogy a komplexitással foglalkozó tudományok „nomádok”; különböző területeken alkalmazhatók (Doods 2011: 183).

Ha abból indulunk ki, hogy a komplexitás-elmélettel foglalkozó kutatások a komplex rendszerek beazonosítására és tanulmányozására vállalkoznak, érdemes először tisztázni a „rendszer” jelentését. A kifejezés félrevezető lehet, mivel gyakran használják a mechanisztikus renddel és a szabályossággal rokon értelemben. Amikor egy szofisztikált jelenségre (például egy időjárási sémára, egy ökoszisztémára vagy az emberi agyra) a komplex „rendszer” címkét ragasztjuk, azt sugallhatjuk, hogy az adott jelenség valamilyen előre elrendelt terv szerint strukturálódik. Tisztában kell lennünk a „rendszer” és a „komplex rendszer” közötti különbséggel. Nem minden rendszer komplex; előfordulhat, hogy közülük egyesek csak bonyolultak. Adrian Mackenzie nyíltan felszólal a komplexitás-elmélet „egyetemessége” ellen, amikor kijelenti: „Ha világnézetként általánosítjuk a komplexitást, a gondolat körszerűen visszafordul önmagába. Olyan mozgalom jöhet így létre, amely semerre nem halad, mert nem ütközik akadályokba és nem vállal kockázatot: »minden komplex«” (Mackenzie 2005: 58).

Noha felhasználhatjuk a komplexitás-elméletet arra, hogy számos tudományágat alakítsunk ki, illetve az élet több területét felölelő világszemléletet, ebből nem következtethetünk arra, hogy minden környező rendszer szükségszerűen komplex. A „rendszer” általános elgondolása és a komplex rendszer között a legfőbb különbség a rendszer szerveződési módjában fedezhető fel. A rendszer az elsődleges értelmezése szerint „egy egész, mely részekből épül fel egy *sémának vagy egy tervnek megfelelő* szabályos elrendezés alapján”¹. Azonban a komplex rendszerre jellemző „szabályos elrendeződés” nem egy előre elrendelt sémából vagy tervből származik: a részek megjósolhatatlan kölcsönhatásai szerint szerveződik. Ezeknek a kölcsönhatásoknak dinamikusnak kell lenniük, mert

¹ Lásd: *Oxford English Dictionary Online*, a „system, n.” [rendszer, f.] kifejezés alatt, December 2014. Letöltés: 2015. március 13. (A szerző kiemelése.)

komplex rendszert olyan elemek alkotnak, amelyek befolyásolják egymást, és – e folyamatok során – átalakulásra ösztönzik magukat és másokat is (van Geert 2001: 64). Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy milyen fontossággal bírnak az interakciók a rendszer komplexitásában. Valójában, „ha nem beszélhetünk a visszacsatolástól vagy az objektumok közötti kölcsönhatásoktól való függésről, akkor a rendszer egészében véve *non*-komplex lesz” (Johnson 2009: 71).

Ezek szerint a *non*-komplex rendszer, a legegyszerűbb formájában, összefüggő részek, eszmék vagy jelenségek csoportosítását jelenti, amelyek valamilyen séma vagy terv szerint szerveződnek. Ezzel szemben a komplex rendszert az egyedi szerveződési mintája alapján ismerhetjük fel. A komplex rendszerek önszerveződő, dinamikus, fejlődő hálózatok, amelyek központi irányítás nélkül működnek. Spontán módon szerveződnek, és a különböző részeik között folyamatban levő interakciókból keletkeznek. Annak ellenére, hogy egy komplex rendszer részét képezik, ezek a kölcsönhatásban álló részek egyszerűen is viselkedhetnek: megtörténhet, hogy az egyszerű interakciók komplexebb viselkedésmintákat és struktúrákat eredményeznek (Camazine és mások 2011: 11). Ezek az interakciók – néha egyszerűek, mégis előreláthatatlanok, sokfélék és számosak – azok, amelyek magát a rendszert konstituálják, és a kölcsönhatások során keletkező jelenségek lehetővé teszik a rendszer számára, hogy folytassa a fejlődését.

Az „emergencia” fentebb vázolt elképzelésében találhatjuk annak az okát, hogy a komplexitás-elmélet kiemelt fontosságot tulajdonít a rendszer elemei közötti kölcsönhatásoknak, mivel nem a részei által, hanem azok kapcsolata nyomán keletkezik a rendszer komplexitása: „a rendszer komponensei kölcsönhatásba kerülésük révén »spontán módon« kollektív tulajdonságokat vagy mintákat hoznak létre” (Urry 2005: 5). Habár valamely komplex rendszer mikrodinamikájából keletkeznek, a létrejövő jelenségeket nem redukálhatjuk erre a sajátosságukra (Urry 2005: 5). Ez az emergencia kapcsolatban áll a

rendszernek azon képességével, amellyel „spontán módon” képes rendet teremteni a káoszól és a szervezetlen viselkedési állapotokból. A komplex rendszerek változatosak lehetnek, a stabil állapottól a mindinkább zavaros fázisokig. Amikor egy rendszer jelentős mértékben rendezetlenné válik, belép egy olyan fázisba, melyet „korlátolt instabilitásnak” vagy a „káosz szélének” neveznek (Waldrop 1992: 12). Ilyen állapotban a rendszer nagy valószínűséggel új, kreatív jelenségeket és viselkedésmintákat produkál, melyek drasztikus módon megváltoztathatják a rendszert vagy annak részeit. A kaotikus állapot tehát kialakítja a rend új formáit.

A komplex rendszer 13 sajátossága

A komplex rendszer alábbi sajátosságain alapulnak a komplexitás-elmélet kulcsfontosságú koncepciói, amelyek nyomán a jelen kötet íródott. Azzal együtt, hogy bemutatják, a komplexitás lényegi jellemzői miként kapcsolódnak egyéb területekhez, a lentebb ismertett jellegzetességek önálló listaként is funkcionálhatnak, ami segítheti azokat az olvasókat, akik a saját tanulmányaikban vagy a szakterületükön szeretnék felhasználni a komplexitás-elméletet. Mondhatni, jól működő értelmezési alapot kínál a komplex rendszerekhez. Ezek a sajátosságok Paul Cilliers formatív listájára épülnek, amely jelentős hatást gyakorolt a komplexitás tudományára (Cilliers 1998: 3–5).²

- 1) A komplex rendszerek sok részből, elemből, tényezőből vagy individuumból épülnek fel (az élő vagy élettelen dolgok egyaránt idesorolhatók). Ilyen módon a komplex rendszert értelmezhetjük „decentralizáltként” vagy mint ami megoszlik az őt alkotó részek között.

² Cilliers a későbbiekben kibővítette az eredeti listáját, a kezdeti tíz sajátossághoz hozzáadta az emlékezést és az emergenciát (Cilliers 2010: 40). Néhány kritikus felkínálta a saját komplexitás-meghatározását (lásd Johnson 2009: 13–15; Waldrop 1992: 12). N. Katherine Hayles négy sajátosságot javasolt: a nonlinearitást; a komplex formákat, beleértve a skála és a fraktális formák fontosságát; a kezdőfeltételekre mutató érzékenységet; és a visszacsatoló mechanizmusokat, amelyek hurkokat kreálnak, melyekbe bemeneti elemeként csatlódnak vissza a kimeneti elemek (Hayles 1990: 11–14).

- 2) Az interaktivitásnak egy különleges fajtája idéz elő komplex rendszert: a részek kölcsönhatásának, Cilliers szavait idézve, „dinamikus” és „gazdag” folyamatként szükséges lejátszódnia – más szóval, a rendszer részeinek hatniuk kell egymásra, és egymás hatása alatt kell állniuk. Általában a kölcsönhatás helyhez kötött, és magába foglalja az individuumok, csoportok és a környezet között létrejövő kommunikációt (Doods 2011: 156).
- 3) Az interakciók – és általánosságban véve a rendszerminták – nonlinearisak. Előre nem látható módon viselkedhetnek, és azt eredményezhetik, hogy a rendszer kölcsönhatásai aránytalanul válnak.
- 4) A komplex rendszert pozitív (turbulens) és negatív (stabilizáló) visszacsatolások tartják fenn. Lényegében a rendszer kölcsönhatásai vagy a rendszerbe való kimeneti visszacsatolások működtetik, interakció-hurkok létrehozásával. Pozitív és negatív visszacsatolás egyaránt szükséges a rendszer számára. A pozitív visszacsatolás „általánosságban előmozdítja a rendszer változásait” (Camazine 2011: 17), és nevezhetjük akár turbulenciának vagy perturbációnak. A negatív visszacsatolás olyan viselkedés, mely működésével ellensúlyozza a rendszert érő turbulenciát (Camazine 2011: 16–17).
- 5) A komplex rendszerek nyíltak – ami annyit jelent, hogy kölcsönhatásban állnak a környezetükkel. Ez jelentősen megnehezíti, hogy meghatározzuk e rendszerek határait. Amit a rendszerhez vagy a rendszer kontextusához tartozóként azonosítunk, az függ a kutató célkitűzéseitől és nézőpontjától (Kunnen és mások 2001a: 225).³ Valamely komplex rendszer vizsgálata tehát egyúttal „világalkotási forma” is (Schön 1987: 3). A rendszer elkerülhetetlenül egy „konceptuális konstrukció” vagy olyan modell, amely hasonló, de nem azonos a valósággal, amelyet megjelenít (van Geert 2001: 68).
- 6) A komplex rendszerek instabilitást igényelnek a fennmaradáshoz. Valójában, bár az ilyen rendszerek viselkedhetnek rendezett, részben rendezett vagy jelentősen rendezetlen módon, a szervezethez és káosz között létezik egy pont, amely a lehető legproduktívabb és leghasznosabb lehet a rendszer számára. A komplex rendszerek „elérhetnek a rend és a káosz közötti határvonalat érintő »nyugalmi« állapotba, abba, amely optimalizálja a rendszer által teljesíthető feladatok komplexitását, és egyúttal optimalizálja a fejlődési képességet” (Kauffman 1993: 173). Ezt a liminális állapotot „a káosz szélének” vagy „korlátozott instabilitásnak” nevezik (Stacey 1996: 97).
- 7) A rendszer történelemmel rendelkezik. A múlt a jelennel együtt társfelelős a rendszer viselkedéséért.
- 8) A rendszeren belül minden elem vagy rész közömbösen viszonyul a rendszer mint egész viselkedéséhez. Egy egyén csak akkor érti meg a rendszert, ha érti annak lokális kölcsönhatásait. A rendszer komplexitása nem valamilyen individuális tudás vagy szándék alapján keletkezik, hanem az elemek vagy részek közötti interakciók eredményeképpen.
- 9) A komplex rendszer sokrétegű, számos interakciós szintet és skálát tartalmaz. A rendszer szintjeit értelmezhetjük időbeliként és térbeliként – egyaránt jelzik a rendszer nagyságát és korát.⁴ A szinteknek ez a komplex „hierarchiája” az atomoktól a molekuláig, a szövetektől az organizmusokig, a populációktól a közösségekig terjedhet (Ayala 1987: 318). Ezáltal több perspektíva nyílik a rendszerre: a makrokozmosztól a mikrokozmosz vagy lokális nézetig, széles a választék a „molekuláris és a makro” között (Doods 2011: 188). Így aztán a rendszer szintjeit a

³ A rendszerhatárok konstrukciójáról bővebben lásd: Cilliers, Paul – Human, Oliver 2013, illetve Byrne, S. David 2005.

⁴ Soodak és Iberall öt időkeretet azonosít, amelyek részben szervezik a társadalmi komplex rendszert (Soodak–Iberall 1987: 468). Iberall továbbmegy a témában egy későbbi fejezetben, meghatározva a kulcsfontosságú időskálákat (Iberall 1987: 526–527). Van Orden és mások a szappan megragadásának egyszerű példájával állnak elő, hogy bemutassák az eltérő időrétegeket (Van Orden – Holden – Turvey 2003: 333).

megfigyelőnek a rendszerhez való közelsége alapján konceptualizálhatjuk. Hasznos példát kölcsönözhetünk a neurobiológia területéről: a neurobiológia mikroszkopikus szintjét (celluláris elektrofiziológia) a „nehéz” tudományok kutatják, míg a makroszkopikus szintet (az emberi psziché tanulmányozása) a „puha” tudományok vizsgálják (Stent 1987: 344). Mindebből nem következtethetünk arra, hogy a komplex rendszerek egy rétegzett rendszerstruktúra szerint szerveződnenek: a szintek valójában kölcsönösen függnek egymástól. Az alacsonyabb szintű interakciók hozzák létre a makrokozmosz viselkedésmintát, amely visszacsatolódik a rendszerbe. Ilya Prigogine és Isabelle Stengers leírják a folyamatot, ahogyan „a mikroeseményekből kifejlődő makroszkopikus szerkezetek válaszul a mikromechanizmusok átalakításához vezetnek” (Prigogine–Stengers 1984: 191). A komplex rendszereket nem érthetjük meg kizárólag egyetlen szint alapján; amennyiben egy rendszert mint dinamikus értelmezünk, ez „lehetővé teszi számunkra, hogy játékban tartsuk az elemzés szintjeinek sorát, bármelyiknek az előnyben részesítése nélkül” (Tribble 2011: 151). A mikro-, közép- és makroszintű kölcsönhatások felismerése során, valamint amikor az egyes szinteken és időskálákon lejátszódó interakciókat azonosítunk, a komplexitás-elmélet „segíthet egy metaperspektíva előállításában, amelynek révén összekapcsolódhatnak az elme, az agy, a társadalom, az ökológia és a klíma különféle szintjei” (Doods 2011: 159).

- 10) A komplex rendszerekre „önhasonlóság” jellemző, olyan hasonlóságok, melyek minden skálán vagy szinten megvannak. A komplex szerkezetek hajlamosak „többé-kevésbé változatlanok tűnni, miközben mind jobban, a mikroszkóp nagyító hatását növelve, rájuk közelítünk” (Ball 2009: 41). A fraktálok jelenthetik az egyik megoldást arra, hogy megragadhatjuk a komplex rendszer szintjeinek önhasonlóságát. A fraktálok „ugyanazt a formát

tartják meg a nagyítás különböző szintjei, vagyis a különböző skálák változásai során” (Ball 2009: 42). A fraktálok különböző jelenségekben mutatkoznak meg, a fák elágazásaitól az emberi tüdő felépítéséig, a folyórendszerektől a tőzsdepiacig (Doods 2011: 150). A fraktálminták számos skálán keresztül ismétlődnek a felsorolt példák mindegyikében. Gabriel Egan azt állítja, hogy a „létezés nagy láncának” korai modern koncepciója valójában „előrevetíti az önhasonlóság gondolatát, amelyet a komplexitás-elméletnek tulajdoníthatunk”⁵. Egan szerint a létezés nagy láncát rámutat a különbségek folytonos skálájára az entitások között” (Egan 2011: 57).⁶ Robert N. Watson azt sugallja, hogy Shakespeare tudatában volt az önhasonlóság mintáinak; állítja, hogy a drámaíró felfigyelt arra, „hogy a világ skálák és fraktális szimmetriák titokzatos rendjeiben mutatkozik meg ... amit a művésze sok esetben sikeresen tükröz” (Watson 2011: 36).

- 11) Valamely komplex rendszer „önszerveződéssel” jöhet létre és maradhat fenn, amiből arra következtethetünk, hogy a rendszer makroszkopikus szintjei az alacsonyabb szintű elemek kölcsönhatásai révén alakulnak ki. „Az önszerveződés egy folyamat, melynek során a globális rendszer minta kizárólag a rendszer alacsonyabb szintű alkotóelemei közötti számos kölcsönhatásból eredhet. Ezenfelül a szabályok, melyek meghatározzák a rendszer elemeinek interakcióit, csak lokális információk felhasználásával hajthatók végre, a globális mintára való vonatkoztatás nélkül. ... Röviden, a minta sokkal inkább a rendszer emergens tulajdonsága, nem pedig olyan jellegzetessége, amelyet egy külső hatás utasítása kényszerített rá” (Camazine és mások 2011: 8). Az önszerveződés kiemelése a komplex rendszer-

⁵ Egan érvelését részletesen tárgyalja Greg Garrard (Garrard 2011: xix).

⁶ Egan szerint akkor beszélhetünk önhasonlóságról, „amikor kisebb egységekből épül fel az egész, amelyek közül mindegyik rendelkezik az egész valamilyen tulajdonságával” (Egan 2011: 69). Eganról és a fraktálokról bővebben lásd: Egan, Gabriel 2006.

ben lejátszódó interakciók hangsúlyozása egyben: egy rendszer esetében a dinamikus, gazdag, nonlineáris, (többnyire) lokális kölcsönhatások azok, amelyek önszervezik a rendszert. A rendszer mint egész nem szervezi a részeit, hanem a részek szervezik a rendszert.

- 12) A komplex rendszer egyik leginkább meghatározó sajátossága az emergencia; ez egy olyan folyamat, amelynek során a



rendszer, az őt alkotó részek közötti interakciók révén, új jelenségeket hoz létre. Az emergencia az „újszerű és koherens” minták és szerkezetek előállítására utal, mely a komplex rendszerben lejátszódó önszerveződő interakciókon keresztül megy végbe (Goldstein 1999: 49). Ez a jelenség azt szemlélteti, hogy a komplex rendszer esetében az egész többet jelent, mint a részeinek a pusztán összességét. Vagyis az emergenciát nem redukálhatjuk a rendszert alkotó egyedi elemekre (Cilliers 2010: 40; Camazine és mások 2011: 8; Urry 2005: 5).

- 13) A rendszer viselkedését jelentősen meghatározzák az attraktorai. Egy attraktor a rendszernek az előnyben részesített magartási állapota, amely felé az idő során közelíteni fog (Kauffman 1993: 177). Különböző attraktortípusok léteznek, amelyek más-más rendszerminőt képeznek: a stabil vagy fixpontú attraktor stabil, ismétlődő mintákat alkot; a periodikus attraktor több rendszerbeli változást tesz lehetővé; végül a kaotikus vagy különös attraktor a korlátolt instabilitáshoz sorolható.

[...]

A komplexitás-elmélet kialakulása

A komplexitás-elmélet, ahogy arra Neil Johnson rámutat, „nagyon gazdag kutatási területet” kínál (Johnson 2009: 213). John Urry azt állítja, hogy jelenleg a „komplexitásfordulat” közepén tartunk (Urry 2005: 1). Ennek ellenére, noha a komplex *rendszerek* felismerhető jellegzetességekkel rendelkeznek, nincs teljes egyetértés a komplexitás-elmélet alkalmazhatóságát illetően. Talán jobb, ha úgy gondolkodunk róla, mint „tudományos amalgámról. Vagyis ha ötletek gyarapodásaként, retorikai hibridként tekinthetünk rá” (Thrift 1999: 33). [...]

A leírás és a megfigyelés módszerei változatosak, mivel az elmélet nem szűkíthető le egyetlen specifikus tudományágra vagy megközelítésre. Valójában a komplexitást tanulmányozó munkákat gyakran inkább annak a megismerése foglalkoztatja, hogy mi konstituál egy adott komplex rendszert, ahelyett, hogy keretbe foglalná ezeknek a rendszereknek a kutatásait. Ez annak köszönhető, hogy „a komplexitás tudományainak központi kérdése az, hogy miként képeződik az emergens önszerveződő viselkedés” (Mitchell 2009: 13). Ha belefeledkezünk a komplex rendszerek *mibenlétének* feltárásába, olykor homályossá válhat, hogyan tanulmányozzuk őket, és mihez kezdjünk a szóban forgó rendszerekkel az azonosításukat követően. Cilliers felveti a kérdést: „Mi az [a komplexitás], és hogyan érthetjük meg általa a világot? Megoldódnak-e gondjaink, ha tuda-

mást szerzünk arról, hogy a dolgok komplexek? (Cilliers 2010: 39) Ezekre a kérdésekre még mindig keresik a választ, mert „rövid története során a komplexitás-tudomány a legnagyobb figyelmet olyan jelenségek megfigyelésére és leírására fordította, mint amilyenek az önszerveződő, önfenntartó, adaptív – ami annyit jelent, célkitűzéseink szempontjából, hogy tanulékony – rendszerek” (Davis–Sumara 2006: 79). A komplexitás-elméleti szakirodalom hajlamos arra törekedni, hogy bebizonyítsa egy kiválasztott téma komplexitását, de elbátortalanodik, amikor annak a feltárására kerül sor, hogy a komplexitás miként segít megérteni a világot és megoldani a gondjainkat.

Létezik néhány szokványos válasz Cilliers első kérdésére: „Mi a komplexitás?” Felkutatjuk az elmélet geneziséét és történetét, ezáltal szemléltetve, hogy a komplexitás-elmélet a „nehéz tudományokból” ered, és az idők során kiterjedt más, „puha” tudományos elméletekre. Meghatározhatjuk a komplexitás-elméletet oly módon, hogy listázni kezdjük a komplex rendszereket (népszerű választásnak számít az időjárás, a városi közlekedés történései, az emberi agy, a hangyatelepek és a tőzsdepiac). Úgy is definiálhatjuk a komplexitás-elméletet, hogy felkutatjuk azokat a sajátosságokat, amelyek a komplex rendszereket konstituálják (mint a fentiekben soroltak). Azonban ilyen módon a komplexitás-elmélet gyorsan átalakul a vizsgált témájának leírásává: a komplex rendszerek meghatározásává lesz. Az ehhez fogható rendszerek felismerése azonossá válik azok tanulmányozásával – az érdeklődés tárgya (a komplex rendszerek) és annak tanulmányozása (a komplexitás-elmélet) gyakran összerosódik.

Még az elnevezés is arra utal, hogy a komplexitás-elmélet vitatott. Mivel a komplexitás-elmélet önmagában véve nem egy hagyományos elméleti ág, a terminust néha olyan alternatívák helyettesítik, mint a komplexivizmus (*complexivism*), a komplexitás-elméletek, a komplexitás-tudomány, a „komplex gondolkodásmód” (Davis–Sumara 2006: 25), a komplexitás (Horn 2008: 126), a komplex rendszerek tanulmányozása, vagy olyan átfogó

gyűjtőnevek, mint az „új tudomány”, a „nonlineáris dinamika vagy dinamikus rendszerelmélet” (Hayles 1990: 8), a komplex adaptív folyamatok vagy a rendszerelmélet⁷. Néha kapcsolatba hozzák a káoszelmélettel⁸.



A legtöbb komplexivista legalább abban egyetért, hogy hiányzik az általános konszenzus (Wallis 2009: 26–38). F. Eugene Yates írja, hogy „sajnos a komplexitás meghatározása homályos” (Yates 1987: xi); David S. Byrne kijelenti, hogy a komplexitás-elmélet tanulmányozásában hiányzik az egységesség, illetve annak természeténél fogva lehe-

7 Hasonlóan hiányzik az átláthatóság és az egység a rendszerelmélet terminológiájában. William Rasch és Cary Wolfe szerint „a szabálygyűjtemények közül az egyik, amelyek révén össze próbálták egyeztetni ezeket a különböző területekről (biológia, kommunikáció, matematika, fizika) származó, eltérő konceptuális modelleket és megközelítéseket, a »rendszerelmélet« elnevezést kapta” (Rasch–Wolfe 2000: 9).

8 N. Katherine Hayles utal a káoszelméletre vagy káosztudományra, de azzal pontosítja állítását, hogy a szakértők a „nonlineáris dinamika vagy a dinamikus rendszerelmélet” elnevezést kedvelik (Hayles 1990: 8). Mackenzie így ír: „A legnépszerűbb tudományos és akadémiai beszámoló a káoszelméletet a komplexitás-spektrum egyszerű végére helyezik. Elméletileg redukálhatóként jelenik meg: a kaotikus rendszerek lényegileg egyszerűek, mert mechanikusak és determinisztikusak. Mivel az önszerveződés és az emergencia elméletei a hálózatalapú modellek felé fordultak, a komplexitás diskurzus ma korlátozott jelentőségűnek látja a káoszelméletet” (Mackenzie 2005: 46).

tetlen „redukálni” (Byrne 1998: 14); Johnson tudatosítja, hogy „még nem rendelkezünk egy tökéletesen kidolgozott »elmélettel« a komplexitásról” (Johnson 2009: ix); Cilliers megjegyzése szerint „a komplexitás »tudományága« egy megosztott ház” (Cilliers 1998: 40); Waldrop hozzáfűzi, hogy ez a jelenség „még mindig túlságosan új, és annyira szerteágazó, hogy senki sem tudja megfelelően definiálni, illetve még azt sem, hol fekszenek a határai” (Waldrop 1992: 9); Helga Nowotny állítja, hogy „a komplexitást közismerten nehéz definiálni és felbecsülni” (Nowotny 2005: 15); továbbá Melanie Mitchell hozzáteszi: „még nincs a *komplexitásnak tudománya*, és az egyetlen egységes *komplexitás-elmélet* sem létezik még, annak ellenére, hogy sok cikk és könyv használja ezeket a kifejezéseket. ... Egy új tudomány kialakításakor alapvető jelenségnek számít a küzdelem, hogy meghatározzuk a központi terminusokat” (Mitchell 2009: 14).⁹

Nem jelent feltétlenül hibát, hogy nincs egységesség, ugyanakkor: ha összesűríténénk a komplexitás-elmélet számos változatát egy egyesített elméletbe, nem szükségszerű, hogy az hasznossá vagy „értelmessé” válna (Mitchell 2009: 293). A kognitív tudományokkal foglalkozó Evelyn Tribble is kiemeli e terület szórványos természetét és a koherencia hiányát, és figyelmeztet a veszélyre, ami akkor áll fenn, ha „egy formát választunk ki a vizsgálódások teljes területének reprezentálására” (Tribble 2011: 17).

Brent Davis és Dennis Sumara feltérképezik, hogyan alakult ki a komplexitás-elmélet mint tudományág, és három időszakot különböztetnek meg: Komplexitás 1.0, 2.0 és 3.0 (Davis–Sumara 2012: 30). Ez az elgondolás, mint általános modell, a segítségünkre lehet – abban az értelemben, hogy egyfajta leegyszerűsített útmutatást kínál a komplexitás-elmélet elterjedése és csiszolódása történetének tekintetében.¹⁰

A Komplexitás 1.0 azt a felismerést jelöli, hogy létezik a jelenségek azon osztálya, me-

lyeket nem értelmezhetjük az egyszerű ok-okozati dinamika terminusaival (Davis–Sumara 2012: 30). A komplexitás-elméletet gyűjtőnévként használták, hogy az önhasonló [*self-similar*] dinamika révén egységet teremtsen az egymástól egészen eltérő jelenségek kutatásában, amelyek, különbözőségük ellenére, rendkívül hasonló viselkedésmintákat produkálnak (Davis–Sumara 2012: 30–31). Johnson olyan rendszerekben azonosítja a komplexitást, mint a forgalmi dugó, a járványok vagy a pénzpiac (Johnson 2009: 5). Cilliers a nyelvet nyilvánítja komplex rendszernek (Cilliers 1998). Mitchell tárgyalja a hangyatelepre, az agyra és az immunrendszerre jellemző komplexitást, és állítása szerint a világháló is „önszerveződő társadalmi rendszer” (Mitchell 2009: 10). Számos teoretikus azt kutatja, hogy ez a jelenség milyen értékkel bír az oktatásban.¹¹ Byrne társadalmi téren, az egészségügyben, az oktatásban és a politikában vizsgálja a jelenlétét (Byrne 1998). Kunnen és mások leírják, hogyan alkalmazható a „nonlineáris dinamikus rendszerelmélet” az én és az identitás fogalmát illetően (Kunnen és mások 2001b: 4). Ralph D. Stacey az emberi rendszerekre (mint amilyenek az üzleti szervezetek) irányítja a figyelmet (Stacey 1996: 19). Nigel Thrift azt szemlézi, milyen úton jutott el a jelenség a „művészetbe, a filmbe, a drámába és az imaginatív fikcióba” (Thrift 1999: 39).

A tény, hogy ezek a komplex viselkedésminták széles körű jelenségek esetében alkalmazhatók, megmagyarázza a komplexitás-elméletnek a különböző tudományágakra való kiterjedését. Míg eredetileg a matematikai és fizikai tudományokból vezették le, beleértve a termodinamikát¹², a kvantumfizikát, a kibernetikát és a számítógépes tudományt, a komplex viselkedésminták korán megjelentek más területeken is, mint a társadalomtudományok, a kozmológia, a nyelvészet, a geológia, az evolúciós biológia, a filozófia és a városfejlesztés (Urry 2005: 2).

11 Példaként lásd: Davis–Sumara 2006; Mason 2008; Morrison 2002; Osberg–Biesta 2010; Doll (szerk.) 2005.

12 Prigogine és Stengers az idézett kötetükben úgy határozzák meg a termodinamikát, mint „a »komplexitás tudományának« első formáját” (Prigogine–Stengers 1984: 99). Munkájuk fontos alapot nyújt a kortárs komplexitás-elméletnek.

9 Az eredetiben dőlt betűkkel szedve.

10 Davis és Sumara három időszaka nagyjából annak a vázlatos háttéranyagnak a folytatása, amely Kauffmanhoz köthető (Kauffman 1993: 173).

Lényegében a Komplexitás 1.0 a mechanisztikus, az arányos ok-okozati viszony „newtoniánus” világnézetétől való kritikus elfordulást jelenti.¹³ Jeanette Elizabeth Lancaster azt állítja, hogy Newton törvényei az anyagi világnak „részecskék és entitások” terminusaiban való elgondolásához vezettek – egy olyan nézőponthoz, amely „áthatja a társadalomtudományos gondolkodást is” (Lancaster 2013: 1266). A newtoniánus vizsgálódási keret leírásakor Lancaster kijelenti: „A redukciója során ez a megközelítés egy epistemológiai vizsgálódási kerettel szolgál, amely »dolog-«, »entitás-« vagy »szubsztancia-«-alapú: *szubsztancialista* vizsgálódási keret. ... Ebben a keretben az entitások vagy szubsztanciák ontológiai elsőbbséget élveztek, maguk mögé utasítva a viszonyokat” (Lancaster 2013: 1266). [...] Lancaster hasznos megkülönböztetéssel áll elő: a newtoniánus vizsgálódási keret a dolgokra helyezi a figyelmet; a komplex vizsgálódási keret a dolgok közötti viszonyokra összpontosít. A newtoniánus világnézet az irodalomtudományban is megjelenik: „századokon keresztül az irodalomkritikusok – a tudományokban tevékenykedő társaikhoz hasonlóan – egy olyan kultúra elvárásaihoz alkalmazkodtak, amely előnyben részesítette a lineáris, karteziánus logikát, mint az elemzés leghatékonyabb formáját” (Gillespie 1999: 360).

A Komplexitás 1.0 kihívás a mechanisztikus világnézet számára azáltal, hogy „radikális fordulatot tesz a sokszoros, a temporális és a komplex felé” (Prigogine–Stengers 1984: xxvii). Lancaster kifejezésével élve, a newtoniánus szubsztanciális vizsgálódási keretet, illetve annak a „dolgokra” való összpontosítását, felváltja a „komplexitás perspektívája, [amelyben] a kapcsolatok ontológiai státuszt élveznek” (Lancaster 2013: 1267).

Edgar Morin olyan értelemben említi ezt az átalakulást, mint amely a szubsztancialistától

a relacionális vizsgálódási keret felé történt, mint a „korlátozott komplexitásról” az „általános komplexitás” felé való elmozdulást.¹⁴ A korlátozott komplexitás valójában egyáltalán nem komplex, valamint összhangban van a newtonianizmussal, mivel a klasszikus tudomány alapelveit használja. A korlátozott komplexitás elmélete amellet érvel, hogy a rendszer előrelátható és determinisztikus, mert az általa használt redukált nézőpont feltételezi, hogy megismerhetünk valamit azáltal, hogy ismerjük a részeit (Cilliers–Human 2013: 31). Lancasterhez hasonlóan Morin is kijelenti, hogy a kulcsfontosságú különbség a korlátozott komplexitás (a klasszikus gondolkodásmód) és az általános komplexitás (a Komplexitás 1.0) között abban rejlik, hogy az utóbbi a rendszert alkotó részek viszonyaira és kölcsönhatásaira összpontosít. A következő írja: „az általános komplexitás a komplex rendszerek epistemológiája felé mutat, amely a részek közötti *kapcsolatokat* vizsgálja, s egyúttal foglalkozik magukkal a részekkel is”.¹⁵ Más szóval, a komplexivista megközelítés különös figyelmet szentel a rendszerben történő interakcióknak.

Az említett, a korlátozott komplexitástól az általános felé, avagy a dologalapú (newtoniánus) paradigmától a kapcsolatalapú (Komplexitás 1.0) felé történt fordulat növeli az arra irányuló figyelmet, amit Alvin Toffler a valóság azon aspektusainak nevez, melyek napjaink felgyorsult társadalmi változásait jellemzik: „rendetlenség, instabilitás, diverzitás, egyensúlyhiány, nemlineáris kapcsolatok (melyekben kis bemeneti egységek számottevő következményeket idézhetnek elő) és temporalitás – az időfolyamra való megnövekedett érzékenység”.¹⁶ A valóságot újszerűen gondolják el, és ahelyett, hogy úgy gondolnának rá, mint „rendszerre, stabilra és egyensúlyban levőre”, „zavarossá lesz, és pezsegni fog a változásban, a rendetlenségben és a folyamatokban”.¹⁷ Azon belül, hogy vázolja a fentebb em-

13 Prigogine és Stengers saját értelmezést alkotnak a terminusról: „A *newtoniánus* terminust mindenre alkalmazták, ami a törvények rendszerével, egyensúlyállapottal foglalkozott, illetve még olyan esetekben is felhasználták, amikor egyrészt a természeti rend, másrészt a morális, társadalmi és politikai rend kifejezhetőnek bizonyult a mindenre kiterjedő harmónia terminusaival” (Prigogine–Stengers 1984: 29).

14 Edgar Morint Cilliers idézi (Cilliers 2010: 40). Eredeti szöveg: Morin 2007.

15 Morint idézi Cilliers és Human (Cilliers–Human 2013: 32).

16 Alvin Toffert Prigogine és Stengers idézi (Prigogine–Stengers 1984: xiv–xv).

17 Toffert Prigogine és Stengers idézi (Prigogine–Stengers 1984: xv).

lített kritikai átalakulást, a Komplexitás 1.0 többnyire arra korlátozódik, hogy meghatározza a komplex jelenségeket.

A Komplexitás 2.0 továbblép a komplex rendszerek beazonosítása és meghatározása tekintetében. Davis és Sumara szerint az a sajátossága, hogy a komplex viselkedésmin-ták eredetére és utóhatására összpontosít. Azt sugallják, hogy a komplexitásnak ez az időszaka a vizsgálat tárgyát úgy alakította ki, hogy az „a komplex dinamika meghatározásán túl a különböző dinamikai típusok hasonló gyökereire, szerkezeteire és következményeire összpontosított” (Davis–Sumara 2006: 31). Davis és Sumara szerint ekkor „érkezett el a komplexitás kora” (Davis–Sumara 2006: 31). Mivel a komplex dinamika „gyökereinek” elemzésében érdekelt, ez a szakasz vizsgálja a természet-, a társadalom- és a humán tudományok közötti határok átjárhatóságát is. A komplex dinamika szempontjának a különböző tudományágakra való kiterjesztése megköveteli, hogy újraértékeljük a „kemény tudomány” és a humán tudomány „két kultúrája” között fennálló kapcsolatot.¹⁸

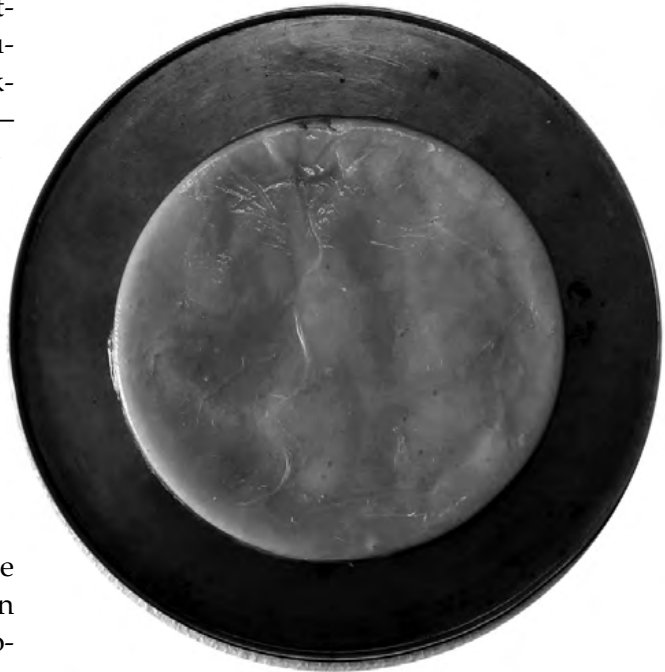
A komplexitáshoz hasonló „rendszerelméletnek” az interdiszciplináris terjedése olyan kérdéseket vet fel, mint hogy milyen kapcsolat áll fenn a „nehéz” és „puha” tudományok között, és ehhez kapcsolódóan metadiskurzust gerjeszt a tudománynak az irodalomban betöltött szerepéről.¹⁹ A komplexitáselmülethez hasonló tudományos vizsgálódási keretek érvényességére vonatkozó kérdéseket az irodalomtudományok sem kerülhetik meg. A kemény tudományos belátások beépítése néha úgy jelenik meg, mint az irodalomtudományokban észlelt „válságra” kinnálcózó megoldás.²⁰ Jonathan Gottschall azt

18 A „két kultúra” terminus a „kemény tudományra” és a humán tudományra utal. Lásd: Snow 1959. Egy későbbi kiadásban Snow hozzáfűzi: „Ez a polarizáció merő veszteség mindannyiunk számára. Számunkra, mint emberekre nézve, és a társadalmunkra vonatkoztatva. Ez egyidejűleg gyakorlati, intellektuális és a kreativitást illető veszteség, továbbá, ismétlem, hiba lenne azt képzelni, hogy az említett három tényező tisztán elkülöníthető lenne” (Snow 1964: 11).

19 Rasch ezt a területet úgy említi, mint „a tudomány és az irodalom» gyarapodó szabálygyűjteményét” (Rasch–Wolfe 2000: 14). Ennek a területnek a további tudósai közé tartozik F. Elizabeth Hart, N. Katherine Hayles, Bruce Clarke, William Paulson, Niklas Luhmann és Ira Livingston.

20 John Drakakis utal a „kriszise” és az új alternatív módszertanra,

állítja, hogy az irodalomtudományok krízisponthoz értek, és ha „meg akarjuk menteni az irodalomtudományok területét, szükséges, hogy a kemény tudományok felé közelítsünk” az elmélet, a módszertan és az uralkodó ethosz tekintetében (Gottschall 2008: 12, 3).²¹ Diana E. Henderson olyan interdiszciplinaritás igényét hangsúlyozza, mely „a művészetek és a tudományok” összefonódásából áll (Henderson 2008a: 260). Szélesre tárt szemléletet javasol, mely a Shakespeare-tudomány-



ban kialakult komfortzónán kívülre tekint, „olyan módszertant, amely magába foglalja a kvantifikációt, a tudományt és a művészi produkciótól eltérő célt szolgáló technológiákat” (Henderson 2008b: 11). Henderson szerint ez a fordulat létfontosságú, „amennyiben a humán tudományok vissza szeretnék szerezni az autoritásukat közéleti vagy oktatásiüggyi vitákban” (Henderson 2008a: 260).

Ezt a gondolatot a „kemény tudomány” iránt táplált folyamatos szkepticizmus övezi a humán tudományokban. William Rasch és Cary Wolfe rámutat arra, hogy lassan fogad-

ami a Shakespeare-tudományban uralkodó paradigma „megtörésével” fenyeget (Drakakis 2002: 1, 23).

21 Gottschall minősíti a „kriszise” igényét azáltal, hogy elismeri, „nem mindenki gondolja úgy, hogy napjainkban a végéhez közeledünk” (Gottschall 2008: 2)

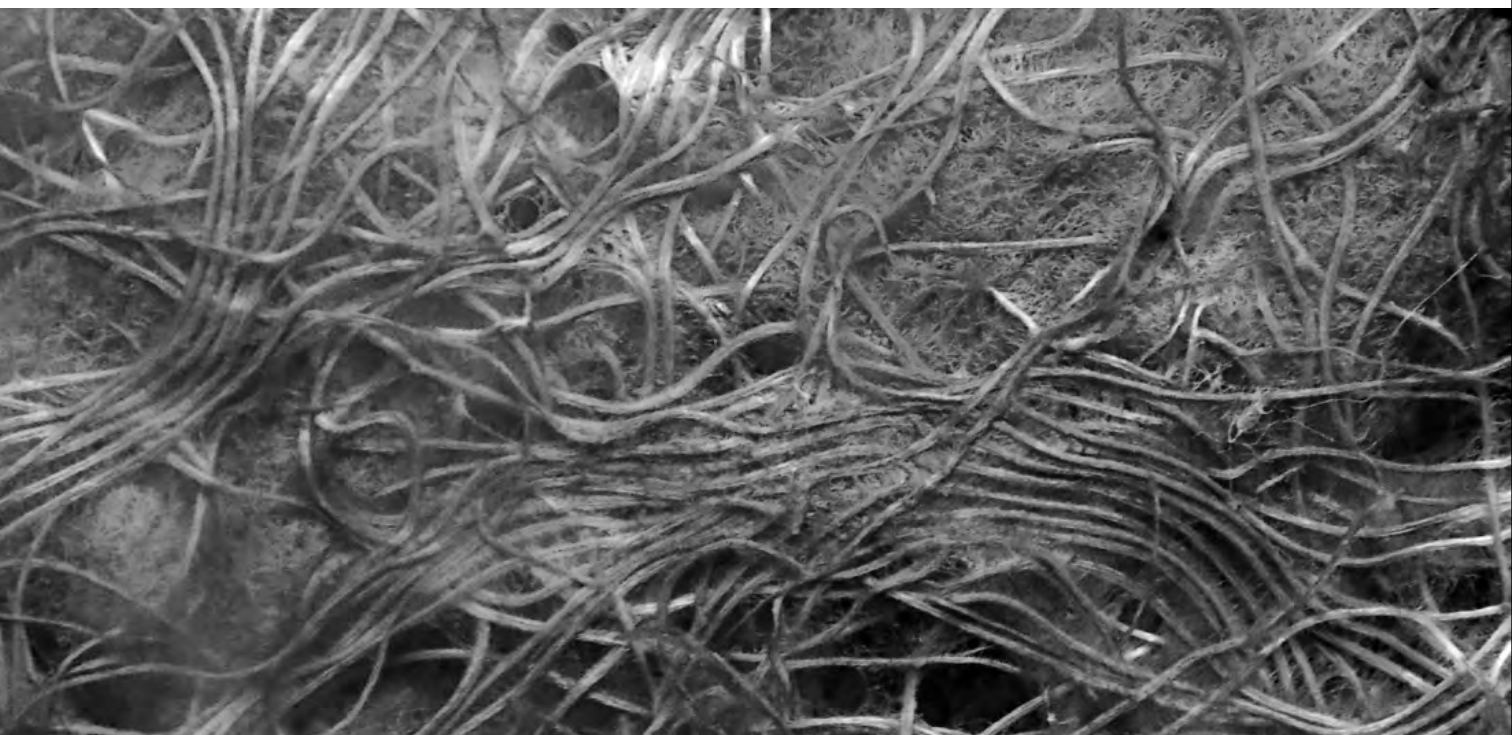
ják be a humán tudományok a rendszerelméletet: „amennyiben az általános rendszerelméleti paradigma kilépett a természeti és matematikai tudományokból, hogy jelentős hatást gyakoroljon a társadalomtudományokra (ahogy azt Niklas Luhmann munkássága szemlélteti), ugyanez, az esetek többségében, nem történt meg a humán tudományok területén, amelynek tudósai lassan ismerték fel, hogy milyen potenciálisan termékeny és felszabadító dolgok rejlenek a reprezentacionista világnézet összeomlásában” (Rasch–Wolfe 2000: 13).

Gottschall két hagyományos okot idéz, melyek magyarázatot adnak a szkepticizmusra, amit az irodalomtudományok a „kemény tudományok” iránt táplálnak: az első az a meggyőződés, miszerint ezen a területen a fontos kérdéseket „egyszerűen *nem lehet* számszerűsíteni”; a másik az, hogy – még ha számszerűsíthetnénk is a problémákat – „a kvantitatív elemzés ledörzsöli az egyéni karaktereknek és szövegeknek a finom textúráját – és ez a finom textúra az elsődleges tárgya az irodalmi elemzésnek. A statisztikai általánosítás maga után vonja a komplexitás és a nüanszok merev redukcióját, és az irodalomtudományokban a komplexitás és a nüansz a kenérrrel és a vajjal egyenlő” (Gottschall 2008: 50).

A „kemény tudomány” és az irodalom állítólagos összeférhetlenségének az ismertett magyarázatai több hibás feltételezést is tartalmaznak: az első, hogy a tudomány ár-

talmasan reduktív az olyan komplex tárgyak szempontjából, mint amilyen az irodalmi szöveg; a második, hogy a „kemény tudományos” megközelítést kizárólag a kvantitatív módszertan határozza meg (valójában ez a komplexitás-elméletről sem mondható el); és a harmadik, hogy az irodalom a lényegéből adódóan alapvetően ellentmondásban áll a „kemény tudományokkal”.

Az érvelés tovább bonyolódik, ha figyelembe vesszük, hogy nem világos, mi a pontos kapcsolat a „kemény tudomány” és az irodalom között. Annak ellenére, hogy néha hamis dichotómiaként azonosítják, egyes határok elkerülhetetlenül megmaradnak. A kognitív tudományt alkalmazva Shakespeare-re, Amy Cook kijelenti: „A »két kultúra« elkülönítése mesterséges és terméketlen. Hogy mi történik az egyik épületben, és mi a másikonban, az talán különbözik a módszertan és az evidencia tekintetében, de az új kérdések és válaszok keresése ugyanaz” (Cook 2010: 155). Azonban Cook képtelen rá, hogy teljes egészében lemondjon erről a mesterséges elkülönítésről, mivel állítását egy további figyelmeztetéssel egészíti ki, miszerint: „noha a kemény tudományok és a művészetek/humán tudományok egyre közelebb kerülnek egymáshoz, muszáj figyelmet fordítani a partvonalra” (Cook 2010: 157). Gottschall hasonló manőverrel áll elő, visszautasítva a kemény tudományok és a humán tudomány között észlelt „módszertani falat”, mint „kép-



zeletünk koholmányát – kudarcát”, ugyanakkor hozzáfűzi, hogy bizonyos humán tudományos kérdések szükségszerűen „eltérítenek” minden kemény tudományos megközelítést (Gottschall 2008: 47, 10). A legészszérűbb tanácsot N. Katherine Hayles adja, szerinte „az irodalom és a tudomány egyik kihívásának számít az olyan módszertan létrehozása, amely rávilágít a tudományágak közötti konvergenciára, ugyanakkor a továbbiakban is elismeri a nagyon is valóságos különbségek fennállását” (Hayles 1990: 3). Ebből kifolyólag a Komplexitás 2.0 részben úgy jellemezhető, mint a tudományágak felosztásának az újragondolása, illetve annak, ahogyan ezek a felosztások befolyásolhatják vagy elhomályosíthatják az elméleti forrásokat vagy struktúrákat. Míg a Komplexitás 1.0 jellemzője a komplexitás-elmélet kiterjedése, vagyis az, hogy a tudományterületek és diszciplínák sorában felismerte a komplex rendszerek jelentőségét, addig a Komplexitás 2.0 úgy tekintett ezen kiterjedésre, mint a határok újratárgyalására és a meglévő definíciók megkérdőjelezésére.

David és Sumara elgondolása alapján a Komplexitás 3.0 úgy határozható meg, mint a gyakorlati alkalmazásra való hatványozott odafigyelés: „Körülbelül 2000 óta a komplexitás-kutatás egyértelműen pragmatikusabbá vált. Miközben folytatódik a leírásokon és az elemzéseken való munkálkodás, a jelenlegi munkának a kiemelt részévé vált, hogy lehetővé tegyék az emergens komplex jelenségek létrejöttét – ami annyit jelent, hogy immár nemcsak azonosítani akarják őket, nem csupán azt szeretnék jobban megérteni, mi működteti őket, hanem egyre inkább tudatos erőfeszítéseket tesznek, hogy a létezésük kiváltói legyenek, támogassák a kialakulásukat és fenntartsák a létüket” (Davis–Sumara 2012: 31). Azt állítják, hogy manapság a komplexitás-elmélet nem pusztán beazonosítja és elemzi a komplex rendszereket, hanem aktívan elköteleződik az irányukban, egészen addig a pontig, amikor megkísérel komplex jelenségeket létrehozni, valamint hatni rájuk és befolyásolni őket. David és Sumara megjegyzi, hogy ez a pragmatikus szint „jelentős

haszonnal szolgálhat a nevelők számára” (Davis–Sumara 2012: 32). Mindazonáltal Davidnek és Sumarának a harmadik szinttel kapcsolatos következtetése valószínűleg elhamarkodott; még csak kezdetleges szinten *gyakorolják* a komplexitást a neveléstudományban vagy más területeken.

TERNOVÁ CZ Dániel fordítása

IRODALOM

- Ayala, Francisco J. 1987. Biological Reductionism: The Problems and Some Answers. In Yates, F. Eugene: *Self Organising Systems: The Emergence of Order*. Plenum Press, New York–London, 315–324.
- Ball, Philip 2009. *Branches – Nature’s Patterns: a Tapestry in Three Parts*, vol. 3. Oxford University Press, Oxford.
- Byrne, David S. 1998. *Complexity Theory and the Social Sciences: An Introduction*. Routledge, London–New York.
- Byrne, S. David 2005. Complexity, Configurations and Cases. *Theory Culture & Society* 22 (5): 95–111.
- Camazine, Scott 2011. *Self-Organisation in Biological Systems*. Princeton University Press, Princeton–Oxford.
- Cilliers, Paul 1998. *Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems*. Routledge, New York
- Cilliers, Paul 2010. The Value of Complexity: A Response to Elizabeth Mowat & Brent Davis. *Complicity: An International Journal of Complexity and Education* 7 (1): 39–42.
- Cilliers, Paul – Human, Oliver 2013. Towards an economy of complexity: Derrida, Morin and Bataille. *Theory Culture & Society* 30 (5): 24–44.
- Cook, Amy 2010. *Shakespearean Neuroplay: Reinvoigorating the Study of Dramatic Texts and Performance Through Cognitive Science*. Palgrave Macmillan, New York.
- Davis, Brent – Sumara, Dennis 2006. *Complexity and Education: Inquiries into Learning, Teaching, and Research*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah – New Jersey.
- Davis, Brent – Sumara, Dennis 2012. Fitting Teacher Education in/to/for an Increasingly Complex World. *Complicity: An International Journal of Complexity and Education* 9 (1): 30–40.
- Doll, William E. (szerk.) 2005. *Chaos, Complexity, Curriculum, and Culture*. Peter Lang, New York.
- Doods, Joseph 2011. *Psychoanalysis and Ecology at the Edge of Chaos: Complexity Theory, Deleuze|Guattari and Psychoanalysis for a Climate in Crisis*. Routledge, London – New York.
- Egan, Gabriel 2006. *Green Shakespeare: From Ecopolitics to Ecocriticism*. Routledge, London – New York, 26–27.
- Egan, Gabriel 2011. Gaia and the Great Chain of Being. In Bruckner, Lynne –Brayton, Dan: *Ecocritical Shakespeare*. Ashgate, Farnham–Burlington, 57–70.

- Garrard, Greg 2011. Foreword. In Bruckner, Lynne – Brayton, Dan: *Ecocritical Shakespeare*. Ashgate, Farnham–Burlington, xvii–xvii.
- van Geert, Paul L. C. 2001. Fish, Foxes, and Talking in the Classroom: Introducing Dynamic Systems Concepts and Approaches. In Bosma, Harke A. – Kunnen, E. Saskia: *Identity and Emotion: Development through Self-Organisation*. Cambridge University Press, Cambridge, 64–88.
- Gillespie, Michael Patrick 1999. Reading on the Edge of Chaos: *Finnegans Wake* and the Burden of Linearity. *Journal of Modern Literature* 22 (2): 359–371.
- Goldstein, Jeffrey 1999. Emergence as a Construct: History and Issues. *Emergence* 1 (1): 49–72.
- Gottschall, Jonathan 2008. *Literature, Science, and a New Humanities*. Palgrave, Macmillan, New York.
- Hayles, N. Katherine 1990. *Chaos Bound: Orderly Disorder in Contemporary Literature and Science*. Cornell University Press, Ithaca–London.
- Henderson, Diana E. 2008a. Alternative Collaborations: Shakespeare, Nahum Tate, Our Academy, and the Science of Probability. In Uó. *Alternative Shakespeares* 3, 243–263.
- Henderson, Diana E. 2008b. Introduction. In Uó. *Alternative Shakespeares* 3. 1–13.
- Horn, James 2008. Human Research and Complexity. In Mason, Mark: *Complexity Theory and the Philosophy of Education*. Wiley-Blackwell, Chichester, 124–136.
- Iberall, Arthur S. 1987. A Physics for Studies of Civilization. In Yates, F. Eugene: *Self Organising Systems: The Emergence of Order*. Plenum Press, New York – London, 521–540.
- Johnson, Neil 2009. *Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory*. Oneworld, Oxford.
- Kauffman, Stuart 1993. *Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press, New York – Oxford.
- Kunnen, E. Saskia 2001a. A Self-Organizational Approach to Identity and Emotions: An Overview and Implications. In Bosma, Harke A. – Kunnen, E. Saskia: *Identity and Emotion: Development through Self-Organisation*. Cambridge University Press, Cambridge, 202–230.
- Kunnen, E. Saskia 2001b. Introduction. In Bosma, Harke A. – Kunnen, E. Saskia: *Identity and Emotion: Development through Self-Organisation*. Cambridge University Press, Cambridge, 1–9.
- Lancaster, Jeanette Elizabeth 2013. Complexity and Relations. *Educational Philosophy and Theory* 45 (12): 1264–1275.
- Mackenzie, Adrian 2005. The Problem of the Attractor: A Singular Generality between Sciences and Social Theory. *Theory Culture & Society* 22 (5): 45–65.
- Mason, Mark 2008. *Complexity Theory and the Philosophy of Education*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Mitchell, Melanie 2009. *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press, Oxford.
- Morin, Edgar 2007. Restricted Complexity, General Complexity. In Gershenson, Carlos – Aerts, Diederik – Edmonds, Bruce: *Worldviews, Science and Us: Philosophy and Complexity*. World Scientific, Singapore, 5–29.
- Morrison, Keith 2002. *School Leadership and Complexity Theory*. Routledge, London;
- Osberg, Deborah – Biesta, Gert 2010. *Complexity Theory and the Politics of Education*. Sense Publisher, Rotterdam.
- Nowotny, Helga 2005. The Increase of Complexity and its Reduction: Emergent Interfaces between the Natural Sciences, Humanities and Social Sciences. *Theory Culture & Society* 22 (5): 15–31.
- Prigogine, Ilya – Stengers, Isabella 1984. *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*. Bantam Books, New York.
- Rasch, William – Wolfe, Cary (szerk.) 2000. *Observing Complexity: Systems Theory and Postmodernity*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Schön, Donald 1987. *Educating the Reflective Practitioner: Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*. Jossey-Bass, San Francisco – London.
- Snow, C. P. 1959. *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge University Press.
- Snow, C. P. 1964. *The Two Cultures: and a Second Look. An Expanded Version of the Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge University Press, London.
- Soodak, Harry – Iberall, Arthur S. 1987. Thermodynamics and Complex Systems. In Yates, F. Eugene: *Self Organising Systems: The Emergence of Order*. Plenum Press, New York – London, 459–469.
- Stacey, Ralph D. 1996. *Complexity and Creativity in Organizations*. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco.
- Stent, Gunther S. 1987. Programmatic Phenomena, Hermeneutics, and Neurobiology. In Yates, F. Eugene: *Self Organising Systems: The Emergence of Order*. Plenum Press, New York – London, 339–345.
- Thrift, Nigel 1999. The Place of Complexity. *Theory Culture & Society* 16 (3): 31–69.
- Tribble, Evelyn 2011. *Cognition in the Globe: Attention and Memory in Shakespeare's Theatre*. Palgrave Macmillan, New York.
- Urry, John 2005. The Complexity Theory. *Theory Culture & Society* 22 (5): 1–14.
- Yates, F. Eugene 1987. *Self Organising Systems: The Emergence of Order*. Plenum Press, New York – London.
- Van Orden, Guy C., Holden, John G., Turvey, Michael T. 2003. Self-Organization of Cognitive Performance. *Journal of Experimental Psychology General* 132 (3): 331–351.
- Waldrop, M. Mitchell 1992. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. Simon & Shuster, New York.
- Wallis, Steven E 2009. The Complexity of Complexity Theory: An Innovative Analysis. *Emergence: Complexity and Organisation* 11 (4): 26–38.
- Watson, Robert N. 2011. The Ecology of Self in *A Midsummer Night's Dream*. In Bruckner, Lynne – Brayton, Dan: *Ecocritical Shakespeare*. Ashgate, Farnham–Burlington, 33–56.