

KÁOSZ A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOKBAN?

A káoszelmélet (félre)értelmezése a társadalomtudományokban

Maródi Máté

fizikus, PhD-hallgató – marodi@tek.bke.hu

Bevezetés

A társadalomtudományok gyakran próbálnak természettudományos mintát követni, *Comte* is eredetileg társadalmi fizikának nevezte volna a szociológiát. E törekvés első sorban a természettudományok elmúlt néhány évszázadbéli – viszonylagos – sikerének köszönhető. A követendőnek ítélt minta a legtöbb esetben a fizika, a természettudományok ideáltípusát legjobban megközelítő diszciplína. A minták átvétele több szinten valósulhat meg, az axiomatizált, formalizált elméletekre törekvéstől a konkrét fizikai – vagy más természettudományi – elméletek közvetlen társadalomtudományi alkalmazásáig.¹ A fizika új eredményeit szinte mindig megpróbálták legalább metaforák szintjén átültetni a társadalmi jelenségek elméleteibe. Nem kerülhette el ezt a sorsot a mechanika, a relativitáselmélet vagy a részecskefizika sem. Az ilyen kísérletek legtöbbször azonban felületes analógiákon, elemi félreértéseken alapul.

Az elmúlt évtizedekben a fizikai elméleteken belül a káoszelmélet vált az egyik legnagyobb „sztárrá”. Számos népszerű ismeretterjesztő írás, könyv jelent meg e témakörben. Így nem meglepő, hogy ez az elmélet – vagy annak bizonyos elemei – is bekerül-

tek a társadalomtudományi diskurzusba, és akárcsak a korábbi fizikai elméletek esetében, itt is rengeteg félreértelmezés született.

Nem célja ennek az írásnak, hogy kimerítő bevezetést nyújtson magába a káoszelméletbe, illetve a tágabb értelemben vett dinamikus rendszerek elméletébe. Röviden jellemezve a kaotikus rendszereket: olyan determinisztikus egyenletekkel leírható rendszerekről van szó, amelyekben a mozgás, a dinamika érzékenyen függ a kezdeti feltételektől. Hangsúlyozzuk, hogy tipikusan kevés egyenlettel leírható mozgásokról beszélünk (sokdimenziós esetben nem meglepő a bonyolult viselkedés). A valós rendszerekben a kezdeti feltételek nem ismerhetők meg pontosan², továbbá a numerikus számítások szükségszerűen véges pontossága miatt a rendszer viselkedése hosszú távon nem ismerhető meg pontosan.³ A káoszelmélet részletei iránt érdeklődő olvasó a hivatkozott irodalomban találhat kimerítő bevezetést a témába (Mura-közy, 1997; Fokasz, 2000; Tél és Gruiz, 2002).

E tanulmányban a káoszelmélet félrevezető, hibásnak tekinthető társadalomtudományi alkalmazásait vizsgáljuk. A hibák

² Azaz nem létezik végtelen pontosságú mérés.

³ A kaotikus rendszereket leíró egyenletek tipikusan nem kezelhetők, nem oldhatók meg egzakt módon, ezért csak numerikus úton tanulmányozható viselkedésük.

három szinten jelennek meg. Az „alkalmazások” gyakran a káoszelmélet szakkifejezéseinek, fontos fogalmainak félreértelmezésén alapulnak, ezért egy példán megvizsgáljuk, milyen zavarokhoz vezethet az ilyen jellegű értelmezési hiba. Ezután bemutatjuk, milyen következményekkel jár az az állítás, hogy a társadalmi folyamatok vagy a történelem – legalábbis részben – kaotikus, ezért a káoszelmélet alkalmas lehet a leírásukra. Végül azt a közkeletű nézetet elemezzük, hogy a káoszelmélet és a komplexitás mint új természettudományos paradigma általánosabb kontextusba helyezve megújíthatja a társadalomtudományokat is, esetleg megmagyarázva eddigi „sikertelenségüket”.

Szükséges hangsúlyozni, hogy a fenti tünetek általában nem elkülönülten, hanem a legtöbb esetben egyszerre fordulnak elő, az egyes hibafajták összefüggnek, egymásból következnek. A típusok szétválasztása pusztán a felismerésüket könnyítheti meg.

Lényeges, hogy az ilyen hibák és félreértések előfordulása nem azt jelenti, hogy a káoszelmélet – vagy bármilyen más természettudományos eredetű megközelítés – *elvileg* ne lenne alkalmazható a társadalmi jelenségek bizonyos körének leírására vagy modellezésére. Arra kívánunk csupán rámutatni, hogy a káoszelmélet nem csodaszer, alkalmazása pedig kellő hozzáértést és körültekintést igényel. A káoszelmélet koncepcionális elemeinek félreértéséről részletes elemzés található *Jean Bricmont* hivatkozott írásában (Bricmont, 1996).

Fogalmi tisztaság?

A káoszelméletben – és általában a nemlineáris tudományokban – számos érdekes kifejezést, furcsán hangzó, misztikusnak tűnő fogalmat használnak: Ljapunov-exponens, fázistér, kontrollparaméter, bifurkáció, különös attraktor, pillangó-effektus – hogy csak néhány példát említsünk. Amikor a

fizikusok – vagy más természettudósok – e szavakat használják, akkor ezt úgy teszik, hogy betartják a szabatos közlés szabályait. Legtöbbjüknek van a tudományos közönségen belül elfogadott olyan definíciója, amely használatukat egyértelművé teszi. Léteznek persze olyan fogalmak is, melyeknek az általánosan elfogadott mellett más meghatározásai is ismertek. Példaként hozhatjuk a *fraktál*/kifejezést, amelyen általában olyan geometriai objektumot értünk, amelyre a megfelelően definiált Hausdorff-dimenzió kisebb, mint az objektum beágyazási dimenziója, legalábbis néhány hosszúságrenden keresztül (Vicsek, 1992). Az általánosan használt definíció azonban nem mindig teljesül, az ún. kövér fraktálok (*fat fractals*) esetén például a két dimenzió megegyezik. Mindezeket túl a fraktál fogalmát még sokféleképpen lehet definiálni.⁴ A szokásostól eltérő fogalomhasználatot azonban illik jelezni, ami így egyértelművé teszi a közléseket. Fogalmazhatunk úgy is, hogy a természettudományok kevés lehetőséget adnak az interpretációra, a hermeneutikai megközelítésre.⁵

A társadalomtudományokban nyilvánvalóan más a helyzet. Miközben természetesen sok társadalomtudós törekszik a szabatos fogalmazásra, a világos definíciókra, nagyon sok olyan írással találkozhatunk, amelyben ez nem így van. Különösen akkor feltűnő ez, amikor a természettudományok vagy a matematika kifejezéseiről, azok szándékolt alkalmazásáról van szó. Ezt alapvetően azzal magyarázhatjuk, hogy a társadalomtudományok jelentős része jellegéből adódóan nyitott a jelentésértelmezésekre. Ennek következtében a tudományos dis-

⁴ A különböző definíciók azonban szorosan összefüggenek.

⁵ Itt természetesen nem arra gondolunk, hogy a természettudományokkal kapcsolatos metaelméletekben (tudományfilozófia, ismeretelmélet stb.) nincs mód a különböző értelmezésekre. Ezek az elméletek azonban nem természettudományos elméletek.

kurzus megengedi a „lazább” fogalomhasználatot, a „költői” eszközök alkalmazását.

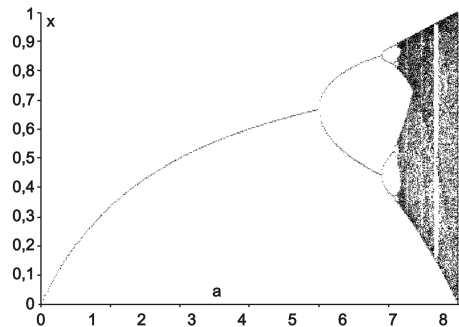
A társadalomkutatásnak azonban van olyan vonulata is, amely a jelentésértelmezés lehetőségét igyekszik kiszorítani. Ilyenek tekinthető a survey-felvételeken alapuló, statisztikai adatfeldolgozó módszereket alkalmazó empirikus szociológia, és azok a kísérletek is, melyek formális modelleket próbálnak alkalmazni a társadalomtudományok hagyományos kutatási területein.⁶

Amikor azonban adott matematikai, fizikai vagy egyéb természettudományi elméletek felhasználásáról van szó, akkor azok tulajdonságait, attribútumait is tudomásul kell venni. Ennek figyelmen kívül hagyása visszaélés a természettudományokkal és visszaélés a nem természettudományos képzettségű közönség türelmével is.

A természettudományos szóhasználattal való visszaélés legjellemzőbb példáit *Sokal* és *Bricmont* (2000) nagy port felvert könyvükben kimerítően ismertetik. Ők elsősorban az kívánják megmutatni, hogy az összefoglalóan és jobb híján „posztmodern”-nek nevezett szerzők milyen gátlástalan módon és milyen nyilvánvaló csúsztatásokkal nyúlnak a matematika és a természettudományok eszköztárához, szókincséhez. Kitérnek a kaoszelmélettel kapcsolatos példákra is, különösen a lineáris és nemlineáris kifejezések félreértéséből, a többféle jelentésből következő fogalmi zavarból adódó esetekre.

Kevésbé elterjedt, de hasonló félreértésekhez vezet a *bifurkáció* fogalma. A bifurkáció erősen technikai kifejezés, ami legalábbis a kaoszelmélettel kapcsolatban matematikai jellegű. Arra utal, hogy egy adott – differenciál- vagy differenciaegyenletekkel

leírható – dinamikus rendszer megoldása valamilyen paraméterérték hatására kvalitatívan megváltozik. Kvalitatív változáson itt a megoldás stabilitásának különféle megváltozásait kell érteni. Fontos kiemelni, hogy a változás jellegétől függően többféle bifurkációról beszélhetünk – azaz nem létezik *a* bifurkáció. A bifurkáció legismertebb példáját a kaoszelmélet „állatorvosi lova”, a logisztikus leképezés adja. Sokak számára lehet ismerős az 1. ábra, amely a kaoszelmélet témakörének egyik legtöbbször bemutatott ábrája. A vízszintes tengelyen a logisztikus leképezés paraméterét mérjük,⁷ míg a függőleges tengelyen a kialakuló attraktor pontjainak helyét.



1. ábra • A logisztikus leképezés bifurkációs diagramja

A bifurkációs diagram számos félreértésre adhat okot, természetesen csak akkor, ha valaki nincs tisztában az alapvető kaoszelméleti fogalmakkal. Az egyik legelterjedtebb félreértelmezés a diagram elágazásával kapcsolatos. Egyesek úgy értelmezik, hogy ilyenkor egy stabil állapot helyett *két másik* jelenik meg: „Ekkor a korábbi egyetlen egyensúlyi pont két különböző egyensúlyba válik szét (két további fixpont jelenik

⁷ A logisztikus leképezés általános alakja: $x_{t+1} = cx_t(1 - x_t)$, ahol c a leképezés dinamikai tulajdonságait meghatározó ún. *kontrollparaméter*. Értelmes – a $[0,1]$ intervallumba képező – leképezést akkor kapunk, ha c értéke 0 és 4 közé esik.

⁶ Ehelyütt nem vállalkozhatunk annak tárgyalására, hogy ezek a módszerek mennyire alkalmazhatók, használatuk mennyire indokolható a társadalom kutatásában.

meg). A rendszer két, egymástól lényegesen eltérő állapotú viselkedési formát vehet fel." (Nováky, 1995a).

Kétségtelen, hogy létezik ilyen bifurkáció is,⁸ azonban rögtön kiderül, hogy itt valóban nem erről van szó: „Bifurkáció esetén a periódus-kettőződés jelensége áll fenn, amit további periódus-kettőzések sorozata követ.” (Nováky 1995a).

Ez a leírás egyértelműen az ún. Hopf-bifurkációra vonatkozik, amikor egy eredetileg stabil fixpont helyett a megfelelő paraméter változtatásával egy ún. határciklus, azaz periodikus mozgás jelenik meg. Ez a bifurkációtípus jellemzi a logisztikus leképezést is. A paraméter növelésével a határciklus periódusa kettőzések végtelen sorozatán megy át, míg egy adott kritikus paraméterérték felett kaotikussá válik a rendszer.⁹

A bifurkációnak – és ezen belül is különösen a logisztikus leképezés bifurkációs diagramjának – egy másik igen tipikus félreértése, hogy a különböző állapotokat időben egymás utáni állapotokként fogják fel. Ebben az értelmezésben úgy tűnhet, mint ha a „bifurkációk sorozata” az időfejlődés során bekövetkező változások sorozata lenne. Az esetek legnagyobb részében ez egyszerűen nem igaz: a bifurkációk a (kontroll)paraméter megváltozásának hatására „következnek be”, azaz a paraméter értékének növelése vagy csökkentése a rendszer aszimptotikus viselkedésének kvalitatív megváltozásához vezet. Egyszerűbben azt is mondhatjuk, hogy a bifurkációs diagram vízszintes tengelyén a kontrollparaméter szerepel és nem az idő. Természete-

sen, ha a kontrollparaméter változik az időben, akkor elképzelhető ilyen scenárió, ehhez viszont meg kellene mutatni, hogy mi a kérdéses paraméter, és hogyan, miért változik. Így aztán nehéz mit kezdeni az ilyen jellegű állításokkal: „Meggyőződésem, hogy az emberiség jelenleg az információs technológiáknak köszönhetően egy bifurkációs folyamaton megy keresztül. [...] Mi lesz a hatása a jelenlegi bifurkációnak? Az előforduló léptékek miatt a nemlineáris tagok nagyobb szerepét várhatjuk, tehát nagyobb fluktuációkat és megnövekedett instabilitást.” (Prigogine, 1999).

Hasonlóan téves következtetésekhez vezethet a bifurkációk és a kezdeti feltételekre való nagyfokú érzékenység összekeverése. A kaotikus állapotban levő rendszerek ugyanis úgy viselkednek, hogy egymástól csekély mértékben különböző állapotokból nagyon különböző – determinisztikus – időfejlődés lehetséges. A pályák ilyen szétválásának azonban semmi köze a bifurkációkhoz. Sőt, a bifurkációk – végtelen – sorozata a kaotikus tartományon kívüli paraméterértékekre vonatkozik, a kaotikus tartományban – legalábbis a szokásos perióduskettőző értelemben – nem a bifurkációk a lényegesek, a trajektóriák végtelen hosszú periódussal bírnak.

A történelem káosza?

Az előző szakaszban a bifurkáció példáján láthattuk, hogy a káoszelmélettel kapcsolatos kifejezések kellő körültekintés nélkül milyen félreértésekhez vezethetnek. Egy-két hibásan felfogott kifejezés azért még nem dönt meg egy elméletet – szólhatna az ellenvetés. Ebben a szakaszban arra teszünk kísérletet, hogy megmutassuk, milyen súlyos következményei lehetnek egyes kifejezések vagy a káoszelmélet koncepcionális alapjai meg nem értésének. A példák az egyik legtipikusabb ilyen kezdeményezés köréből valók, amely szerint a

⁸ Ez az ún. villa-bifurkáció.

⁹ A helyzet nyilvánvalóan bonyolultabb, a technikai részletek iránt érdeklődő olvasót az irodalomhoz utaljuk. Megjegyezzük azt is, hogy bizonyos értelemben igaz, hogy a logisztikus leképezés bifurkációi új stabil fixpontok megjelenésével járnak. Ezek azonban már az eredeti leképezés *iteráltjainak* fixpontjai (és nem az eredeti leképezésé).

társadalmi folyamatok és/vagy maga a történelem kaotikus.

A legegyszerűbb azokkal az esetekkel kezdeni, amelyekben a káoszelmélet egyes alapfogalmait köznapi vagy más tudományokban használt jelentésükkel (is) azonosítják. Richard Lanham, miközben az új információs és kommunikációs eszközöknek a tudományra és az oktatásra gyakorolt hatásáról értekezik, megállapítja, hogy: *„[...] szembesülnünk kell a vizsgálódás egy harmadik területével, amit a digitális számítógép alapvetővé tett a humán jellegű vizsgálódásoknál: ez a káoszelmélet. Bármi más is legyen, a szavak, képek és hangok új keveréke – amit a digitális kommunikáció hoz magával – radikálisan nemlineáris, asszociatív, nem-folytonos, kölcsönható [interactive] lesz. Ahogy a posztmodern művészet megjósolta, az ilyen kommunikációs eljárások jelentősen függeni fognak a léptékváltásoktól. Véletlenül már rendelkezésünkre áll a szervezetek ilyen nemlineáris rendszereiről és különösen a léptékváltásokról való gondolkodás új útja. Úgy nevezik: »káoszelméletek.«* (Lanham, 1992).

Sajnos ez nem igaz.¹⁰ A káoszelmélet semmit sem mond a kommunikáció nemlinearitásairól, intertextualitásáról, nem-folytonosságáról. Itt nyilvánvalóan a Sokal és Bricmont által is sokat elemzett jelenségről van szó: a kommunikációs folyamatok, szövegek elemzésére használt nemlineáris szónak, melynek bizonyára létezik egy többé-kevésbé jól körülhatárolható definíciója a kommunikáció elméletén belül, semmi köze a matematikai módszerekkel dolgozó tudományok nemlinearitás fogalmához.¹¹

¹⁰ Egyes társadalomtudósok szempontjából sajnálatos lehet, hogy egy viszonylag jól kidolgozott eszköztárú természettudományos-matematikai elmélet nem vihető át ilyen egyszerűen a társadalmi folyamatok elemzésére.

¹¹ Természetesen található kapcsolat a nemlinearitás két definíciója között, ez azonban szükségszerűen gyenge, és nem ad okot az összemérésra.

Ugyanez a helyzet a szövegben található többi kifejezéssel is (nem-folytonosság, léptékváltás stb.), ezért a fenti idézet következtetése hibás, nem tartható.

A „történelem káosza” koncepció is részben a fogalmi félreértéseken alapul. Másrészt viszont azon a hiten, hogy noha az emberiség történelme alapvetően determinisztikus, törvények által szabályozott, e törvények azonban kaotikusak. Emiatt a társadalmi változások a kaotikus folyamatok előrejelzési nehézségei miatt¹² nem megjósolhatók, hosszú távra semmi esetre sem.

Az ilyen írások általában a *„Mi lett volna, ha...?”* felfogásban születtek. Közülük nagyon sok utal az ismert versikére az elvesztett patkószögről, amely végül egy ország vesztét okozta (l. pl. McCloskey, 1997). E felfogás szerint a történelem determinisztikus, menetét adott törvények, szabályok irányítják, kaotikus voltuk miatt azonban rendkívül érzékenyek a kis perturbációkra. Ha bármi közelebbire vagyunk kíváncsiak e törvények részleteivel kapcsolatban, többnyire kiderül, hogy a történelmi folyamatok bonyolult összefüggéseit nem *kevés számú* változó összefüggései irányítják, hanem rengeteg, gyakorlatilag számba nem vehető mennyiségű körülmény sajátos kimeneteléről van szó. A történelem „állapotát” meghatározó releváns változók között így a hadvezérek döntései, az esetleges kedvező időjárás mellett szerepelniük kell a katonák vagy az egyes patkószögek pozíciójának is. A csaták kimenetelét vagy a történelmet leíró törvényeknek pedig e változók között kellene összefüggéseket megadniuk. A káoszelmélet viszont kevés állapotváltozóval jellemezhető, „alacsony-dimenziós” rendszerekkel foglalkozik, így még ha igaz is lenne, hogy a történelmet kényszerítő erejű törvények irányítják, e tör-

¹² Szükséges hangsúlyozni, hogy ez a nehézség a káoszelméletben a kezdeti feltételek mérésének elvi korlátaiból adódik.

vények szinte biztosan nem a káoszelmélet értelmében kaotikusak.

Michael Shermer, a racionális tudomány védelmezője, az áltudományosság elleni küzdelem egyik kiváló harcosa (Shermer, 2001) is belesik ebbe a hibába. A történelem káoszáról írt tanulmányában amellett érvel, hogy: „*a káoszelmélet új perspektívát nyújt a múlt változásainak leírására*” (Shermer, 1997).

Az általa kidolgozott modell szándéka szerint egyesíti magában az esetlegesség¹³ [*contingency*] és a szükségszerűség [*necessity*] kettősségét: „*az esetleges-szükségszerű [...] események összetétel-kozása, amely meghatározó jellegű előfeltételek révén kikényszerít egy bizonyos eseménysort*” (Shermer, 1997).

Azaz „*bármely történelmi folyamat során az esetlegességek szerepe a szükségszerűségek felépítésében hangsúlyos a korai szakaszban, és gyengül a későbbiekben*” (Shermer, 1997).

Mi köze mindennek a káoszelmülethez? Ha részletesen megvizsgáljuk Shermer téziseit, arra következtetésre juthatunk, hogy nem sok. A történelmi folyamatok általa kaotikusnak nevezett szakaszai a folyamatok korai, esetlegességgel jellemezhető szakaszai. Shermer az esetlegességet valamiféle véletlen jellegű fluktuációnak, a nagyszámú kiismerhetetlen faktor hatásának tekinti. A káoszelmélet „klasszikus” modelljeiben azonban nincsenek ilyen fluktuációk: a dinamika – mint az korábban láthattuk – determinisztikus, káoszelmélettel kapcsolatos valószínűségi állítások a véges megfigyelési pontosság következményei. Léteznek elméletek az olyan kaotikus rendszerek kezelésére, amelyek zajosak, ezek azonban messze túlmutatnak a fenti fogalmi kereten. Az amerikai polgárháború – ami úgy tűnik,

hogy az egyik kedvenc példa ezen a területen – zajos káosszal való jellemzését viszont eddig nem sikerült meggyőzően megalapozni.

A jelen és a múlt magyarázatának problémái mellett a jövő jósolhatatlanságát is szokás a társadalmi folyamatok kaotikus-ságának tulajdonítani. A káoszelmélet relevanciáját a jövőkutatásban azonban semmiképpen sem alapozhatja meg az, hogy „*az instabil viszonyok már-már állandósulni látszanak. [...] az instabilitás és a káosz jelensége mind több helyen és mind gyakrabban megjelenik.*” (Nováky, 1995b), mivel ezt még senki sem bizonyította a káoszelmélet apparátusának korrekt felhasználásával.

Paradigmaváltás?

A humán tudományok egyik kedvelt koncepciója a *paradigma*. E sokféleképpen értelmezhető – és sokféleképpen értelmezett – fogalmat ma általában Thomas Kuhn művéhez, *A tudományos forradalmak szerkezetéhez* szokás kötni. A paradigma szép példája azoknak a széles körben használt tudományos kifejezéseknek, amelyek számos jelentéssel, interpretációval bírnak, egyes „számítások” szerint maga Kuhn is több mint húszféle értelemben használja könyvében. Egy jellemző definíció szerint Kuhn olyan általánosan elismert tudományos eredményeket ért paradigma alatt, „*melyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók egy közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak*” (Kuhn, 1984). A paradigmák a tudományban Kuhn szerint tapasztalható forradalmak nyomán alakulnak ki, felváltva a korábban uralkodó nézeteket.

De (új) paradigmának tekinthető-e a káoszelmélet? Kétségkívül igaz, hogy az 1960-as évek óta a dinamikus rendszerek elméletei egyre több kutató számára

¹³ Megjegyezzük, hogy a magyar fordítás szóhasználatától eltérően a *contingency* kifejezést esetlegességnek fordítottuk (nem pedig véletlennek).

jelentenek egyfajta gondolkodási keretet. Többen úgy vélik, hogy a káoszelmélet – és a modern nemlineáris fizika többi ága – olyan új elemzési keretet nyújthatnak, amely megújíthatja a társadalomtudományokat is. Robert Geyer például a természettudományok nemlineáris „paradigmája” mintájára a társadalomtudományokban is hasonló megközelítést javasol. Nézete szerint a komplexitás nemlineáris nézőpontja köztes pozíciót foglal el a lineáris gondolkodás rendje és az „alinearis” megközelítés rendezetlensége között (Geyer, 2001). Itt ismét előbukkan a nemlineáris szó különböző értelmezéseiből fakadó fogalmi zűrzavar. Ez a jogosulatlan összemérés azonban egyből megkérdőjelezi a lényegi állítást, vagyis azt, hogy a nemlineáris jelenségek matematikai-tervezettudományos elméletei mintaként szolgálhatnak a társadalomtudományok számára.

Fontos jellemzője az új paradigmáknak az inkompenzurabilitás, azaz az összemérhetetlenség. Kuhn szerint a tudományos forradalmak nyomán megjelenő új paradigmák nem összeegyeztethetőek a korábbiakkal, „nem ugyanarról beszélnek”. A káosz tudománya azonban csak erős korlátokkal tekinthető ilyennek. „Új nyelven beszélt” például a kvantummechanika a huszadik század elején, új egyenletekkel írta le a világot. A káoszelméletben megjelenő egyenletek azonban nem újak, ezek a klasszikus mechanika, hidrodinamika vagy akár populációdinamika egyenletei. Szemléletes példával élve, az egyik legegyszerűbb kaotikus viselkedést mutató rendszer, a kettős inga mozgását leíró egyenletek már évszázadok óta ismertek. Megoldásuk azonban nem volt lehetséges, csak a számítástechnika fejlődése nyitott utat *numerikus* kezelésüknek. A káoszelmélet valóban létrehozott olyan új fogalmakat, amelyek lehetővé teszik a kaotikus viselkedés – és a káosz kialakulásának – leírását, kezelését.

Ezek a fogalmak azonban részben a dinamikus rendszerek elméletének korábbról ismert fogalmaira építenek, részben pedig olyan jelenségeket jellemeznek, amelyek azelőtt ismeretlenek voltak. Az összemérhetetlenség feltételei tehát nem teljesülnek.

Tudományelméleti szempontból kétségtelenül figyelemreméltó a káoszelmélet. A determinizmus-sztocasztikus viselkedés kettősségét sajátos módon haladja meg: determinisztikus rendszerek, melyek inherens módon valószínűségi eszközökkel kezelhetők. Sokan úgy vélik, hogy a káoszelmélet megjelenésével megdőlt a fizika determinista felfogása: „*A rend/rendezetlenség dichotómiájának megcáfolásával a káoszelmélet destabilizálja a klasszikus tudomány nagy narratíváját, amely a tudományos objektivitás fellevésével egyetlen ellentmondást nem tűrő világképet nyújt. [...] A káoszelmélet a klasszikus tudomány világnézetét egy nemfolytonos, indeterminált világképpel helyettesíti, ami a nyelv posztmodernista modelljében is tükröződik.*” (Ward, 1996).

Szerencsére a káoszelmélet nem destabilizálja a „tudományos objektivitást”, inkább erősíti azt. A káoszelmélet rámutat arra, hogy korábban nem vagy nehezen értelmezhető jelenségek miért éppen úgy viselkednek. A káosz világképe alapvetően determinisztikus, pusztán a mérések véges pontossága teszi azt olyanná, hogy alapvetően a valószínűségi leírás alkalmazható. A valószínűségi leírás viszont egyáltalán nem új a természettudományokban. A fizika nagy területei közül a statisztikus mechanika már több mint száz éve sikeresen alkalmazza ezt a módszert. A kvantumelmélet pedig a mikrovilág olyan leírását adja, amelyben a folyamatok inherensen valószínűségi jellegűek.¹⁴ Ez a felismerés rendkívül nagy vitákat váltott ki a huszadik század

¹⁴ A megfelelő valószínűsések dinamikáját leíró Schrödinger-egyenlet azonban determinisztikus.

elején Niels Bohr és a köré csoportosuló koppenhágai iskola, illetve a klasszikus determinizmusához ragaszkodók (pl. Einstein) között. Mára általánossá vált az indeterminista felfogás a kvantummechanikával kapcsolatban. A káoszelmélet tudományelméleti relevanciájával kapcsolatban Bricmonttal érthetünk egyet, aki szerint „*ami a »káosz« név alatt fut, az jelentős tudományos teljesítmény, de nincsenek olyan radikális filozófiai következményei, mint amilyeneket néha neki tulajdonítanak.*” (Bricmont, 1996).

A káoszelmélet részleges újszerűsége és a vizsgálható rendszerek széles skálája miatt sokakban keltette azt az érzést, hogy itt a tudomány alapvető megváltozásáról van szó. A káosz koncepciója így divattá vált a tudományos élet számos területén, ami azt eredményezte, hogy a káoszelméletről szóló diskurzus kikerült a természettudományos vagy matematikailag képzett közönség berkeiből.¹⁵ A fent elemzett tévedések, félreértések nagy részét ez a jelenség okozta. Emiatt ellenőrizhetetlen kijelentések sokasága született a témához kapcsolódóan: „*A nemlineáris rendszerek és folyamatok nem mutatják a lineáris rendszerekhez köthető jól ismert, harang alakú eloszlást, ahol a változás fokozatos és rendezett, és ahol a mérések egy átlagos érték köré csoportosulnak. Ezzel szemben többek között Mandelbrot és Gleick felfedezték, hogy a nemlineáris rendszerekben a változás véletlenszerűbb és kevésbé megjósolható, diszkontinuitásokat foglal magában, továbbá hirtelen változásokat a simákkal és az állandósággal szemben – az alacsonyat nem feltétlenül követi magas.*” (Globalcomplexity.org).

¹⁵ Ehhez hozzájárult az is, hogy a káoszelmélet egyes fogalmai különösebb matematikai apparátus nélkül is szemléltethetőek anélkül, hogy a valós tartalom csorbát szenvedne. A modern részecskefizikával ezt sokkal nehezebb lenne megvalósítani.

Túl azon, hogy ebben az idézetben is előfordulnak koncepcionális hibák, itt egy nagyon tipikus jelenségre hívjuk fel a figyelmet. Mivel a káoszelmélet használja a matematika eszköztárát, ezért a matematikai kifejezéseket kevésbé értő közönség a változó minőségű ismeretterjesztő irodalomból szerzi ismereteit.¹⁶ Ez esetenként roppant veszélyes lehet, mivel az olvasó nem tudja eldönteni, hogy a szerző által leírtak mennyire fedik a valóságot, mennyi közülük van a bemutatni kívánt diszciplínához. Szerencsére kevés pontatlanságot tartalmaz a legismertebb ilyen mű, James Gleick könyve a *Káosz – Egy új tudomány születése*.¹⁷

Gleick azonban soha nem volt természettudós vagy matematikus. Ő újságíró, így legfeljebb azt fedezhette fel – újra –, hogy miként lehet természettudományos témájú könyvvel felkerülni a sikerlistákra. Leginkább persze a bevezetőben is említett írásokat ajánlhatjuk a téma iránt érdeklődőknek (Muraközy, 1997; Fokasz, 2000; Tél és Gruiz, 2002).

Természetesen nem kerülhető meg a természettudósok felelőségének kérdése sem. A káoszelmélet társadalomtudományi alkalmazásait taglaló írásokban rendszeresen találhatunk hivatkozásokat Ilya Prigogine különböző munkáira. Prigogine 1977-ben kapott Nobel-díjat a „*nemegyensúlyi termodinamikához való hozzájárulásáért, különös tekintettel a disszipatív strukturák elméletéért*”. Ennek ellenére ő sem tévedhetetlen. A dinamikus rendszerekkel kapcsolatos nézeteit – melyek többek között a determinizmus kérdéseit és az irreverzibilitást érintik – sokan vitatják (Bricmont 1996).

¹⁶ Pedig a káoszelmélet alapvető fogalmai szemléletes példákön keresztül a középiskolai matematika szintjén is elsajátíthatók.

¹⁷ E könyv talán legnagyobb hibája, hogy eredetileg 1987-ben jelent meg, a tudománynak ezen ága azóta viszont nagyon sokat fejlődött. Bevezetésnek azonban továbbra is megfelel.

Ez azért lényeges, mert Prigogine a természettudományokon belül fejti ki tevékenységét, ezért azon belül bírálható, cáfolható. Népszerű könyvei viszont elfedik az elméletét érintő ellenvetéseket.

Konklúzió

A fenti példák azt sugallják, hogy veszélyes dolog a természettudományokat kellő megfontolás nélkül társadalmi jelenségek magyarázatára használni. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ne lehetne matematikai módszereket alkalmazó elméletekkel bizonyos ilyen megfigyeléseket modellezni. Az elmúlt években, évtizedekben számos sikeres vagy kevésbé sikeres elmélet született, amelyek a széles értelemben vett társadalmi folyamatokat, struktúrákat, emberi viselkedéssel kapcsolatos jelenségeket próbálják leírni matematikából, fizikából eredeztethető eljárásokkal. Ilyennek tekinthető a kapcsolati hálózatok jellemzésének az elmúlt néhány évben kifejlesztett számos új eszköze (a téma kiváló összefoglalását I. Albert és Barabási, 2001) vagy a menekülési pánik modellezésének szimulációs eredményei (Helbing, Farkas és Vicsek, 2000).

Sőt, sok olyan modell is létezik, amely nemlineárisan csatolt egyenletrendszereket használ különféle társadalmi jelenségek

leírására. Modellezhetők a háborúk,¹⁸ a fegyverkezési verseny vagy a járványok terjedése (Epstein, 1997). Ezek mellett találhatunk kaotikus dinamikával (is) jellemezhető rendszereket a közgazdaságtanban (lásd pl. Simonovits, 1998) vagy akár az öngyilkosságok elemzésével kapcsolatban (Bozsonyi és Veres, 2002). Bizonyos feltételek mellett a számítógépes hálózatok dinamikája is kaotikusnak tűnik (Veres és Boda, 2000). Kétségtelen, hogy e modellek többsége nem a társadalomtudományok hagyományos kérdéseit taglalja, az ilyen módszerek „helyes” alkalmazása azonban megköveteli, hogy a kérdés olyan legyen, amely kezelhető az adott eljárással. Ez bizonyos esetekben nehéz döntés elé állíthatja a kutatót. Az ilyen típusú kihívások viszont nagy valószínűséggel előreviszik a társadalomtudományokat is. Lakatos László a biológusoktól félti a szociológiát (Lakatos, 2001), véleményem szerint inkább a dilettáns/naiv/felszínes társadalomtudósoktól kellene megóvni a társadalomtudományokat.

¹⁸ De nem a fent ismertetett módon!

Kulcsszavak: *káoszelmélet, társadalomtudományok, tudományelmélet, fizika*

IRODALOM

- Albert, R. and Barabási, A. L. (2001). Statistical Mechanics of Complex Networks. Centre for Self-Organized Networks, University of Notre Dame (e-print: cond-mat/0106096)
- Bozsonyi K., Veres E. (2002) Nagy időfelbontású öngyilkossági idősorok nemlineáris viselkedése. Magyar Tudomány, XLVII. **10**.
- Bricmont, J. (1996). Science of Chaos or Chaos in Science? In: Gross, P. R., Levitt, N., Lewis, M. W. (eds.): *The Flight from Science and Reason*, Annals of the New York Acad. Sci., 775.
- Epstein, J. M. (1997). *Nonlinear Dynamics, Mathematical Biology, and Social Science. SFI Studies in the Sciences of Complexity*. Addison Wesley Longman
- Fokasz N. (2000). *Káosz és fraktálok*. Új Mandátum, Budapest
- Fokasz N. (2002). Kaotikus idősorok – a tőzsde káosza. Magyar Tudomány, XLVII. **10**.
- Geyer, R. (2001). Beyond the third way: the science of complexity and the politics of choice. Paper prepared for the Joint Sessions of the ECPR, Grenoble
- Gleick, J. (1999). *Káosz – egy új tudomány születése*. Göncöl Kiadó, Budapest
- Globalcomplexity.org. Az idézet forrásának url-je: <http://www.globalcomplexity.org/Nonlinear%20Systems.htm>
- Helbing, D., Farkas, I., Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature* **407**, 487-490
- Kuhn, T. S. (1984). *A tudományos forradalmak szerkezete*. Gondolat, Budapest
- Lakatos L. (2001). Mi a baj a szociológiával, és hogyan nem kéne rajta segíteni. *Szociológiai Szemle* **3**.

- Lanham, R. A. (1992). The Implications of Electronic Information for the Sociology of Knowledge. In: *Technology, Scholarship, and the Humanities: The Implications of Electronic Information*. Irvine, California
- McCloskey, D. N. (1997). A történelem, a differenciál-egyenletek és a narráció problémája. In: Fokasz N. (szerk.): *Rend és káosz*. Replika kör, Budapest
- Murakózy Gy. (1997). A káosz elmélete és tanulságai. In: Fokasz N. (szerk.): *Rend és káosz*. Replika kör, Budapest
- Nováky E. (1995a). Bevezetés a káosz témakörébe. In: Nováky E. (szerk.): *Káosz és jövő kutatás*. Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem, Jövökutatás Tanszék
- Nováky E. (1995b). Jövökutatás kaotikus körülmények között. In: Nováky E. (szerk.): *Káosz és jövő kutatás*. Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem, Jövökutatás Tanszék
- Prigogine, I. (1999). A Message (from I. P.). In: *First Monday*, Vol. 4 No. 8. <http://www.firstmonday.org/>
- Shermer, M. (2001). *Hogyan hiszünk? Istenkeresés a tudomány korában*. Typotex, Budapest
- Shermer, M. (1997). A történelem káosza. In: Fokasz N. (szerk.): *Rend és káosz*. Replika kör, Budapest
- Simonovits A. (1998). *Matematikai módszerek a dinamikus közgazdaságtanban*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- Sokal, A., Bricmont, J. (2000). *Intellektuális imposztorok*. Typotex, Budapest
- Tél T., Gruiz M. (2002). *Kaotikus dinamika*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Veres, A., Boda, M. (2000). The chaotic nature of TCP congestion control. Proc. of IEEE INFOCOM (3)
- Vicsek, T. (1992). *Fractal Growth Phenomena* (2nd edition). World Scientific, Singapore
- Ward, B. (1996). The Chaos of History: Note Towards a Postmodernist Historiography. *Limina*, Vol. 2

