

Loet Leydesdorff

Bizonytalanság és az „idő” kommunikációja

Christiaan Huygens 1690-ben ezt írja:

„Nem jó a bizonyosságot a tiszta és éles érzékeléssel azonosítani, minthogy ennek a világosságnak és élességnek nyilvánvalóan, úgymond, eltérő fokozatai vannak. Gyakran félrevezetnek bennünket olyan dolgok, melyekről azt gondoljuk, bizonyosan értjük őket. Erre Descartes a példa; az ő törvényei a mozgásimpulzus kommunikációjáról, mely testek ütközésekor megy végbe.”¹

Huygens elsősorban azért tette ezt a megkülönböztetést világosság és bizonyosság között, mert hangsúlyozni kívánta a kísérletezés fontosságát. Ugyanakkor e Descartes-ot érintő metodológiai kritika episztemológiai értelmezéssel is bír. Amennyiben világosság és bizonyosság nem függenek szükségszerűen össze, ez esetben a tudás két különböző dimenziójának is tekinthetők.² A megismerésben a világosság ellentétének a zűrzavar, és a bizonyosság ellentétének a bizonytalanság tekinthető. A megismerés e két dimenziójának dinamikája további pontosítást igényel. A dinamikus interakció problémája azonban időfogalmat előfeltételez.

És csakugyan, az „idő” konstrukciója kulcsfontosságú volt az új filozófia fejlődésében a tizenhetedik század második felében. Az idő kommunikációjának problémája rendszerek (pl. órák) között például központi helyet foglalt el Huygens kutatási programjában; a differenciálszámítás tette lehetővé Newtonnak és Leibniznek, hogy kidolgozzák a végtelen és folytonos idő fogalmait az új fizikában. A tizenhetedik század végére ezek a tudósok szilárd matematikai és metafizikai alapokkal látták el a természetfilozófiát.

Ráadásul Newton és Huygens módszertanokat dolgoztak ki arra is, hogyan lehet empirikus kutatások révén nagyobb világosságot és bizonyosságot szerezni. Egyrésztől Newton az empiricista álláspont felé hajlott, amikor megfogalmazta ismert „hypotheses non fingo (hipotéziseket nem gyártok)”-ját:

„Mindezideig azonban még nem voltam képes felfedezni a gravitáció ezen tulajdonságainak okát a jelenségek-ből kiindulva, és én nem álltok fel hipotéziseket; mivelhogy mindazt, ami nem a jelenségek-ből van levezetve, azt kell hipotézisnek nevezni; és a hipotéziseknek, legyenek bár metafizikaiak, vagy fizikaiak, okkult vagy fizikai tulajdonságúak, nincs helyük a kísérleti filozófiában. Ebben a filozófiában a jelenségek-ből konkrét problémákra következtetünk, majd indukciónal általánosítjuk azokat.”³

Másrésztől Huygensnek köszönhetjük a racionalista ellenjavaslatot a *Cosmotheoros*-ban (1698):

„Be kell ismernem, hogy amivel itt foglalkozni kívánok, nem olyan természetű, mint a biztos tudás; nem állíthatom semmiről, hogy pozitív igazság (hiszen hogyan is lenne ez lehetséges), hanem valószínű. Feltevést vezetek elő, melynek Igazságát bárkinek szabadságában áll megvizsgálni.”⁴ Többé-kevésbé ez a két álláspont – empiricizmus és falszifikacionizmus – strukturál-

ta az elmúlt századokban a tudományos módszerekről szóló vitákat (Popper, 1963). Ugyanakkor közös a két pozícióban az a szilárd hit, hogy ki lehet indulni vagy a kutatás tárgyainak bizonytalanságából, vagy az elemző elméjében lévő világosságból (vagy a világosság hiányából), és ebből a kiindulópontból egyértelműen áthidalható a szakadék a világ és a világ megértése között, mivel egy előzetesen megállapított megfeleltetés elfogadható interakciójuk alapjaként.

A további filozófiai reflexiók ennek a „transzcendentális” előfeltevésnek a természetéről csak érintőlegesen befolyásolták a fizika fejlődését, mivel a fizika szempontjából ennek a kozmológiának az episztemológiai határai nagyjából problémamentesek maradtak.⁵ Einstein és Infeld (1938) például a következőképpen fogalmazták meg ugyanezt az előfeltevést:

„Nem létezhetne tudomány, ha nem hihetnénk, hogy elméleti konstrukcióink segítségével megragadható a valóság, és ha nem hinnénk világunk belső harmóniájában.”⁶

Más természettudósok „az idő nyíláról” (irányáról) értekeztek, de fenntartották „az idő egységes szemléletének” gondolatát (Coveney & Highfield, 1990). Az idővel kapcsolatos filozófiai reflexiók azonban fontosak a társadalomtudományok számára, mivel sokféle lehetséges értelmezése van a társas világnak, és társas világok sokaságának (pl. Elias, 1984/1992; Nowotny, 1989/1994). Ebben az összefüggésben a „valóság” és annak harmóniája többé nem magától értetődő.

Amint kettőnél több rendszert kell szinkronizálni, az interakció elvileg egynél többféle módon bontható fel, emiatt maga a transzcendentális megfeleltetési viszony is bizonytalanná válhat. Amennyiben ez történetileg tükröződik a filozófiában (pl. Rorty, 1979), akkor a kérdés már nem az, hogy építhetünk-e a szubjektív világosságra (vagy a világosság hiányára), vagy a jelenségek bizonyosságára-bizonytalanságára, hanem inkább az, hogy mely bizonytalanságot(-bizonyosságot) vagy mely világosság(-hiányt) kívánjuk, és/vagy melyikre alapozhatunk. Ha hiányzik a metafizikus garancia (szubjektív– a szerk.) harmónia és (harmonikus – a szerk.) kozmosz létére, akkor várhatóan aszinkronicitás fog uralkodni.

Ebben a fejezetben először dekonstruálom a newtoni kozmológiát azoknak a filozófiai kérdéseknek a fogalmaiban, melyek a fizika matematizálásának alapját képezték a tizenhetedik században. E modern kozmológia dekonstrukciója bizonytalanságra utal az idő-dimenzióban. A második részben amellettt érvelek, hogy ma meghatározhatók azok a feltételek, amelyek teljesülése esetén a bizonytalanságot hordozó és kezelő rendszerek kapcsolataira nézve a világosság elérhető. Mivelhogy a bizonytalanság fogalma ma már matematikailag meghatározható (Shannon, 1948), a tizenhetedik század számos problémája átfogalmazható. Például a bizonytalanság felfogható úgy is, mint a kommunikáció anyaga, szubsztanciája. A kommunikációs rendszerek térben és időben tanulmányozhatók: működésük olyan szubsztanciákban fejeződik ki, amelyek erőnek vagy hatásnak értelmezendők. A szubsztanciák között megfigyelt harmónia igényel magyarázatot.

9.1 A modern kozmológia konstrukciója

Descartes szerint a kételkedés aktusa nyújtja számunkra a további vizsgálódások kiindulópontját. Az ember *Én*-jében bizonytalanságot tapasztal (*cogito*), s azáltal, hogy erre reflektál, rávilágít e reflexió alanyának létezésére („*ergo sum*”).

Utólag látható, hogy Huygens elemzése szerint Descartes egydimenziós ismeretelméletet fogalmazott meg; olyant, amelyben az alany képes a reflexió segítségével a bizonytalanságot világossággal felváltani. A matematikai világosság és az empirikus bizonytalanság közötti megkülönböztetés érdekében Huygensnek kétdimenziós ismeretelméletet implikál: akármilyen következtetést von le a priori alapon, és akármilyen világos lehet ez matematikailag kifejezve, a következtetés mégis a fizikai világról alkotott hipotézis marad, amit még empirikusan tesztelni kell, hogy bizonyosabb legyen.

Milyen a lehetséges bizonytalanság és az a priori (pl. matematikai) világosság közötti viszony természete, ha megkülönböztetjük ezeket a kategóriákat? Idézzük ismét Huygens-et:

„Kartesius dogmájával szemben, amely szerint egy test természetének vagy eszméjének csak kiterjedése lehet, én olyan teret gondolok el, amely különbözik az egy test eszméjétől: tér az, amit egy test elfoglalhat.”⁷

Vegyük észre, hogy Huygens így fogalmaz: „elfoglalhat”. Descartes-tal szemben ez a természetfilozófus és kortársai eljutottak az üres tér (Newton) és a végtelen idő (Leibniz) megértéséig, ami lehetővé tette számukra, hogy elvont matematikai elméletek segítségével vonjanak le következtetéseket a fizikai valóságról, melyeket utóbb kísérletileg tesztelhettek. Ily módon a következtetés iránya megfordult: a helyet már nem csakmint az anyag kiterjeszkedésének következményét tekintették, mint a korábbi mechanisztikus filozófiában. Newton radikalizálja majd ezt a felfogást, és bevezet olyan fogalmakat, mint a gravitáció, amelyet nem könnyű geometriailag értelmezni. Az ilyen (algebrai) koncepciók rendelkezésre állása ugyanakkor a megfigyelhető jelenségek fizikai megértésének feltételévé válik.

Mivel a newtoni gondolat túl sokértelmű egy ideális matematikai rendszerhez viszonyítva; a newtoni mechanika világnézetéhez hozzáadva a karteziánus Huygens-et filozófiai problémák nyugtalanították. Huygens azonban mindenekelőtt fizikus volt; olyan mély benyomást tett rá Newton Principiá-ja (1687), hogy meg kívánta látogatni a szerzőt. Ez az angliai Dicsőséges Forradalom (1688-1689) után vált lehetségessé. Ennek ellenére egy barátjához, Leibnizhez írt, 1690-ben kelt levelében azt írta, hogy Newton gravitációs elméletét még „abszurdnak” találja.⁸ Ugyanígy fenntartásai voltak Leibniz differenciálegyenleteivel szemben, mivel azok nem geometriai, hanem algebrai alapúak. Ennek ellenére 1690 után Huygens elkezdte használni Leibniz egyenleteit és a newtoni fizika gondolatait saját munkájában is, filozófiai fenntartásai ellenére. A fizika egyértelműen egységes elméleti rendszerré vált.

9.1.1 „Bizonytalanság” az új filozófiában

A fenti idézetek filozófiai tartalma más kérdés mint hasznosságuk a korai modern fizika történetének megértéséhez. A „cogito” nyilvánvalóan helyet hagy más referencia rendszereknek is a karteziánus rendszer mellett, amelyben a test azonos a kiterjedéssel. Mit jelent az, hogy a descartes-i mechanisztikus világmképhez matematikai dimenzió rendelhető?

A karteziánus filozófia ismeretelmélete az Ego belső, centrális következtetésének alapvető, első lépésében rejlik. A „megismerek, tehát vagyok” érvelése megelőzte azt a lépést, amelyben Descartes az isteni jószágához fohászokodott (‘Veracitas Dei’), mely biztosítja, hogy (belső) képzeateink a (külső) világról megfeleltethetők a fizikai realitásnak

(beleértve saját testi valónkat is). A lehetségesekben magában semmi nincsen, ami garantálná, hogy ez a környezet mint 'res extensa', azaz fizikai anyag, létezik, nem csak merő képzelődés. A *cogito* maga csak a *cogitans*, a megismerő (ontológiai – a szerk.) esetlegességét világítja meg: egy olyan rendszer, amely számára saját maga kétséges, reflexív tudatában van annak, hogy másképpen is lehetett volna, azaz, jelen állapota esetleges. Ez a bizonytalanság ugyanezen rendszer más lehetséges állapotaira utal.

Továbbmenve, ha valaki (egy lehetséges állapota szerint – a szerk.) bizonytalan, ez a bizonytalansága *valamire* vonatkozik. Azonban sem a *res extensa* természetét, sem annak dimenzionalitását nem határozhatja meg maga a *cogito*. Röviden, a bizonytalan rendszerben mindig előfordul önmagára való hivatkozás, ugyanakkor hivatkozás valami mástól való megkülönböztetésre, amely így környezetként tételeződik. Azonban a megkülönböztetésre való hivatkozás nem maga a megkülönböztetés! A kétkedés aktusában az esetlegesség nem határozhatja meg önmagát szubsztantívként, mivel önmagában nem tartalmaz a külvilágra vonatkozó tudást. Ennélfogva a véletlen (előre nem látható esemény) csak önmagára vonatkoztatva specifikálható.

Az önmagára hivatkozás aktusa feltételezi, hogy areflexív *cogito* egy megelőző állapottal is rendelkezik, és emiatt véges időre való vonatkoztatással is. Következésképpen a *lehetséges Ego* magában foglalja a *transzcendens Másikra*, a végtelen időre vagy Örökkévalóságra való vonatkoztatást. Azonban a lehetséges Én-t csak negatívan lehet elkülöníteni a Transzcendenciájától. A bizonytalanság bármely pozitív ábrázolása/leképezése további információt igényel; azaz, olyan információt, amely nem belülről, a cogito-ból származik, hanem annak a környezettel való viszonyából. Mindaddig, amíg nincs elhatárolás a külső rendszertől, addig a transzcendenciához képest csak lehetségeség van.⁹ Amint valami mást különbözőnek, de lehetségesnek tekintünk, azonnal kommunikációt kell feltételeznünk a rendszer és környezete között, időben lefolyó kommunikációt, és a rendszer idejének kommunikációját.

9.1.2 „Idő” az új filozófiában

Az a kérdés, hogy miként történik az idő kommunikációja rendszerek között, és a végtelen időre vonatkozóan, lényegbevágó volt az új filozófia szempontjából. A transzcendenciához képest a lehetségeség csak a saját idejét tartalmazza, ami ellentettje (*distinguished negatively*) a végtelen időnek és az örökkévalóságnak; amint valaki Istenen túl egy, az Ego-tól különböző valószínű rendszer létrehozásához, felmerül a kérdés, hogy e rendszerek miként képesek szinkronban maradni az idők során. Kölcsönösen kommunikálnak, hogy pontosítsanak/frissítsenek, vagy egymástól függetlenül, egy „standard órához” igazodnak?

A filozófiában a szinkronicitás problémája a jólismert test-elme probléma lényegéhez tartozik; hogyan kommunikál a test és az elme, miközben a fizikai világ megismerése megy végbe; majd ezután hogyan kommunikálnak az emberi cselekvés mint a szabad akarat kifejezése során? Descartes eredetileg ezt a kérdést a szubsztanciák közti kommunikációra vonatkoztatta: hogyan kommunikál a *res cogitans* (gondolkodás) és a *res extensa* (anyag)? A kartézianus Geulinx vezette be a szinkronizáltan járó két óra metaforáját. Azonban nem csak a metafora, hanem a két rendszer közti kommunikáció fogalmaiban való megragadás is központi gondolat maradt az egész 17. században.

Például, amikor Leibniz megjelentette filozófiai rendszerét a *Journal des Scavants*-ban a század végén (1695 júniusában), traktátumának ezt a címet adta: „A természet, és a szubsztanciák kommunikációjának új rendszerei, valamint a lélek és a test uniója”. A két óra szinkronicitásának metaforájában az egyik óra a fizikai világot, a másik pedig a spirituális világot reprezentálja. Hogyan lehetséges, hogy mentális észleléseink korrespondálnak a valósággal? Mint már megjegyeztük, Descartes metafizikai válasza erre a problémára az volt, hogy az Isteni Jóság magában rejtje azt, hogy Ő folytonosan nem csap be bennünket. Azonban egy mechanisztikus filozófia választ vár arra is, hogy ez a mechanizmus *hogyan* működik.

Huygens éppen ezt a kérdést helyezte az új fizika kutatási programjának középpontjába. A kor nagy gyakorlati kérdése az volt, miként szinkronizálják a tengerjáró hajók óráit. Huygens ezt a problémát egy általánosabb, az oszcilláló testek közti kommunikáció kérdésének formájában fogalmazta meg 1673-ban, a *Horologium oscillatorium* című művében (vö. Yoder, 1988). Megjegyzendő, hogy ez utóbbi tanulmány nem a gyakorlati kérdés megoldásához járult hozzá, amelyet már korábban, az 1666-ban keletkezett *Horologium* című munkájában alaposan megvitattott, hanem fontosabb volt az Új Filozófia nagy elméleti kérdései szempontjából.

Míg Huygens azzal a problémával küszködött, hogy alapvető mechanisztikus választ adjon arra, miként kommunikálják az időt különféle rendszerek, Geulinx Leuvenben felvetette, hogy mindegyik kommunikációs aktus pillanatában Isten közbelépése szükséges a két óra szinkronizálásához (ez az ún. okkacionalizmus). Leibniz *Harmonie préétablie* (1696) című munkájában egy harmadik lehetőséget is felvetett:

„Elgondolhatunk két olyan órát, melyek tökéletesen szinkronban járnak. Ez csak háromféleképpen történhet: először, a kettő közötti kölcsönös befolyás útján; másodsor úgy, hogy valaki folyamatosan gondjukat viseli; harmadszor úgy, hogy mindkettő belsőleg tökéletesen pontos.”¹⁰ Leibniz ezek után az első hipotézist Huygens-nek tulajdonítja; a második a már jelzett folyamatos beavatkozási szükségességre vonatkozik; ő maga pedig a harmadik lehetőséget választotta. Ez az opció lehetővé tette Leibniznek, hogy a szóban forgó metafizikai kérdéseket egyetlen átfogó szintézisben egyesítse, a végtelen idő matematikai koncepciójába, amit ő (és Newton) derivált néhány évtizeddel korábban, amikor kidolgozták a differenciálszámítást, és a karteziánizmus mechanisztikus világképét.

9.2 „Az Úr ideje minden idők legjobbika”¹¹

Leibniz hangsúlyozta az általa felvetett *harmonie préétablie* hipotetikus jellegét. Megfogalmazta, hogy

„Ha valaki megértette ennek a korrespondencia hipotézisnek a lehetőségét, akkor azt is megérti, hogy a józan észnek ez felel meg leginkább, és hogy segítségével megpillanthatjuk az univerzum harmóniájának és Isten tökéletes alkotásainak csodálatos képét.”¹²

Ez a metafizikai hipotézis egyebek között egy olyan problémára mutatott rá, amely nyitott kérdés maradt a mechanisztikus filozófiában, nevezetesen: ha egyszer már megtettesült az emberi lélek, utána hogyan tud visszatérni a transzcendens Örökkévalóságba, melyből vétetett, ha a fenti gondolatmenet alapján Esetleges. Más radikális implikációk mellett (pl. spinozizmus), a karteziánizmus olyan mechanisztikus kozmológiát implikál, amely a kereszténységben belül ebben a kérdésben ellent-

mondásokhoz vezethet az alapkérdésekben. Ilyen filozófiai reflexiók nem maradnak következmény nélkül egy nem-szekularizált társadalomban. Például levelekből tudomásunk van róla, hogy Huygens-et időnként nyugtalanította a lélek halhatatlanságának kérdése.¹³

Az új vallás és az új filozófia közti potenciális konfliktus átfogó megoldásának igénye különösen sürgetővé vált 1685-ben, amikor az ellenreformáció keményen támadta a protestantizmust. Ebben az évben XIV. Lajos visszavonja a nantes-i ediktumot, és Angliában katolikus király, II. Jakab kerül a trónra. A protestantizmus védekező állásba szorult; akár mondhatnánk azt is, hogy az összeomlás szélére került. Volt-e másik lehetősége is, mint a visszavonulás a defenzív ortodoxiába az új filozófiával kapcsolatban? Az új vallás és az új filozófia közti belső ellentmondásokat miként lehetett feloldani úgy, hogy megmaradjon a vallásszabadság, és a felnövekvő modern tudomány magyarázó ereje? Volt-e egyáltalán lehetőség arra, hogy ezeket a nagy gondolatrendszereket harmonizálják?

1685-1686 telén Leibniz megírja a *Discours de la Métaphysique* első változatát; Newton befejezi a *Principia*-t,¹⁴ majd 1687-ben kiadja; míg Huygens beteg és depressziós Hágában, mivel nem engedik visszatérni a Párizsi Akadémiára, amelynek oly sok éven át volt igazgatója.¹⁵ Noha maradtak véleménykülönbségek a három tudós között,¹⁶ 1685-89 között a newton-i fizika, a valószínűségszámítás, és a protestáns metafizika integrált rendszere készen állt.

Amikor Huygens meglátogatta Newtont 1689-ben, legidősebb bátyja, Constantijn, az új angol király (Orániai Vilmos) magántitkára volt. Így válhatott a newtonizmus az angol forradalom alapvető ideológiájává 1689 után (Jacob, 1976). Létrejöhetett Anglia, Hollandia és Poroszország metafizikusan, tudományosan és ideologikusan támogatott koalíciója, ami megteremtette a tizennyolcadik századi felvilágosodás alapjait.¹⁷ A leírt eseményeket megelőző évtizedekben a mechanisztikus filozófia és a keresztény vallás közötti feszültségek megoldásának részfeladatait Huygens, Leibniz, és Newton hol egyetértve, hol egymást opponálva dolgozták ki (lásd pl. Dijksterhuis, 1950). Huygens egyetértett Newtonnal abban, hogy a descartes-i örvényeket fel kell cserélni a folytonos és üres tér koncepciójával; Leibniz és Newton egymástól függetlenül kidolgozták a differenciálszámítás matematikai idealizációját; és mindhárman egyetértettek abban, hogy létezik abszolút és végtelen idő (következésképpen örökkévalóság). A nagy szintézist azonban a történelmi helyzet kényszerítette ki.

1689 után a tudományos rendszer összhangba került az azt körülvevő kultúrával, miután az idő dimenziójában feltételezte a rendezettséget. Az emberi léleknek a földön kell élnie, azaz véges időben, azonban halhatatlansága lehetővé teszi, hogy kövesse Krisztust, és visszatérjen Isten végtelen idejébe.¹⁸ A differenciálszámítás szemantikája bájosan és meggyőzően illusztrálja az átmenetet a transzcendens és az esetleges, között: eme esetleges világ egyedi mivoltát úgy értelmezhetjük, mint a folytonos idő és tér manifesztációját. Az infinitezimális közelítés (pl. a határérték számításban és differenciálszámításban – a szerk.) megmutatja, hogy az érzékszerveink által észlelt eltérő világok hogyan tükröződnek benne (a transzcendens empirikusban – a szerk.). Az empirikus esetlegességet meg sem lehet érteni tökéletesen, ha nem viszonyítjuk az idealizált modellhez. Általánosabban, a fizikai kommunikáció megértése a matematikai modell segítségével olyan mentális modellt hoz létre, amelyben össze-

békül a kísérleti tények idealista és mechanisztikus értelmezése. A matematikai világgosság és az empirikus bizonyosság ex ante szavatolt; de (történeti) folyamatokon keresztül kell manifesztálódjon.

9.3 A modern kozmológia dekonstrukciója

Ez a kozmológia szavatolja a rendet mindegyik szubsztancián belül, és közöttük is oly módon, hogy ami első látásra különbözőnek tűnt (azaz a Világ és a világ), harmonikusan megfeleltethető egymásnak. A kozmológiai szintű harmonikus megoldás metafizikai alapot nyújt a természettudományos kutatáshoz; a természet Isten kegyelméből nyilvánul meg a számunkra, ennél fogva képesek vagyunk összebékíteni a matematikai értelmezést az „adott” fizikai valósággal. Míg kezdetben szakadás van az empirikus esetlegességek komplexitása és a modell rendszerben foglalt idealizáció között, a matematikai világgosság és az empirikus bizonytalanság két dimenziója interakcióba hozható, és garantált a tudományos megértés, azaz, a világ valódi megismerése.

Korábban Huygens kritikájának fogalmaival rámutattam, hogy miként került előtérbe a tizenhetedik században a világgosság és a bizonytalanság viszonyának kérdésköre, melyet azonban akkor speciális módon válaszoltak meg, hogy biztosítsák a *fizika* fejlődését. Véleményem szerint ma már specifikálhatók azok a feltételek, amelyek esetén világgosság hozható létre bizonytalanságot tartalmazó és gerjesztő rendszerek közti viszonyban.

9.3.1 „Bizonytalanság” mint a kommunikáció „szubsztanciája”

Lehetséges-e az informáltságon alapuló véleménynél többet nyújtani a szociológiai elméletalkotásban? Nem jelenti-e mindez egyszerűen azt, hogy végső soron csak bizonytalanságot lehet elérni? És valóban, a társadalomtudományokban, a tudományfilozófiában, és legkifejezettebben a reflexív tudomány-szociológiában (Woolgar, 1988) egyre inkább elveszítjük az igazság fogalmát az alapvető bizonyosság transzcendentális értelmében; alapvetően még bizonytalanabbak lettünk (mivel egy szekularizált társadalomban élünk).

Mint már említettem, a „bizonytalanság” különböző dimenziókban alapvetően más jelentéssel bírhat. Ennél fogva olyan definícióra van szükségünk, amely helyt ad a bizonytalanság szubsztanciális jelentésvariációinak, azaz, olyan meghatározásra, amely analitikusan független bármely referenciakerettől. Azonban egy olyan definíció, amely mentes valamely rendszerre való hivatkozástól, szükségképpen tartalommentes. Egy formális, vagy matematikai definíció például kielégíti ezt a követelményt¹⁹ 1948-ban Shannon létrehozott egy ilyen „bizonytalanság”-meghatározást a kommunikáció matematikai elméletének részeként. Shannon (1948) az „információ” fogalmát úgy definiálta, mint ami jelek véges sorozata, vagy általánosabban, eloszlása által tartalmazott bizonytalanságot. Hogy ezt a mennyiséget „információnak” nevezhetjük-e, széles körben vitatják (pl. Brillouin, 1962; Bailey, 1990; Uffink, 1990). Fontosabb azonban ezeknél a szemantikai problémáknál az, hogy Shannon ezt a fogalmat azonosította a valószínűségi entrópiával (Hayles, 1990). A termodinamikai entrópiával szemben a valószínűségi bizonytalanság definiált, de tartalom-független. Más szavakkal, a formális szabály nyitott a tartalmi konkretizálásra.

A tartalmi konkretizálást a kutatási terv nyújthatja. Az empirikus kutatási tervek tartalmas elméleti megfontolásokon kell, hogy alapuljanak. Ebből a megközelítésből a termodinamikai entrópia úgy tekinthető, mint a termodinamikában a molekulák közti rendezetlenség szabálya, és ugyancsak használható az idő irányának leírására az evolúciós folyamatokban (pl. Brooks és Wiley, 1986; Coveney és Highfield, 1990). A társadalomtudományokban azonban nem a nem-egyensúlyi fizikokémiai rendszerek termodinamikája érdekel minket, hanem a társadalmi rendszerek bizonytalansága, rendezetlensége és komplexitása. Így a bizonytalanság eltérő szubsztanciára vonatkozik, amelyet csak egy másféle kommunikációelmélet tükrözhet.

9.3.2 A kommunikáció valószínűségi értelmezése

Hogyan kommunikálhatnak a szubsztanciák, ha nem létezik előre elrendezett harmónia és szinkronicitás? Ha a fiziko-kémiai rendszerektől különböző rendszerek dinamikájára kívánunk általánosítva alkalmazni olyan fogalmakat, mint az „entrópia”, vagy a „kommunikáció”, akkor szükségünk van a fizika matematizálása mögött rejlő feltevések további elemzésére.

Mint már említettük, a kommunikáció fogalma sokkal régebbi, mint az entrópia termodinamikai fogalma (Boltzmann, 1977), vagy annak valószínűségi interpretációja a kommunikáció matematikai elméletében (Shannon, 1948). Descartes és Huygens például fel kellett tételeznie, hogy a „mozgás” (impulzus és energia) akkor marad meg, ha ütközés megy végbe, ezért ezt a megmaradást a „mozgás kommunikációjának törvényeiben” fogalmazták meg.²⁰ Az imént kimutattam, hogy Huygens fizikai interpretációval egészítette ki a karteziánus fogalmakat. Ehelyütt én az ütközést egy klasszikus rendszerben példaként fogom használni, és a kommunikáció e régebbi koncepciójából *következtetek* a kommunikáció valószínűségi fogalmára.

Az ütköző golyók rendszerében az impulzus és az energia meg kell, hogy maradjon, és így az ütközés során kommunikálódnak. Ma már tudjuk, hogy az impulzusok kommunikációjának hatékonysága a fizikai megvalósuláskor annak a (szabad) energiának a mennyiségétől függ, amely termodinamikai entrópiaként elnyelődik. Az ütköző golyók impulzusainak és kinetikus energiájának ideális kommunikációját ilyenformán lerontja az elnyelődés. Olyankor, amikor a fizikai megvalósulás megközelíti az ideális esetet, a termodinamikai entrópia eltűnik, és az impulzusok és energiák újraeloszlása makroszinten kifejezetté válik. Minthogy kevesebb energia nyelődik el, kisebb lesz a termodinamikai entrópia változás, így az ütközés megtörténtehez kapcsolódó üzenet nagyobb mennyiségű Shannon-típusú információt tartalmaz.

Ily módon a kétféle entrópia függetlenül változhat: az egyik növekedhet, a másik eltűnhet ugyanazon esemény során. E függetlenség oka, hogy a két entrópia vonatkozási kerete nem ugyanaz: a termodinamikai entrópia kizárólag például a molekulák közötti impulzusokra és pozíciókra vonatkozik, míg a valószínűségi entrópia vonatkoztatási rendszere ebben az esetben az a rendszer, mely konzerválja a makroszkopikus impulzusokat és energiát. *Termodinamikai entrópia csak abban a speciális esetben lép fel, amelyben a kommunikáció anyagi vonatkoztatási kerete a fiziko-kémiai rendszer.*²¹ Shannon valószínűségi entrópia-definíciója lehetővé teszi, hogy megalkossuk az olyan kommunikációs rendszerek tartalomtól elvonatkoztatott meghatározását, melyek az eloszlásokat közvetítik. A fenti példában a makroszkopikus energiarendszer kommunikációja a (biliárd)golyók kinetikus energiáinak keretében megy végbe, az impulzus rend-

szer pedig az impulzusokéban. Ugyanakkor a társadalmi rendszerek a társas kommunikáció eszközeinek fogalmaiban kommunikálnak (pl. diskurzus, pénz, stb.); az emberi testek a hormonok és a neuronpotenciálok terminusaiban kommunikálnak. Ezekben az esetekben a valószínűségi entrópia a fiziko-kémiai rendszertől eltérő rendszerekre vonatkoztatva kerül meghatározásra.

Összefoglalva, a valóság bizonytalanságának descartes-i átfordítását matematikai világosságba Shannon általánosította, aki a bizonytalanságot a valószínűség eloszlásaként értelmezte. A kételkedés aktusában való bizonytalanság miatt, egy valószínű esemény matematikai tudatosításához nem lehet belső szubsztantív jelentést társítani ebben az elméleti rendszerben; külső vonatkoztatási keretre van szükség. Azonban a külső referencia nem szükségképpen *fizikai* létező. A fizikaitól különböző rendszerekben a mozgás helyett más mennyiségekre igazak a megmaradási törvények, és ezáltal kommunikálódhatnak.

Például a klasszikus kémiában a reakcióban résztvevő minden elem tömegének egyensúlyát (mólsúlyok a kémiai kölcsönhatásokban – a szerk.) feltételezik. Ebben az esetben az elemek atomjai kerülnek újraelosztásra. Bármely újraosztott mennyiség kommunikációja kifejezhető úgy, mint információt tartalmazó üzenet, azaz, a valószínűségi entrópia terminusaiban is. A rendszerek (és alrendszerek²²) nem a valószínűségi entrópia generálása alapján különböztethetők meg, hanem aszerint, hogy mi a minősége annak, amit kommunikálnak. Ha mondjuk egy vizsgált rendszer valószínűségi entrópiát gerjeszt két kommunikációra vonatkoztatva (pl. ütközés esetében az energiára és az impulzusra vonatkozóan), mindegyik releváns dimenzióban probabilisztikus entrópia gerjed.

Általánosságban, a végbement eseményre vonatkozó üzenetnek annyi információ-dimenziója van, ahány információs vonatkoztatási rendszere. Mindegyik vonatkoztatási rendszer újabb minőséget ad hozzá a bizonytalansághoz, ennek folytán pedig újabb dimenziót a kommunikációhoz.

Ily módon elérkezünk a Huygens által megfogalmazott probléma általános megfogalmazásához, hogy a bizonytalanság dimenzióit pontosan meg kell határozni. Amikor Huygens a matematikai térre és a fizikai kiterjedésre hivatkozott, két dimenziót feltételezett (azaz az a priori matematikai tudást, és empirikus bizonytalanságot) ott, ahol Descartes csak egyet, akinél következőképpen a világosság helyettesíthetné a bizonytalanságot.

Ha például egy kémiai reakcióban öt (eltérő anyagú) elemet kell kiegyensúlyozni teljes tömegükre vonatkoztatva, ennek az eseménynek az üzenete analóg módon öt dimenziós bizonytalanságot tartalmazna. A kommunikációs rendszereket aszerint lehet megkülönböztetni, hogy mit fognak kommunikálni. Bármilyen anyagot/szubsztanciát kommunikálnak, az újra szétosztódik a kommunikációban, és ez a redisztribúció önmagában is egy üzenet, amely eljut valamennyi kommunikációs rendszerhez, amellyel az adott rendszer külsőleg kommunikálhat.

Az információ sohasem lebeg szabadon, hanem feldolgozása szükségképpen egy kontingens kommunikációs rendszer folyamataiban megy végbe. Egy egyszeri kommunikációban a rendszer belsőleg kommunikálja, ha új állapotot ért el, és külsőleg valamennyi hozzákapcsolódó rendszernek azt, hogy ez az esemény végbement a környezetükben. Hasonlóképpen, a fogadó rendszerek csak akkor képesek fogadni az üzenetet, ha működésben vannak, és ezáltal újraosztják saját információs tartalmaikat.

Így jönnek létre a kommunikációs ciklusok. A komplexitás gyorsan növekszik (a rendszerek számának megfelelően exponenciálisan)²³, hacsak a rendszerek nem képesek ugyancsak rendezni az információt.

9.4 A bizonytalanság önszervezése

Milyen feltételek esetén képesek a kommunikációs rendszerek egymás közt, vagy belsőleg szervezni a bizonytalanságot? Más szóval: milyen feltételek között képesek hálózatok megtartani, és szervezni az információt? Mint már jeleztem, az egyes rendszerek konzervatívok, azaz, a kommunikálható elemek száma kötött. Általában azon elemek száma (n), melyeket egy rendszer tartalmaz, behatárolja a rendszer által tartalmazható információk számát. Ezt úgy is kifejezhetjük, mint a maximális entrópiát (egyenlő $\log(n)$). Mint azt a nyolcadik fejezetben²⁴ megjegyeztük, a rendszerek elemeinek száma úgy többszörözhető (azaz, $n \times m$), hogy újabb vonatkoztatási rendszereket rendelünk a kommunikációhoz, így növeljük az információ dimenzióinak számát.

Továbbá, az olyan, strukturálisan nyitott rendszerek, mint a társas kommunikációs rendszerek, csak saját működésük terminusaiban határozhatók meg. Mivel így ezek a rendszerek egy redisztribúció terminusaiban működnek (akármit is kommunikálnak), *határaik* várhatóan *bizonytalanok* lesznek. A hálózat minden egyes n újabb csomópontja ($n - 1$) lehetséges újabb kapcsolatot ad hozzá. Általánosságban, ha az elemek száma gyorsabban növekszik, mint a rendszer információtartalma, a redundancia, amit úgy határozhatunk meg, mint a nem várt információtartalom komplementerét, szintén növekszik. Ily módon az új dimenziók vagy új elemek hozzáadása a rendszer által tartalmazott valószínűségi entrópia *relatív* csökkenéséhez vezethet.²⁵

Összefoglalva, a rendszerben lévő bizonytalanság kétféleképpen csökkenthető, vagy a belső komplexitás növelésével, vagy növekedéssel. A rendszer azért marad fenn, mert egyensúlyban van a működése során szükségszerűen fellépő (valószínűségi) entrópia (a rendszerhez képest értelmezhető $S - a$ szerk.), és a rendszerben lévő bizonytalanság (a rendszerhez képest értelmezhető $H - a$ szerk.) reorganizációs kapacitása (Georgescu-Roegen, 1971; Swenson, 1989). Az önszerveződést (Prigogine & Stengers, 1984) vagy *autopoiesist* (Maturana & Varela, 1980) csak olyan kommunikációs rendszerek érhetik el, melyek képesek reflexíven módosítani a bizonytalanság szervezését az idő-dimenzió mentén. Más szóval, az önszervező rendszerek oly módon rekonstruálják történetüket, hogy képesek jövőjükkel elvárások formájában szembenézni. Megjegyzendő, hogy ez a visszaható képesség sohasem figyelhető meg közvetlenül, csak a vizsgált rendszer(ek) egy belső mechanizmusaként feltételezhető.

Általánosságban, a kommunikációs rendszerek folyamatosan fejlődnek, azaz oly módon, hogy bármit kommunikálnak, azt újraprendezik. E folyamattal kapcsolatban megkülönböztethetünk önmagára vonatkoztatást (az üzenet belső feldolgozása úgy, hogy a kommunikáció anyagának *a priori* elosztása utólagossá, *a posteriori* változik), és külső vonatkoztatást valamennyi hivatkozási rendszerre. Egyrészt a referencia-rendszerek száma determinálja az önmagára vonatkoztatott frissítés információtartalmának dimenzióit. Másrészt a frissítés gyakorisága állítja be a rendszer óráját. Megjegyzendő, hogy ez a gyakoriság lehet sokváltozós, azaz gyakorisági eloszlás, vagyis egy spektrum. Az órák változó gyorsas-

sággal tik-takolnak. Nincs a priori ok harmóniára: a kommunikációk elvileg aszinkron jellegűek. A részleges rezonanciák hozzák létre az osztott paraméterű jelenségeket.

Így aztán a kommunikációs rendszerek egymás számára potenciálisan sokváltozós környezetet nyújtanak, és emellett egymás környezetét alkotják az idő vonatkozásában is. Amennyiben a rendszerek kommunikációt tartanak fenn egymással, a gyakorlati eloszlásokat is kommunikálniuk kell az idődimenzióban. Azonban az idő nem normál változó. Ez tovább bonyolítja az elemzést.

9.4.1 Interakció kommunikációs rendszerek között

Mielőtt az elemzést kiterjesztenénk az idő dimenziójára is, ezt az absztrakt fogalomalkotást hadd illusztráljam egy egyszerű példával, egy telefonbeszélgetéssel, mely két minőségileg különböző rendszer számára, nevezetesen a társas rendszer, és a telefonhálózat számára is releváns kommunikáció.

Először is a telefonbeszélgetés bizonytalanságát elemezhetjük a matematikailag modellezhető hálózaton átfolyó fizikai feszültségek szempontjából. A telefonhívás során végbemenő szociális kommunikáció külső marad a vonalakon keresztül áramló jelek terjedésének matematikája szempontjából. Ugyanakkor a szociális kommunikációs rendszer és a távbeszélő rendszer minden egyes esemény során interakcióba lép egymással. A működés során végbemenő interakció következtében mindkét rendszer változik. (Természetesen, ebben a küldő és fogadó rendszerek is.)

Azonban a szociális rendszer és a távbeszélő hálózat nincsenek a priori harmóniában. Nincs egy tökéletes istenség involválva, csak néhány mérnök, akik megtették, ami tőlük telik, hogy a telefonrendszer működjék. Mint Latour (1988b:188) megjegyzi: „Nincs előre elrendezett harmónia, Leibniz ellenére sem, a harmónia utólag alakul ki, helyileg, aprómunkával. Azonban előfordulhat, hogy nem sikerül létrehozni a telefonkapcsolatot: mindkét rendszer hajlamos a hibázásra az interakció során. Emellett bár a két rendszer egymáshoz kapcsolódik e történelmi jelentőségű konkrét hívás során, mégsem tartalmaz, vagy gyűjt teljes körű információt a másik rendszer tulajdonképpen inherens határaitól eme interakciók folyamán. Általánosságban a különböző rendszerek az interakció során *virtuálisak* maradnak egymás számára. A két rendszer csak az interakció „lencsén” keresztül figyelheti meg egymást.

Jóllehet virtuálisak, a két rendszer *nem transzparens* egymás számára: nem mind-egy, hogy az emberek telefonon, vagy más eszköz révén kommunikálnak, és a telefonvonal szempontjából is különbség lehet, hogy adatokat, vagy hangokat továbbít (pl. az átviteli költségek szempontjából). Az interakcióban a két rendszer egymást „zavarja”, de nem korlátozza. Ezért csak abban a specifikus értelemben alkotják egymás környezetét, hogy kommunikációs ablakot nyitnak egymás felé. Vegyük észre, hogyan különbözik ez pl. a biológiai rendszer és környezet közti kapcsolattól.²⁶

Összegezve, a két rendszer eme interakció során zavarja egymást. A zavarás véletlen esemény, mivel másképpen is lehetne. Egyszeri véletlen, de a két vonatkoztatási rendszer számára eltérő a relevanciája. Mindegyik rendszeren belül az esemény esetlegessége értékelhető az adott rendszer belső, önmagára vonatkozó megvalósulhatósági valószínűség eloszlásához képest. Az egyik rendszer esetlegességét a másik kevésbé determinálja, minthogy csak az interakcióban találkoznak.

Ezzel analóg módon a másik rendszer időhorizontját sem határozza meg az interakció. A rendszerek egymáshoz képest autonóm módon kommunikálnak, mint

Leibniz monádjai, de esetlegesen! Ugyanakkor, minthogy nem képesek teljesen percipiálni egymás megvalósulhatósági valószínűségeloszlását, a rendszerek egymáshoz képest autonóm kontrollközpontok, és csak ezen az alapon képesek interakcióra. Az interakció során nem világos a rendszerek számára, hogy mely rendszerek vannak interakcióban, mivel mindegyik rendszer csak saját megvalósulhatósági valószínűségeloszlását tartalmazza, annak ellenére, hogy az interakció révén mindegyik kap részleges információt az interakcióban lévő rendszerekről.

Csak olyan rendszerek képesek elvárásokat létrehozni, amelyek visszamenőleg rekonstruálhatók, és amellet részei egy (kapcsolati) konstrukciónak. A rekonstrukció során mindegyik rendszer csak a saját történetéből meríthet információkat arról, hogy más rendszerekkel milyen interakciói *lehetségesek*. A rendszer azonban csak akkor képes ebből a bizonytalanságból belső tudást létrehozni, ha tud információt tárolni korábbi és *jelenlegi* állapotairól, és ha emellett képes ezt az információt kinyerhetően eltárolni a memóriájában (Rosen, 1985). Amennyiben ez a helyzet, képes magát történetileg, valamint a vonatkoztatási rendszerek multidimenzionális terében minden időpillanatban elhelyezni, és így másodfokú kibernetikai jelentést létrehozni. A reflexív rekonstrukcióhoz a rendszernek képesnek kell lennie a memóriájában tárolni (a jelenben) a rendszer történetének megvalósult valószínűségeloszlásainak önmagára vonatkoztatásait. Nyilvánvaló, hogy az emberi *cogito*-k olyan rendszerek (többek között), amelyek képesek reflexíven cselekedni.

Mint már megjegyeztük, Huygens saját esetleges *cogito*-ján belül másként rekonstruálta tapasztalatait, mint Descartes. Azonban, ha egy *cogito* elvárásaiban egy másik rendszer releváns (azaz, zavaró) környezetként van jelen, hány negatív esetnek kell bekövetkeznie ahhoz, hogy a *cogito* felülvizsgálja hipotézisét? Más szavakkal, milyen gyakran frissíti belül a reflexív rendszer ezt a rekonstrukciót, a működési szinten folyó konstrukcióhoz viszonyítva?

Továbbá felmerülhet a kérdés, hogy vajon a társas rendszerek, vagy az elméleti ismeretrendszerek nem csak konstruáltak, de rekonstruktívák is, és vajon szintén képesek-e frissítésre egy másodfokú kibernetika szintjén. Ez még további kérdéseket vet fel a megosztott emlékezeti szerveződés dinamikájára vonatkozólag, mivel a társas rendszerek emlékezeti funkciói operacionálisan az emberi lényekben lokalizálódnak (Luhmann, 1984).

9.4.2 Kiterjesztés az idői dimenzióra

Emlékezzünk vissza, hogy ennek a fejezetnek az első részében arra a következtetésre jutottunk, hogy további elhatárolás nélkül a reflexív kommunikációs rendszer a saját magára vonatkozó frissítésről csak az idői dimenzióban tartalmaz információt, és önmagát esetlegesen tudja. Ugyanakkor azt, hogy mit kommunikál szubsztantívan, csak valamely környezethez képest tudhatja meghatározni; és a környezetből csak akkor tud információt felvenni, ha a környezet más kommunikációs rendszerekből áll. Ily módon ez a rendszer még tartalommentes: az esetlegesség csak véges jellegére, időbeli szekventáltságára, és arra vonatkozik, hogy egy kommunikációs rendszer egyelőre meghatározatlan létező más kommunikációs rendszerek között.

Az idő – mint egy kommunikációs rendszer változója – nem régen került a társadalomtudományok metodológiai vizsgálódásainak fókuszába. Ha két (vagy több) rendszer kovariálva kommunikálja az elvárt információtartalmainak egyes részeit,

rendszerint az *ex ante* helyzettel összehasonlítva *ex post* megváltoznak. A kovariáció reprezentálja az interakciót, míg a további varianciák mindkét oldalon az odavonatkozó kontinuitásokat. Más szóval, a vizsgált kommunikációs rendszerektől mind kontinuitás, mind változás várható. A varianciák további része kovariál a rendszer egy korábbi állapotával (azaz időben), ennél fogva „önmagával korrelál”. Ha a varianciák önmagukkal korrelálnak, akkor hibaértelmezések is, ami megsérti a regresszióanalízis egy központi előfeltevését (Box & Jenkins, 1976).

Továbbmenve, egy sokváltozós *rendszer*től elvárjuk, hogy másképp fejlődjön, mintha össze nem függő elemek csoportja lenne. Mivel két vagy több ilyen elem rendszert képezhet (vagy alrendszert egy rendszeren belül), a lehetséges elvárások száma a jövőbeli viselkedésre vonatkozólag exponenciálisan növekszik az elemek számával, és így az induktív elemzés gyorsan túl komplexsége válik.²⁷ Az a metodológiai állítás, mely szerint az idősor-adatokat nem lehet regresszióanalízisre használni az adatok autokorrelációjára történő korrekció nélkül, kvalitatív értelemben azt implikálja, hogy a sokváltozós adatok változását csak egy olyan *hipotézis* alapján lehet értékelni/értelmezni, amely a megfigyelhető interakció(ka)t mutató, önmagára vonatkoztatott (self-referential) rendszer(ek)et egyes karakterisztikus vonásaikban modellálja.

Ennél fogva a kvalitatív szociológusoknak igazuk van amikor azt mondják, hogy a létező statisztikai modellek a társadalomtudományokban nem tudják kezelni a társadalmi fejlemények komplexitását a történeti dimenzióban. A társadalomtudományi statisztika rendkívül kifinomult ott, ahol sokváltozós elemzést kell végezni, de egy dinamikus vizsgálati terv esetén hiányosságokat mutat a sokváltozós és az idősoros perspektívák kombinálásánál. Hogyan lehet egy történeti eseménysor jelentőségét megbecsülni azon fejleményekhez képest, melyek megtörténhettek volna?

A szokásos kvalitatív szempontú megoldás az, hogy a történeti tengelyt egyfajta független változónak tekintik, amelyhez minden további fejleményt diszkurzívan „visszavezetnek” egy narratívában. Ez a megoldás ugyanakkor az idői dimenzió szempontjából nem reflexív; nem feltételezhetjük, hogy egyetlen (azaz történelmi) idő létezik. Az idő csak egy órához képest definiálható, és egy óra csak egy rendszer órája lehet. A rendszer-órák azonban eltérő frekvenciák egész spektrumának megfelelően tiktakolhatnak. Mint már jeleztük, a vizsgált rendszereink várhatóan aszinkronban működnek. Nincs *a priori* ok arra, miért kellene a különféle periodicitásoknak ugyanolyanoknak lenniük más rendszerekben, azaz, miért kellene a különböző rendszereknek szinkronizáltan működniük. A szinkronizáció lokális esemény, amely magyarázatot igényel.

Például, egyedül a föld forgásának következménye, hogy sok földi rendszer éppen naponta frissül. Az emberi test cirkadián, napi ciklusa 25 órás. Ráadásul bármilyen információ is kommunikálódik, a történettel bíró rendszerek naponta kölcsönösen kell, hogy frissüljenek, és időszakosan szinkronizálódnuk kell az idői dimenzióban. A kommunikációt az idői dimenzióban ugyanolyan eseménynek tekinthetjük, mint bármely más kommunikációt. Ami ilyenkor kommunikálódik, az a gyakorisági eloszlás (azaz, egy spektrum; v.ö. Smolensky, 1986). A más dimenziókban történő kommunikációval analóg módon bizonyos kommunikációs rendszerek csak ezt az információt tudják közölni, mások képesek raktározni ezt az információt, és bizonyos rendszerek reflektálni tudnak rá, valamint értelmezést rendelni hozzá.

A kommunikációk diszkrét események, így a folyamatos idő valójában a rekonstruktív rendszer által létrehozott idealizáció. Következésképpen óvatosnak kell lenni a differenciálszámítás alkalmazásával a rekonstrukcióban, az abban foglalt határértékre vonatkozó határfeltételek miatt.²⁸ Ha a posztmodern értelmezés standard órárt feltételezne, ez episztemológiaiilag éppen a meghaladni kívánt kozmológián belül lenne megtalálható.

A kommunikációs rendszerek konfigurációik újrendezésével variációkat generálnak egymás számára. A reflexív elemző képes lehet a megfigyelhető interakciókat úgy felhasználni, mint a vizsgált rendszerekre és azok fejlődésére vonatkozó információt. A rendszereket magukat nem figyelhetjük meg, így hát a megfigyelés lehetséges tárgyai csupán a fejlődésére vonatkozó információkból következtetett várakozások maradnak. Így az adatok „autokorrelációja” problémájának megoldása fordított: az autokorreláció során nem a feltételezett ideális rendszerállapot alapján történik, hanem a rendszerek csak az időben, önmagukra vonatkoztatva képesek fejlődni, azaz, saját korábbi állapotukra vonatkoztatva. Ha a (rekonstruktív) elemzés arra a következtetésre vezet, hogy a variációk nem önmagukra vonatkoznak – azaz, nem autokorrelálók –, ez egy speciális esetre utalhat, amelyben a vizsgált rendszerek annyira megváltoztak, hogy egy lényegesen különböző rendszer jött létre (Leydesdorff, 1992b; Frenken és Leydesdorff, 2000). Vagy pedig az interakcióban lévő rendszerekre vonatkozó hipotézisek nem voltak korrektek.

9.5 A komplex dinamika vizsgálata

Az entrópia valószínűségi interpretációjával, és az idő frekvenciaspektrum terminusaiban megfogalmazott következményes definíciójával analóg módon, a fizikában az entrópia gondolatára épülő fogalmakat is lehet probabilisztikusan értelmezni. Azonban, minthogy a fizikában kodifikált tudás logikailag konzisztens, a modern fizika más fogalmaihoz is rendelhető probabilisztikus, azaz nem-fizikai értelmezés a kommunikációnak egy matematikai elméletében.

Hogyan értsük a fogalmak és törvények probabilisztikus interpretációját a fizikában? Gyümölcsöző megközelítést tesznek lehetővé azok a fogalmak, amelyek, mint például a Boltzmann egyenletek (a kinetikus gázelméletnek a statisztikus mechanika törvényeiből következő egyenletei – a szerk.), nagymértékben támaszkodnak az entrópia fogalmára. E törvények és fogalmak probabilisztikus interpretációjából tartalom nélküli (matematikai) elmélet vezethető le, amelyhez később tartalmat lehet rendelni, ha rendszerekre vonatkoztatjuk (nem a kemiko-fizikai rendszerre).

A gyakorlatban a komputertudósok és kognitív tudósok már megkezdték a Boltzmann egyenletek használhatóságának vizsgálatát a komplex hálózatok problémáival kapcsolatban (pl. Smolensky, 1986). Például ha egy rendszerre az jellemző, hogy diszkrét állapotokban van, akkor annak a valószínűsége, hogy a rendszert ezen állapotok valamelyikében találjuk, nem különbözik a formális számítások szempontjából annak a valószínűségétől, hogy egy elektront az atomon belül megengedett valamelyik pálya egyikén találjuk. (Ezeket a diszkrét állapotokat „attraktoroknak” is tekinthetjük.) Ily módon rendelkezésünkre áll a fizika gazdag matematikai apparátusa a valószínűségi eloszlásokkal leírható rendszerek vizsgálatára.

Vegyük példának a valószínűségi hőmérsékletet. A szokásos valószínű hőmérsékleteknél megfigyelhetők mind a rendszerek (ön)szerveződésai (azaz, a probabilisztikus energia tárolása), és az entrópia termelése az interakciókban (azaz, a probabilisztikus energia leadása). Azonban lehetséges „megfagyasztani” a rendszereket, eltávolítva a (hő)leadás lehetőségét azzal, hogy valamennyi komponenszt a legalacsonyabb energiaállapotra hozzuk (a Boltzmann egyenletnek megfelelően). A kémiai fizikában például ez a kristályállapot. Analóg módon, az attraktorokat elkülönítve lehet csoportosítani, mivel szélső értéket vesznek fel, egymáshoz képest extrém alacsony probabilisztikus hőmérsékleten.

Vegyük észre, hogy a probabilisztikus hőmérséklet nem fizikai hőmérséklet, hanem egy tartalommentes fogalom, amelynek csak egy rendszerhez (vagy rendszerek rendszeréhez) viszonyítva lehet jelentést adni. A szociális rendszereket nem tudjuk megfagyasztani úgy, hogy ne folytassanak interakciókat, de az interakciót megelőző releváns dimenziók elemző részletezését megtehetjük. Ezen az elvontsági szinten az elemző először is „befagyasztja” a rendszert a várható kontingens interakciók figyelmen kívül hagyásával, majd megnyitja a modellt a jellemző „hőmérsékleten” lehetséges interakciók empirikus specifikációja számára.

A probabilisztikus szimulációk alkalmazási lehetőségeinek skálája káprázatos. Egyrészt a kognitív pszichológiában tanuló számítógépes hálózatokkal (v.ö.: PDP: párhuzamos feldolgozású számítógép – a szerk.) attraktorokat konstruálnak, pl. sémafelismerésre (az ún. Boltzmann-gépek”; vö. Ebeling, 1991; Hinton & Sejnowski, 1986; Rumelhart et al., 1986). Másrészt például Kuhn (1962) „paradigma”-koncepciója nyújtja az attraktorok alkalmazási lehetőségének mentális modelljét szociális rendszerekben: a paradigma nem csak azt ellenőrzi, hogy mi kommunikálható önmagán belül, hanem szociálisan elhatárolja, hogy kik vannak a szóban forgó tudományos közösségen „belül”, illetve „kívül”. Hasonlóképpen, ha a rendszerek interakcióit magasabbrendű attraktoroknak tekintjük, akkor a rendszerek változásai lokalizálható pályagörbékkel jellemezhetők, ahol az interakciók szociálisan megosztott tanulási folyamatokban zajlanak.²⁹

A fogalmak kiterjesztése a fizikáról a nem-fizikai területekre első látásra pozitívizmusnak tűnhet, de *nem pozitívizmus*. Nem erőltettük rá a fizika modelljét normatív módon a többi tudományra, hanem a modern fizika eredményeit olyan rendszerek értelmezésére használtuk fel reflexív módon, melyek különböznek a kemiko-fizikai rendszertől, mégpedig oly módon, hogy először is a fogalmaknak különböző (azaz valószínűségi) értelmezést adtunk. Más rendszerek – egyebek mellett – abból a szempontból bonyolultabbak, mint a kemiko-fizikaiak, hogy *mi* kommunikálódik szubsztantívan (azaz elméletileg definiálhatóan). Például egy biológiai rendszer meglehetősen egyszerű, mégis nagy számú tömegegyensúlyt involvál. Az élő rendszerekben molekulák kommunikálnak (Maturana, 1978). Pszichológiai rendszerekben az emberek érzéseket és gondolatokat dolgoznak fel, amit rendkívül nehéz operacionalizálni úgy, hogy kívülről is megfigyelhetőek legyenek. Társadalmi rendszerekben az emberek nyelv és szimbólumok felhasználásával kommunikálnak.

E kommunikációk természete, azaz operacionalizálásuk, csak a releváns rendszerszintű elmélet alapján oldható meg. Ezért *nem* a megfigyelhető interakciókat kellene az elemzés egységének tekinteni. Azok fenotipikus következmények, melyek megnehezítik a genotipikus mechanizmusok elméleti megértését (Langton et al., 1992; Leydesdorff & Van den Besselaar, 1994). Egy általános kommunikációelmélet-

től elvárható, hogy eligazítson bennünket az ily módon specifikált kommunikációs rendszerek interakcióinak algoritmikus modellezésével kapcsolatban, és matematikai eszközöket nyújtson azok valószínű időbeli viselkedéséről.

9.6 Egy általános kommunikációelmélet felé?

A megismerő alany beágyazottsága abba, amit kutatni szeretne, rámutat az emberi tudás rekonstruktív és reflexív mivoltára. Ugyanakkor az episztemológiai gondolkodásban eredetileg arra a kérdésre koncentráltak, hogy mi a specifikus kontingencia jelentősége az egész fejlődése számára, amit egy transzcendencia fogalmaiban határoztak meg. A természettudományokban például feltételezték, hogy egy transzcendentális szubjektum fogalmának felhasználásával el lehet vonatkoztatni az embernek a természeti környezethez viszonyított sajátos pozíciójától.

Ez a társadalomra, vagy általánosabban, a szociális rendszerekre vonatkoztatott, metafizikailag alátámasztott feltételezett összhang a tizenkilencedik században dezintegrálódott (vö. Marx). Egy objektív metapozíció feltételezése manapság tarthatatlan a társadalomtudományokban, mivel az például nem reflektál az elfogultságokra, melyeket az előfeltevésekkel szükségképpen behozunk az elemzésbe. Az, hogy ez az elfogultság osztályhelyzet, férfisovinizmus, vagy a diskurzus uralásának igénye (vö. Foucault), másodlagos kérdés. Az elsődleges az, hogy egy elméleti rendszer egy partikuláris nézőpontból rekonstruálja a szociális rendszert.

Az általános elmélet célként való kitűzése, ennek következtében, obskurantizmusnak tűnhet azon társadalomkutatók és filozófusok szemében, akik normatív és szociológiai alapon tagadják az általános elmélet lehetőségét. Valóban, az általános elmélet kérdése a szociológiában hangsúlyozottan felveti a megfigyelő pozíciójának, és a teoretikus saját történetiségének problémáját. Max Weber óta ezt a problémakomplexust a (voluntarista) cselekvésemélet fogalmi kereteiben tárgyalják (Münc, 1982/1988). Azonban vajon az egyedi aktus történetisége a priori lerombolja azt a lehetőséget, hogy egy elméleti modell felhasználásával rekonstruáljuk a társadalmat? Véleményem szerint a történetiség problémája egy elméleti modellnek csak egyik kritériumát határozza meg, azt, hogy képesnek kell lennie kezelni a történetiséget. Továbbá az elmélet egyre növekvő mértékben képes reflexíven kezelni saját történeti kontingenciáját, azaz, egy rekonstrukció keretében értelmezni/megérteni önmagát.

Egy általános kommunikációelmélet részletes leírása túlmegy ennek a szociológiai tanulmánynak a keretein. A kritikus pont azonban az, hogy sem a tanulmányozott szubsztancia, sem a tudományos kommunikációs rendszer nem tekinthetők csupán térbeli kiterjesztésnek (pl. kutatási terület); minden kommunikációs rendszer rendelkezik téri és idői kontingenciával. Másképpen szólva, az univerzális elméletek is elképzelt univerzumok diszkurzív tükrözéseként vannak felépítve és rekonstruálva. A megfigyelhető stabilitás az a speciális eset, amelyben fel kell tételeznünk „egy már előfeltételezett erő vagy ellenerő folyamatos ismétlődését vagy terjedését (Leibniz)”³⁰ vagy – ahogy manapság mondanánk – pozitív visszacsatolást. Így a megfigyelés csak egy előfeltételezés viszonylatában informatív, de az elméleti előfeltételezés maga is egy előfeltételezés rendszerbe van beágyazva. A rendszert bármelyik szinten le lehet zárni, de ez csak időleges lehet, és visszamenőleg dekonstruálható.

Egyfelől Newton és Leibniz megértették, hogy a szubsztanciát nem kiterjedés-ként kell felfogni, hanem erőként, vagy hatásként (Azonban elméleti apparátusuk – először történeti okból – szükségszerűen az eredetileg vizsgált rendszerhez (túl)átságon) kötött megerősödést, majd e konkrét tartalommal együtti (túl)általánosítást szenved el, *a priori* (transzcendentális) alapokon (Kant, 1787). Másfelől ezek a tudósok képesek voltak olyan gondolatokkal foglalkozni, mint a „gravitáció” és „gyorsulás”, a differenciálszámítás második derivált fogalmának segítségével. Nyilvánvalóan, ha eseményeket a tér és idő hiperterében akarunk megmagyarázni, végső soron ki kell egészítenünk a geometriai mérést algebrai értelmezéssel (Kuhn, 1964). Azokban az esetekben, amikor a differenciálegyenleteknek nincs harmonikus megoldása, az algoritmikus megközelítés lehetővé teszi a becslést.

Másfelől ez a konklúzió következményekkel jár azokra a tudományokra nézve, melyek mindezedig geometriai narratívákra szorultak értelmezéseikben (Haraway, 1988; Hinton et al., 1986). Egy második szintű elméletben az elméleti apparátus maga is reflektál saját kontingenciájára; úgy tekinti magát, mint egyet számos lehetséges kommunikációs rendszer közül, melyek folytonos változásnak vannak kitéve. Minthogy azonban mind az adatok, mind az értelmezés is állandó változásban van, ezt az elméleti önértelmezést egy (algoritmikus) modellel kell kiegészíteni. Ez a newtoni fizikához képest következő magasabb komplexitási szint az eredmények algoritmikus „komputer-nyelvű” interpretációját igényli, úgy, mint a főleg geometriai metaforákat használó „természetes” nyelv magasabb szintű kiterjesztését (Andersen, 1994; Langton et al., 1992).³¹ A kommunikáció szociológiai elmélete Shannon matematikai kommunikációelméletéhez hozzáadja a vonatkoztatási rendszerek koncepcióját, az elméleti apparátus önmagára vonatkoztatásának koncepcióját, és a nem-egyensúlyi perspektívát. A vonatkoztatási rendszerekkel kapcsolatosan (definíció szerint) speciális elméletekre van szükség. A speciális elméletek azonban perspektívák maradnak. A nem-egyensúlyi perspektíva lehetővé teszi a fejlődési folyamatok, mint a paradigmák, életciklusok, stb. modellezését. A tudományos modell általánosságban rekonstruktív marad, ennél fogva a kulturális fejlődés része.

E metodológiai álláspont reflexív tudatossága az a fontos szempont, amelyben a kommunikáció szociológiai elmélete különbözik Darwin biológiai fejlődéselméletétől. Ez utóbbi a környezetből eredő „természetes szelekciót”, mint külső elvet hipotetizálja, mely függetlenül szervezi a taxonomikus adatok változatait. A fejlődéselmélet így lehetővé teszi például, hogy „hiányzó láncszemeket” definiáljunk az evolúciós adatok sorában, és vezérfonalat nyújt ezekben az esetekben az egyértelmű bizonyítékok kereséséhez.

A szociológiai rekonstrukciók alternatív hipotéziseket nyújtanak a leírás alatt lévő rendszer(ek)kel kapcsolatban. Az alternatív hipotézisek a tanulás többféle aspektusát képesek leírni, és az ezek következtében kialakuló viselkedési és kommunikációs sémákat, melyekre szelekciós mechanizmus érvényes. A magasabb rendű szelekciós környezetek azonban nem kell, hogy a vizsgált rendszerekkel szinkronban fejlődjenek. A szelekció és a stabilizáció között másodrendű kibernetika feltételezhető (Luhmann, 1984).

Tehát a biológiai fejlődéselmélet az a speciális eset, amelyben a (természeti) környezetet az egyetlen szelekciós determináló tényezőnek tekintik. A szociológiai adatok azonban dinamikák sokaságát mutatják, és a különféle rendszerek csak hipo-

tetikus vonatkoztatási rendszerek (azaz, potenciális „attraktorok”), egyszerű fejlődés helyett. Így a biológiához képest a szocio-kulturális perspektíva reflexivitással egészíti ki az elméleti következtetést (Luhmann, 1990a).

Míg más tudományokban gyümölcsöző lehet valamelyik variációt vagy szelekciót úgy tekinteni, mint amelyet előre determinál a „Természet”, mint kozmológiailag szavatolt vonatkoztatási rendszer, a szociológiai elméletalkotáshoz reflexíven tudatában kell lenni mindkét dimenzió bizonytalanságának és történetiségének. A kommunikáció szociológiai elmélete még azzal is gazdagítja reflexív tudatosságunkat, hogy a diszkurzív érvelés tudományos kommunikációban és kodifikációban megnyilvánuló önszerveződése például újabb tudás és reflexivitás egy másik, és potenciálisan független forrásának tekinthető (Leydesdorff, 1995a).

Ennek a kommunikációs rendszernek a rendszerszerűsége törékeny további fejlődése vonatkozásában. Minthogy az interakció során reflexív fragmentáció megy végbe, az általános kommunikációelmélet ideája nehezen fér össze egy általános rendszerelmélet, és egy általános fejlődéselmélet gondolatával. A fogalmakat egyik perspektívából át kell fordítani egy másikba. Az átfordítások kognitív és társas folyamatok, amelyek várhatóan társadalmi változást okoznak, mivel képessé tesznek bennünket arra, hogy rekonstruáljuk a társas viszonyokat a megismerhető reprezentációk alapján.

Miró Kiss Ida fordítása

Loet Leydesdorff: The Sociological Theory of Communication. The Self-Organization of the Knowledge-Based Society – Uncertainty and the communication of „time”, Universal Publishers/uPUBLISH.com

JEGYZETEK

- ¹ Huygens (1888-1950): Vol. XXI:541 *Továbbá Elzinga (1972:37)*
- ² Huygens saját módszerét úgy jellemzi, mint amely „experientia ac racione”, azaz, amelyben együtt jár tapasztalás és érvelés. (v.ö. Elzinga, 1972).
- ³ *Newton: 1687, 1934:547*
- ⁴ *Huygens: 2-1722, Bk. 2:9-10 Lásd: Elzinga (1972:38)*
- ⁵ Más kérdés, hogy ez a kvantumfizikára is igaz-e. Erről a vitáról lásd például: Penrose, 1989.
- ⁶ *Einstein & Infeld: 2-1966:296.*
- ⁷ *Huygens: Euvres Completes, Vol. XIX, 325. p. Lásd még: Elzinga (1976:131.)*
- ⁸ Letter of November 18, 1960. Oeuvres Complètes, Vol. IX:538
- ⁹ Vegyük észre, hogy itt érhető tetten a karteziánus Isten-felfogás: az elhatárolást megelőzően, azaz az önmagába zárt intimitásban, a lehetőségesség kizárólag a transzcendenciához való viszonyában van meghatározva, azaz, Istenhez való viszonyában. Minthogy a meghatározás belső a specifikus cogito-ra vonatkozólag, ez egy önmagára vonatkoztatott, belső referenciájú viszonyt implicál a személyes Istenhez, aki jelen van a reflexióban. Ebben az értelemben a karteziánus Ego a protestáns forradalmat tükrözi.]
- ¹⁰ Leibniz: 3-1966:272
- ¹¹ Bach: Actus Tragicus (1707) kantátájának kezdő kara.
- ¹² *Leibniz, 1695.*

- ¹³ (francia szöveg) testvérének, Lodewijk Huygens-nek 1670. május 22-én kelt levele apjához, Constantijn Sr.-hoz (Huygens, Oeuvres Completes, Vol VII:22)
- ¹⁴ Az első kiadás előszava szerint ez 1686. május 8-án történt.
- ¹⁵ Huygens elárulta a Holland Köztársaságot, amikor 1672-ben francia seregek megtámadták és csaknem elpusztították azt. Nevezetesen 1673-ban a Horologicum Oscillatorum-ot a következő ajánlással vezette be: „Különösen sokat köszönhetünk Franciaországnak, ó Nagy Király, a geometria e századi újjázületéséért és újjáépítéséért.” Huygens dicső szerepéről ebben pl. Shapin és Schaffer (1985) ír.
- ¹⁶ „Elképedtem azon, hogy Huygens és Newton az üres tér létezését feltételezik. Ez persze érthető, hiszen megmaradtak a geometriai fogalmi keretben való értelmezésnél. Méginkább elképeszt azonban, hogy Newton olyan vonzást feltételez, amely nem mechanikai alapon működik. Amikor ezzel kapcsolatban kijelenti, hogy a testek a gravitáció fogalmi szerint vonzzák egymást, ezt nem lehet egyszerűen negligálni – legalábbis tekintettel a világrendszerünkben lévő nagy testek között megfigyelhető interakciókra –, bár úgy látszik, hogy Huygens sem ért ezzel együtt teljesen; Leibniz levele Bernouilli-hez, 1698.
- ¹⁷ Poroszország Kurfürst választófejedelme, I. Frigyes, akit később királlyá koronáztak, Orániai Vilmos unokaöccse volt. Anyja, Lujza Henrietta az orániai herceg, Frederik Henderik lánya volt, aki nagymértékben támaszkodott az idősebb Huygens, Constantijn szolgálataira. A hercegnő két évvel volt idősebb, mint Christiaan Huygens, és a két gyermek ugyanazokban a körökben nevelkedett Hágában. Érdemes megjegyezni, hogy Frigyes felesége, a későbbi Zsófia Sarolta, maga is filozófus volt. A Hannoverben élő Leibniz patrónája volt, és ő alapította a berlini Tudományos Akadémiát Leibniz sürgetésére.
- ¹⁸ Leibniz (1695) megjegyezte, hogy másképpen „a lelkek cél nélkül maradnának egy megoldhatatlan *káoszban*” In: Leibniz: 3-1966:262 kiemelés a szerzőtől.
- ¹⁹ Minthogy a matematika is lehet referenciakeret, akár meta-matematikai definíciónak is hívhatjuk (Heidegger, 1962: vö. Hinton és Sejnowski, 1986).
- ²⁰ A karteziánus program keretein belül a mozgástörvények a mérhető mennyiségekben kifejezhető mozgáskommunikáció törvényei lehetnének.
- ²¹ A Szilard-Brillouin-féle reláció megmutatja, hogy a termodinamikai entrópiának (S) csak egy nagyon csekély része valószínűségi entrópia (H). Lásd még: Ebeling 2-1991:60
- ²² Az általánosításnak ezen a szintjén nem lehet megkülönböztetni rendszert és alrendszert.
- ²³ Ha a komplexitás nem n hatványaként növekszik (azaz nk) (ahol n a rendszer elemeinek száma, k a rendszerek száma – a szerk.), hanem n a hatványkitevő (azaz, $\exp(bn)$) (ahol b egy rendszerfüggő paraméter – a szerk.)), a probléma nem polinóm egész lehet, ennél fogva a gyakorlatban nem kiszámítható. Lásd pl. Ebeling 2-1991; Penrose, 1989.
- ²⁴ Loet Leydesdorff: A Sociological Theory of Communication The Self Organization of the Knowledge-Based Society című könyvének nyolcadik fejezetére utal. (Szerk.)
- ²⁵ A hálózat lehetséges állapotainak száma a csomópontok számának hatványával növekszik.
- ²⁶ Az önszervezés fogalma és implikációi a rendszerek és környezetük közötti viszonyokra vonatkozólag gyakran felmerül a (biológiai) fejlődésmélettal kapcsolatban is. Lásd egyebek között Jantsch, 1980, Laszlo, 1987.
- ²⁷ Ugyanígy nincsenek auto-regresszív (AREG & ARIMA)(ARIMA: Auto Regressive Integrated Moving Average – a szerk.) modellek a sokváltozós adatokra, csak az egy- és kétváltozós trendvonalakra. Ha valaki (parametrikus) idősoros elemzést kíván végrehajtani egy rendszer viselkedésének előrejelzésére, akkor aggregált rendszerváltozót kell definiálnia, azonban ez esetben azt kockáztatja, hogy elveszíti a rálátást arra, hogy a közvetlen alsóbb

szinten a rendszerváltozók hogyan változnak (Leydesdorff, 1991a).

- ²⁸ Bár az elemző gyakorlati okoknál fogva használni kívánhatja, azonban Shannon egyenletei a folyamatos eloszlásra elméletileg problematikusabbak, mint diszkrét eloszlásokra vonatkozólag.
- ²⁹ Allen (1988) természeti erőforrásgazdálkodás vizsgálata során két attraktort azonosított a halak és a halászhajók hiperbolikus görbéjének párhuzamos szimulációja során. Formális terminusokban, ez a görbe tengelye mentén hasonlít a tőke és a munka hagyományos termelési függvényéhez (vö. Nelson és Winter, 1982; Dosi, 1982; Sahal, 1985; Leydesdorff és Van den Besselaar, 2000).
- ³⁰ Idézet Leibniz Specimen Dynamicum-ából. Idézi: Roberts (1985: 251.) Lásd még Westfall, 1971.
- ³¹ Lásd még Loet Leydesdorff: *A Sociological Theory of Communication The Self Organization of the Knowledge-Based Society* című könyvének a 3. és 4. fejezetét.

Loet Leydesdorff

Az Amszterdami Egyetem Tudomány- és technológia-dinamika szakos hallgatója. A tudomány, a technológia és az innováció területén zajló kommunikációs folyamatokat vizsgálja. Kiterjedt publikációval rendelkezik a tudományos filozófia, a szociálishálózat-analízis, szcientometria, és az innovációs szociológia területén. Eddig megjelent művei: *A szcientometria kihívása: fejlődés, mérték és önszerveződés a tudományos kommunikációban* (The Challenge of Scientometrics: The development, measurement, and self-organization of scientific communications. <http://www.upublish.com/books/leydesdorff-sci.htm>), *A kommunikáció szociológiai szempontból: önszerveződés az ismeretalapú társadalomban* (A Sociological Theory of Communication: The Self-Organization of the Knowledge-Based Society, <http://www.upublish.com/books/leydesdorff.htm>).