

Kiss E. Ernő

∴ Újvidéki Egyetem, Technológiai Kar
∴ ekiss@tf.uns.ac.rs

Kiss E. Ferenc

∴ Újvidéki Egyetem, Technológiai Kar
∴ fkiss@tf.uns.ac.rs

TERMÉSZETTUDOMÁNYOK A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOKBAN

Natural Sciences in Social Sciences

A természettudományok alkalmazása ma már olyannyira jelen van a társadalomtudományokban, hogy szükségszerű az ilyen beállítottságú folyóiratok megjelenése. Ilyen típusúak a *Journal of Mathematical Psychology*, az *Ecological Economics*, a *Journal of Human Thermodynamics* és más hasonló folyóiratok. A termodinamika második fő tételének alkalmazása a társadalmi kutatásokban jó példa a természettudományok alkalmazhatóságára e területen, az informatikában, a közgazdaságtani és a pszichológiai tudományokban. A tanulmány rámutat azokra a nehézségekre, amelyek e folyamat során jelentkezhetnek. Ezek a nehézségek a két tudományterület közötti módszertani különbségek miatt támadhatnak, de legfőbb kiváltó okuk az emberi természet összetettsége.

Kulcsszavak: természettudományok, társadalomtudományok, alkalmazhatóság, nehézségek, kételyek

BEVEZETŐ

Az ember természetében szükségszerűen jelen van az érdeklődés az ismeretlen iránt. Egykoron a legalacsonyabb szinten ez a napi szükségleteinek kielégítésében nyilvánult meg, később mind összetettebb lett, majd a teljesen elvont fogalmak felé irányult. Talán így kezdődött a természetből ellesett tapasztalatok átvitele az emberi társadalomba, ami azután olyan tudományokban teljesedett ki, mint a bölcsészet, metafizika vagy a különböző vallástanok.

A természettudományok alkalmazásának lehetőségére a múltban több nagy gondolkodó is rámutatott. Schopenhauer szerint „[a]z ember, akárcsak a természet dolgai, a természeti törvényeknek van alávetve”. Magyar nyelven száz évvel ezelőtt jelent meg Méray-Horváth Károly *Társadalomtudomány mint természettudomány* című könyve (MÉRAY-HORVÁTH 1912). Noha a könyv

címe a szavak sorrendjében különbözik e dolgozat címétől, szintén a két tudományterület között fennálló kölcsönös reciprocitás lehetőségeire utal. A XX. század második felétől megjelentek a specializált folyóiratok, melyek arról tanúskodnak, hogy a természettudományok alkalmazása a társadalomtudományokban már annyira jelen volt és van, hogy a felkínált munkák száma igényelte az ilyen jellegű folyóiratok megjelenését. Talán a pszichológiai kutatások terén jelent meg az első folyóirat, ahol egy egzakt természettudományt, a matematikát vezették be a kutatásokba, és az elért eredmények interpretálására. A *Journal of Mathematical Psychology* folyóirat első száma 1964 januárjában jelent meg. A szerkesztőség felhívta a potenciális szerzők figyelmét, hogy a kutatások méréseinek eredményeit pszichológiai modelleken ábrázolják, a neurális hálózathoz hasonlóan. A közgazdaságtanban a hőtan alapelveinek alkalmazási lehetőségeire az elsők között egy hazai tudós mutatott rá. Kosta Stojanović már 1910-ben kísérletet tett arra, hogy egyes társadalmi és gazdasági jelenségeket a termodinamika *Második főtételével* magyarázza meg (PEŠIĆ 1988). A modern közgazdasági termodinamika alapjait Nicholas Georgescu-Roegen román származású matematikus, közgazdász, a Harvard Egyetem professzora teremtette meg. Georgescu-Roegen szerint a gazdaságban az alacsony entrópiájú alapanyagokból magas entrópiájú termékeket gyártanak, ami az anyag (termőföld, kőolaj stb.) elértéktelenedéséhez vezet (GEORGESCU-ROEGEN 1971). A társadalom, a környezetvédelem és a közgazdaság egybefonódó problémáival foglalkozó dolgozatokat előszeretettel fogadja az erre specializált *Ecological Economics* folyóirat, melynek első száma 1989 februárjában jelent meg. Ebben a folyóiratban gyakran publikálnak olyan dolgozatokat, amelyek a közgazdasági és környezetvédelmi problémákat a termodinamika tárgyilagosságával és törvényszerűségeivel mutatják be. A szociológiai jelenségeknek a termodinamika alapelveivel való megmagyarázására tett kísérletek már a XIX. században felismerhetők. Igazi áttörésre viszont a XX. század második felében került sor Kenneth Bailey, Eugene Ruyle és más kutatók munkássága révén (<http://www.eoht.info/page/Sociological+thermodynamics>). Bailey a társadalmat nyílt termodinamikai rendszerként szemléli, amely az egyensúlyi állapothoz közelít (BAILEY 1993). Azóta megfogalmazták a különböző termodinamikai nagyságoknak megfelelő társadalmi fogalmakat (STEPANIC 2000), 2005-ben pedig *Journal of Human Thermodynamics* néven megjelent egy specializált folyóirat is. Az információtudományban a termodinamika *Második főtétele* szintén jelen van, Shannon-entrópia néven.

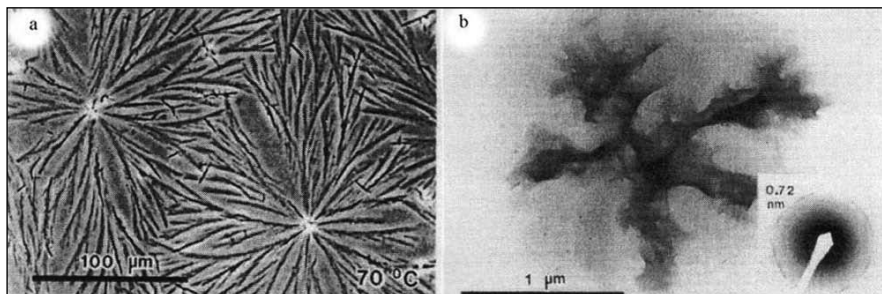
Az entrópiát (S) a hőtanban a kicserélődött hő mennyisége (Q) és az abszolút hőmérséklet (T) aránya szabja meg, reverzibilis (visszafordítható) körülmények közepette. A hőtanban ez a hányados, illetve az entrópia a folyamat irányát mutatja meg. Csak olyan folyamatok játszódhatnak le spontánszerűen, melyek a

termodinamikai rendszer rendezetlenségének növekedéséhez vezetnek. Az entrópia ugyanis a termodinamikai rendszer rendezetlenségének a mércéje. Minél nagyobb a termodinamikai rendszer entrópiája, annál kisebb mértékben lehet alkalmazni a termodinamikai rendszer energiáját valamilyen hasznos munka elvégzésére. A spontán folyamatok esetében (magára hagyott rendszerek) ezek entrópiája csak növekedhet: $dS \geq dQ/T$, illetve $dS \geq 0$ vagy $\Delta S \geq 0$, és az egyensúlyi állapotban éri el maximális értékét. Abból a megfontolásból, hogy az entrópia a rendszer rendezetlenségének a mércéje, Ludwig Boltzmann (1844–1906) arra következtetett, hogy az entrópia statisztikai természetű nagyság. Az entrópia tehát az egyes lehetséges mikroállapotok, P_i gyakoriságának logaritmikus mércéje: $S = -k_B \sum P_i \ln P_i$. Ez az egyszerű magyarázata annak, miért alkalmazható eredményesen a termodinamika *Második főtétele* a társadalomtudományokban. Az információs tudományokban a Shannon-entrópia képlete felírható mint $H(S) = -\sum p_i \log_2 p_i$. Ebben a képletben a p_i a hírkészlet állapotvalószínűségét jelenti. A termodinamikai entrópia (Boltzmann-entrópia) és az informatikai entrópia (Shannon-entrópia) között a különbség csak abban nyilvánul meg, hogy a Boltzmann-entrópiában a valószínűség a természetes (e-alapú) logaritmus, míg a Shannon-entrópiában a hírkészlet valószínűsége a bináris logaritmus (2-alapú) függvénye, ugyanis a számítógépek a bináris (kettes) számrendszert használják. Georgescu-Roegen szerint a közgazdaságtanban a termodinamika *Második főtétele* (Boltzmann-entrópia) alkalmas a termelési függvény (funkció) ábrázolására: $S(N_k) = \ln \Omega(N_k)$. Ez a képlet explicitebb formában felírva (MINKES 2006: 15) alkalmas arra, hogy felmérje a potenciális vásárlók számát (N_k) egy bizonyos termékből, mégpedig a piacon uralkodó valószínűségi helyzet (Ω) függvényében. Ezt a valószínűséget a termék iránt érdeklődők száma, a termék típusa, a vásárlási képesség stb. határozza meg (MINKES 2006). A pszichológiába a termodinamika *Második főtétele* a Weber–Fechner-féle (Ernst Heinrich Weber és Gustav Theodor Fechner) pszichofizikai alaptörvény révén jutott be. Weber észrevette, hogy az érzet erőssége arányosan növekszik a nekik megfelelő ingerek nagyságával. Fechner szerint az érzet (\dot{E}) és a megfelelő ingerek (I) (nyomás, hang, fény, illat, íz) között logaritmikus összefüggés van, illetve $\dot{E} = k \ln I$. A Weber–Fechner-egyenletben a k értékének változó nagysága van, mégpedig az ingerek fajtájának függvényében (nyomás, hang, fény, illat, íz). Ezzel szemben Boltzmann képletében a k_B az állandó nagyság, minden fajta ideális gázmolekulára egyformán érvényes. Peggy La Cerra szerint „a pszichológia *Első törvénye* a termodinamika *Második törvénye*” (LA CERRA 2003).

LEHETŐSÉGEK, NEHÉZSÉGEK, KÉTELYEK

Kétségtelen, hogy a termodinamika a legegzaktabb természettudományok egyike. A Boltzmann-féle megfogalmazásban az entrópia – mivel az egyes lehetséges mikroállapotok gyakoriságának logaritmikus mércéje – mint statisztikai nagyság jól alkalmazható a társadalomtudományokban is. De a vitatott téma távolról nézve sem egyszerű. A természettudományok és a társadalomtudományok között módszertani különbségek vannak, noha ezek a különbségek, a szerzők véleménye szerint, elvileg áthidalhatók, még akkor is, ha általánosítani akarjuk a törvényszerűségeket a két tudományterületre. A természettudományok művelői a természet, valamint a világmindenség tanulmányozásával foglalkoznak. Galileo Galilei (1564–1642) óta ezek a kutatások tudatos kísérletezési munkák eredményein nyugszanak. Az elmúlt idők folyamán a kutatások lehetőségei óriási utat tettek meg. Leeuwenhoek (Antony van Leeuwenhoek, 1632–1723) górcsőve 20–50-szeres nagyításra volt képes, a mai transzmissziós elektronmikroszkópok 500 000-szeres (sőt milliószoros) nagyításra is képesek. Tehát a mennyiségi összefüggések megismerése, ami a természettudományok célja és veleje, differenciálódhatott. A komplex jelenség és annak nagysága egyre inkább felbontható összetevőire, illetve tényezőire (1. ábra, LOVINGER 1991). A természetkutató kísérletezik, és kívül áll a megfigyelés eredményeitől. A természettudományok tárgya az atom, a molekula, a mikroorganizmus, egy növény- vagy állatfaj, vagy valamilyen nagyobb egysége az anyagnak, valamilyen bolygó vagy egyéb égitest. A társadalom legkisebb egysége az ember, aki a maga természetével, elképzeléseivel, érzelmeivel bonyolultabb az előbb felsoroltak mindegyikénél. A társadalomtudós az embert, az emberi közösséget, valamint a közösségben fennálló viszonyokat tanulmányozza. A természettudós külső és tárgyilagos szemlélője lehet a jelenségeknek, a társadalomtudós pedig tagja annak a társadalomnak, amelyet tanulmányoz. Ez pedig megnehezíti a megfigyelések tárgyilagos leírását, különösen a tapasztalt törvényszerűségeinek megfogalmazását. Ez minden bizonnyal egyik oka lehet annak, hogy a társadalmi tanulmányok és tudományok sok esetben csak minőségben fogalmazzák meg a társadalomra vonatkozó törvényeket, a mennyiségi megfogalmazás elmarad. A társadalomtudományokban nem beszélhetünk tényekről és törvényszerűségekről e fogalmak szigorú természettudományi értelmezésében, hanem inkább a jelenségek valószínűségéről. Az élettelen test reakciója az adott hatásra könnyebben előrelátható, mint az ember reakciója egy adott helyzetben. Az ember magával viseli tudását, tapasztalatait, félelmeit, elvárásait stb., és így egy bonyolult, számunkra csak nehezen vagy megfejthetetlen és előreláthatatlan egységet alkot.

1. ábra: A szindiotaktikus polipropilén optikai (a), illetve transzmissziós elektron-mikroszkóppal (b) kapott felvételei (1 μm a méter 1 milliomod része)



Az ember szellemi és lelki összetettsége megnehezíti a természettudományok alkalmazhatóságát a társadalomtudományokban. Az igazi kérdés és annak megválaszolása pedig az volna, lehet-e az általános természeti törvényeket általánosítani a társadalomtudományokban. A bonyolult társadalmi viszonyok könnyebb megértése érdekében az emberek hajlamosak a felmerült kérdések leegyszerűsítésére, és ezért a természettudományok törvényeit a társadalmi kutatásokban is megkísérlik alkalmazni. Az olyan természettudományi törvények, melyeknek már a megfogalmazása is a statisztikai adatokon és nagyságokon alakultak ki, formailag kétségtelenül alkalmasak lehetnek a társadalomban megnyilvánuló jelenségek feldolgozására és tanulmányozására. Ilyen esetekben a természettudományokban jelentkező törvényszerűségek eredményesen felhasználhatók a társadalomkutatásokban is. Bár a Schopenhauer-féle észrevétel nem alaptalan, jelenlegi ismereti szinten nem fogadható el teljesen. Ha az emberek szabad akaratral rendelkeznek (*liberum arbitrium*), akkor a természettudományok törvényei csak irányadók lehetnek a társadalomkutatásokban, mivel nem lehetséges az emberi akaratot beilleszteni a természettudományokban megfogalmazott általános törvénybe vagy képletbe. Ha ez mégis lehetséges volna, akkor a determinisztikus világszemléletet kellene elfogadni teljes egészében. A dolgozat legelején megfogalmazottak, mint például: „Az ember természetében szükségszerűen jelen van az érdeklődés az ismeretlen iránt”, ha nem is közvetlenül a szabad akaratról tanúskodik, de kétségtelen, hogy a megállapítás az ember szabadságvágyára vezethető vissza. Ennek feltétele pedig a természet és a világmindenség, valamint a társadalomban fennálló viszonyok alaposabb és pontosabb megismerése. A megismerés mindenekelőtt az ember, illetve az emberiség túlélésének a feltétele, valamint biztos módja, hogy az emberek megszabaduljanak félelmeiktől, ami egyben a szabadság iránti vágy beteljesülése, mint ahogyan azt János evangélista fogalmazta meg: „És megismeritek az igazságot, és az igazság szabadokká tesz titeket” (Biblia, János evangéliuma 8,32.).

ÖSSZEGZÉS

A természettudományok alkalmazhatósága a társadalomtudományokban nem új keletű. Az informatikában, a közgazdaságtanban, a pszichológiában, a szociológiában már több évtizede szerepelnek a természettudományokban ismeretes tapasztalatok és törvényszerűségek. A természettudományok alkalmazhatósága a társadalomtudományokban összetett feladat. Ez pedig visszavezethető: 1. a két tudományág *tárgykörére* – míg a természetkutató az anyaggal, az élettelen és élő természettel, a Földünkön és a világmindenségben lejátszódó folyamatokkal foglalkozik, addig a társadalomkutató az embert, valamint az emberek közösségét és viszonyukat tanulmányozza; 2. a *módszertani különbségekre*, a természettudományokkal foglalkozó kutató fő kutatási módszere az ellenőrzött körülmények között lefolytatott kísérlet, ezzel szemben a társadalomtudományokkal foglalkozó tudós megfigyeléssel próbálja feltárni a társadalomban lejátszódó jelenségeket és összefüggéseket; 3. a törvények és törvényszerűségek *megbízhatóságára*, hiszen a természetkutató mérései jól megismételhetőek, kvantitatív módszereken alapulnak, míg a társadalomtudományokban a megállapított összefüggések az emberek viselkedésén, kijelentésein és véleményein alapszanak, és az így kapott kvantitatív összefüggések kevésbé megbízhatóak; 4. a természettudós *külső* és tárgyilagos szemlélője a jelenségeknek, a társadalomtudós *belső* tagja annak a társadalomnak, amelyet tanulmányoz, így a kutató az elfogultság csapdájába eshet.

IRODALOM

- BAILEY, Kenneth D. 1993. *Social Entropy Theory: An Application of Nonequilibrium Thermodynamics in Human Ecology*. *Advances in Human Ecology*, 2, 133–161.
- La CERRA, Peggy 2003. The First Law of Psychology is the Second Law of Thermodynamics: The Energetic Evolutionary Model of the Mind and the Generation of Human Psychological Phenomena. *Human Nature Review*, 3, 440–447.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, MA
- LOVINGER, Andrew J., DAVIS Don D., and LOTZ Bernard 1991. *Temperature Dependence of Structure and Morphology of Syndiotactic Polypropylene and Epitaxial Relationships with Isotactic Polypropylene*. *Macromolecules*, 24, 552–560.
- MÉRAY-HORVÁTH, Károly 1912. *Társadalomtudomány mint természettudomány*. Szociológiai könyvtár, Az Athenaeum irodalmi és nyomdai R.-T. kiadása, Budapest
- MINKES, Jürgen 2006. A Thermodynamic Formulation of Economics. In: *Econophysics and Sociophysics: Trends and Perspectives*. CHAKRABARTI Bikas K., CHAKRABORTI, Anirban, CHATTERJEE, Arnab (Eds) Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. (http://bilder.buecher.de/zusatz/20/20852/20852236_lese_1.pdf)

PEŠIĆ, Radmilo 1988. *Ekonomsko delo Koste Stojanovića*. Doktorska disertacija, Ekonomski fakultet, Beograd
STEPANIC, Josip Jr., STEFANCIC, Hrvoje, ZEBEC Mislav S., and PERACKOVIC, Kresimir 2000. *Approach to a Quantitative Description of Social Systems Based on Thermodynamic Formalism*. *Entropy*, 2, 98–105.
<http://www.eoht.info/page/Sociological+thermodynamics>

Natural Sciences in Social Sciences

The use of knowledge obtained in natural sciences in different fields of social sciences is very common nowadays. There is a real need for establishment of interdisciplinary journals such as *Journal of Mathematical Psychology*, *Ecological Economics*, *Journal of Human Thermodynamics*, etc. A classic example of the usage of natural sciences in social research is the application of the *Second principle of thermodynamics* in information sciences, economics, and psychophysics. The manuscript points out the difficulty of the generalization of the principles of natural sciences in various fields of social sciences. The authors explain these difficulties with the differences in methodological approaches between the natural and social sciences, and especially with the complexity of human nature.

Keywords: natural sciences, social sciences, applicability, difficulties, dilemmas

Primena prirodnih nauka u društvenim naukama

Primena znanja stečenih u prirodnim naukama u različitim oblastima društvenih nauka danas je već toliko prisutna da se pokazala potreba za osnivanje specijalizovanih časopisa, kao što su: „*Journal of Mathematical Psychology*”, „*Ecological Economics*”, „*Journal of Human Thermodynamics*” i slično. Klasičan primer prirodnih nauka u društvenim istraživanjima je primena *Drugog principa termodinamike* u društvenim naukama, kao što su informatika, ekonomske nauke i psihofizika. U radu je ukazano i na teškoće uopštavanja zakonitosti prirodnih nauka u različitim oblastima društvenih istraživanja, što autori objašnjavaju sa razlikama u metodološkom pristupu istraživanja prirodnih i društvenih nauka, i pre svega sa složenošću ljudske naravi.

Ključne reči: prirodne nauke, društvene nauke, primenljivost, teškoće, dileme