

RENDSZERTUDOMÁNY – ÚJRAGOMBOLVA. A VALÓS KOMPLEX RENDSZEREK MŰKÖDÉSE AZ ÚJ FIZIKAI ISMERETEINK TÜKRÉBEN

SYSTEM THEORY – BUTTONED UP AGAIN. OPERATION OF THE REAL COMPLEX SYSTEMS IN THE MIRROR OF OUR NEW PHYSICAL KNOWLEDGES

ZIEGLER ÉVA rendszerkutató mérnök
Ziegler Consulting

Abstract

The system science can achieve a qualitative breakthrough, combining the classic system theoretical approach with our new knowledges and experimental results in physics clarifying and redefining the relationship between any real, complex, operating system and its large system environment. We can interpret the process of control and daily practice of production and handling of information in a new, more consistent and efficient way, looking at the real context of the three major branches of the system science – system-, control-, and information theories – based on the results of quantum physics (where the basic keyword is the exert influence) not only in physical and engineering systems, but in economic and social systems of management science as well. The presentation and the article outlines the theoretical background, and illustrates its concrete, practical usefulness in two deficiencies of control-theoretical areas, affecting operation of systems, which until now have not been mentioned or modeled sufficiently both in cybernetics and economical, social systems.

1. Bevezetés: Rendszertudomány új megközelítésben

A rendszerelmélet, mint tudományág, alig száz éve pozicionálta magát a tudományban, de akkor igen határozottan és erőteljesen, Bertalanffy, Boulding, Shannon és számos további, kiemelkedő tudós munkájának eredményeként. Azonban, egy széleslátókörű és megalapozott, rendkívül ígéretes öndefiniáló, cél- és feladatmeghatározó kezdet után fejlődése hirtelen, mintha megtorpant volna, és pár évtizede nemhogy zászlóshajóként, húzóágazatként készítené a többi tudományágat egyfajta „messenger” szerepkör betöltésével és a tudományos fejlődés közös attribútumainak meghatározásával és azok gyakorlati, kölcsönös hasznosításával, hanem mintha szétaprózódott volna, mintegy bűvópataként szétesztlott volna a többi társtudomány – mint a fizika, matematika, kibernetika, informatika, telekommunikáció, robotika, mesterséges intelligencia stb. – elmúlt néhány évtizedes diadalmenetében.

Fogalmazhatjuk keményebben is: a rendszerelméletet, mielőtt a tudományos köztudatban önálló tudományként kellőképpen megerősödött volna, a szűkebb és tágabb környezetébe tartozó, őt megalapozó és belőle táplálkozó tudományágak, társtudományok – részben éppen a rendszerismereti eredményekre alapozottan – öles léptekkel leelőzték.

Kutatóként és fejlesztőként kiemelten fontosnak látom, hogy a rendszerelmélet nevű tudomány csak szűk csoportokban ismert eredményei széles körben, a gyakorlat szakemberei számára megismerhetővé és használhatóvá váljanak, hogy a rendszertudomány elláthassa feladatát nemcsak a természettudományos környezetben, hanem a gazdasági, társadalmi rendszereben, azok új modelljeinek fejlesztésében is, és egyben az őt megillető központi szervező pozícióba kerüljön a tudományok együttműködésében.

Más irányból nézve: Ha ismerjük az Univerzum óceánjának működési szabályait, akkor repülve szörfözhetünk a hullámok taraján – míg ha nem ismerjük a szabályokat, azok akkor is ugyanúgy működnek, de a hullámok kökeményen elsodornak és végül begyűrnek minket a víz alá.

Azt, hogy a rendszertudomány ma képes olyan kérdések megválaszolására, amelyekre néhány évtizede még gondolni sem tudtunk, hogy olyan modellek állnak rendelkezésre, amelyek létezése is ismeretlen volt még pár éve, azt egyik oldalán az irányításelmélet és az információelmélet fejlődésének köszönhetjük. De azt, hogy magukat a rendszereket, a világunk alapvető működését kezdjük (meg?)érteni, hogy az összes felépítmény-tudomány mélyben rejlő szerves együttműködését és összhangját képesek vagyunk egyre nagyobb értékben felismerni, feltárni és „munkára fogni”, azt alapvetően a fizika fejlődésének köszönhetjük.

A fizika – a kvantumfizikától a kozmológiáig – több mérvadó fizikus és tudós egybehangzó vélekedése szerint is túlzás nélkül állíthatóan az utóbbi 30–40 évben többet fejlődött, mint az emberiség egész addigi törté-

nelmében együttvéve. És ennek a fejlődésnek még távolról sincs vége, sőt, most kezdünk csak rálépni a valóság megértéséhez vezető multidimenzionális matematikák által előjelzett útra. De a már rendelkezésünkre álló nagy számú rendszerelméleti vonatkozás közt van egy kulcs fogalmunk, amelyet a fizika mai szintje adott megfelelően értelmezve a kezünkbe, és amely a rendszertudomány egészének kereteit is pontosítva rajzolja újra: a *hatásgyakorlás* fogalma. Nézzük, miért.

2. A rendszertudomány fogalma és tárgya

2.1. A rendszerelmélet a rendszerek tudománya

A rendszerelmélet ilyen értelemben a rendszertudomány történelmileg kialakult saját megnevezése. Ez kissé zavaró, mivel a tudományt magát, illetve a konkrét tudományágakat általában elméleti és gyakorlati részre szoktuk bontani, és ez esetben e két rész közös neve az egyik rész nevével jelzett – de ha ezt elfogadjuk, mint hagyományban gyökerező sajátosságot, akkor a későbbiekben nem jelent semmilyen értelemzavaró problémát.

A lényeg a rövid, de igen velős meghatározásban rejlik, bárhogyan nevezem el: a rendszerekben közös ismeretek tudományáról van szó. Ahhoz, hogy exakt módon megfogalmazhassuk, mi lehet közös a rendszerekben, pontosítsuk, mit értünk rendszer alatt.

2.2. Egy rendszer egymással kapcsolatban álló elemek összessége (Kiss Imre 2005)

A rendszer fogalom meghatározására igen széles skálán mozgó definícióhalmazt lehet a szak-, és kevésbé szakirodalomban találni. Közös jellemzőjük, hogy minél több szempontból pontosítják a definíciót, az annál szűkebb tartományt fog át, és annál több speciális rendszer marad ki belőle. Ha az összes rendszert magában foglaló definíciót keresünk, akkor a rendszerek fizikában, valós világban gyökerező legmélyebb alapjait is figyelembevéve a fenti 2.2. alatti rendkívül szikár meghatározás még mindig a legpontosabb rendszerdefiníció. A valós rendszerek esetében a fenti meghatározás a teljes Univerzum nagyrendszerében definiálandó (rész)rendszerekre egy szűkítő feltétellel igaz: Egy rendszer egymással kapcsolatban álló elemek összessége, egy adott téridő tartományban.

Antropikus megközelítésben a rendszereket két fő csoportra oszthatjuk: valós és képzetes rendszerekre. A rendszerelmélet mindkét rendszercsoportot magában foglalja.

A valós rendszerek a mai fizikai tudásunk szerint egyben szükségszerűen működő rendszerek is – a nagy és egyetlen egységes Univerzum-nagyrendszerbeli – kisebb téridő tartomány megfigyelő által meghatározott „körberajzoló” metodikájának eredményeképpen előálló – részrendszerei.

A képzetes rendszerek a valós rendszerekről a megfigyelő(k) által megszerzett ismeretek alapján a megfigyelő(k) által előállított, nem működő rendszerek. A két halmaz elemeit alkotó rendszerek csak egyik, vagy csak másik halmazba tartozhatnak. Az emberiség történetével egyidős a filozófiai, vallási kérdés, hogy vajon a valós, vagy a képzetes rendszerek-e az elsődlegesek. Ebben a kérdésben az Univerzum nagyrendszerén belül elfoglalt helyzetünkben kifolyólag jelen ismereteink szerint nem tudunk teljes tudományos igényességgel állást foglalni.

Mindenesetre figyelemreméltó, és a mindennapi tudományos munkánkat a fenti kérdésben való állásfoglalás nélkül is lehetővé tevő tény az, hogy habár a képzetes rendszerek számossága nagy valószínűséggel még nagyobb, mint valós rendszereké, minden képzetes rendszer megjeleníthetőségének, ezáltal megismerhetőségének szükséges feltétele, hogy a megjelenítő, legyen ember, állat, vagy gép, valós rendszerbeli, anyagi természetű alapot (agyvelő, memória...) biztosítson.

A következőkben ezért a valós rendszerekről teszünk megállapításokat, azzal a megjegyzéssel, hogy a képzetes rendszerek elemeit és relációs kapcsolatait sem tekintjük másodlagosnak, de jelen elemzésünk érdekében a valós rendszerekkel kapcsolatos megfontolások elégséges alapot adnak.

Meghatározásunk szerint tehát egy rendszer elemekből áll, amelyeket kapcsolatok kötnek össze. Milyen elemek építik fel a valós Univerzum egészét? Milyen kapcsolatok lehetnek ezek közt?

2.3. A valós rendszerek elemei a kvantumfizika által egyre mélyebben feltárt mikrovilágban rejlenek

A „rejlenek” kifejezés esetünkben nem irodalmi fordulat, hanem szó szoros értelmében veendő. Abban az Univerzumban, amelyben a mai tudásunk szerint élünk, van(nak) létező legkisebb téridő tartomány(ok), a Planck-féle téridők (10^{-35} méter, 10^{-43} sec) tartománya, amelynél kisebbben – jóllehet ezen még kisebb tartományok megfogalmazása nem ütközik semmilyen matematikai nehézségbe – az anyag (=tömeg/energia) legkisebb egységei nem képesek megnyilvánulni, megjelenni, mert hétköznapien fogalmazva rezdülésük

minimálisan szükséges/lehetséges hosszával, „nem férnek el” kisebb tartományban.¹ (Hogy hétköznapi fogalmakkal segítsük az elképzelést: Ezek a méretek nagyjából úgy aránylanak egy átlagos atom méretéhez, mint ez az atom aránylik a Föld-Hold távolsághoz.)

Ami viszont nem képes megnyilvánulni, arról mai tudásunk szerint tudományos igénygel nem tudunk mondani. („Mit csinál a szél, amikor nem fúj?”... → ”Hol van az anyag, amikor éppen nem létezik?”...) A mi Univerzumunkban a legkisebb, megjelenni képes építőkö funkcióját betöltő anyagegységek elektron-, kvark-, neutrino-típusúak. (Több családban ismétlődően: mai ismereteink szerint háromban, amelyek közül erős feltételezésünk szerint csak a legkisebb tömegekkel bíró első család van jelen az Univerzumban a mostani időkben természetes körülmények között, de a másik két család elemeit is elő tudjuk állítani kísérleti körülmények között.) Ha tehát a rendszerelmélet által vizsgált valós rendszerek tényleges alapelemeit keressük, mai tudásunk szerint legalább eddig a szintig „le” kell mennünk, hogy megtaláljuk őket.

2.4. Az elemek közti kapcsolatot a hatásgyakorlások képviselik

Hatásgyakorlás – szintén mai ismereteink szerint – mind a három részecske családban négyféle, és csak négyféle² lehetséges: erős magerőkkel, elektromágneses erőkkel, gyenge magerőkkel és gravitációs erővel. Ezeknek mind nagysága – azonos távolságban lévő elemek között – mind hatótávolsága – eltérő távolságú

¹ A jelen cikk fő mondanivalója szempontjából nem, de a rendszertudomány további, tudományos igényű megközelítésének, azon belül is az elemek és kapcsolataik pontosabb tárgyalhatóságának érdekében a mai tudásszintünkön már szükséges, hogy bevezessünk néhány eddig még nem használt fogalmat: A legkisebb hatásgyakorlások megnyilvánulására alkalmas Planck tartományba eső téridő tartományokat lássuk el rendszerelméleti azonosításra és következtetések levonásának megfogalmazhatóságát lehetővé tevő alkalmas megnevezéssel. Attól függően, hogy hány téridimenziós tartományt kívánunk megnevezni, jelezzük ezeket a dimenziószámhoz kapcsolódó megnevezéssel, és jelöljük egy tartományra utaló görög betűvel, a deltával: monon (Δ_1), duon (Δ_2), trion (Δ_3), tetron (Δ_4), ...dekon (Δ_{10}), endekon (Δ_{11}) etc. Ha jelezni kívánjuk, hogy pl. egy adott tetron nem négy téridimenziós, hanem három tér + és egy idődimenziós, akkor pl. a Δ_4 helyett alkalmazzuk a Δ_{31} jelölést, azaz „három plusz egyes tetron” kifejezést a síma „tetron” kifejezés helyett, vagy ha egy adott endekon tíz téridimenziós és egy idődimenziós, akkor a Δ_{11} jelölés és „endekon” kifejezés helyett a Δ_{101} jelölést és „tíz plusz egyes endekon” kifejezést. Mai fizikai tudásunk szerint, ha a világ működését valóban a többdimenziós húr- és bránélmélet írja le, akkor ez a legvalószínűbb formáció, ami a valós világot jellemzi. De távolról sem lehetünk egyelőre biztosak, sem abban, hogy a húr- és bránélmélet a végső elmélet, sem abban, hogy ha az, akkor a dimenziószám minden körülmények között a most legvalószínűbbnek tartott $10 + 1$ lesz. Ezért rendszerelméletileg a megnevezhető-séggel adjunk teret a fizika más, további fejlődési irányainak integrálhatóságára is.

² Ezt az állítást azért kezeljük megfontoltan: A hatásgyakorlás négyféle lehetősége négyféle bozonikus részecskehez kapcsolódik, és a mi Univerzumunkban fellépő hatásokat megfelelően magyarázza. Ezek közül egyet, a gravitont még kísérletileg demonstrálható alakjában nem találunk meg, de legyünk megengedőek, mert a gyakorlati tudományos előjelzések pontosságában a graviton modell fellétezése nem ellentmondásos, sőt, helyes eredmények és következtetések levonását teszi lehetővé. De minimálisan is két további kérdés csirázik ki e tárgyban a fizika mai tudásszintjén, amelyek közül a második elágazóan további két irányú kérdést vet fel:

a) Mai tudásunk szerint nem biztos, hogy további bozonikus részecskék már nem várnak felfedezésre, és hogy ezek esetlegesen nem képviselnek-e olyan további erőket, amelyekről egyelőre nincs tudásunk. (Nem keverve a Standard Modell érékében szükségesen bevezetett feltételezett Higgs bozon nemrég történt tényleges felfedezésével, avagy létezésének bizonyíthatóságával, amely bozon típusú részecske nem vektorális spinnel rendelkezik, hanem egy skalármezővel jellemezhető, és jelen ismereteink szerint nem érő, hanem tömegátadási feladattal bír.)

b) Továbbá, erős feltételezésem – amelynek erős térfizikai sejtésalapjai vannak, de bizonyítása mai tudásszintünkön még nem lehetséges – hogy hatásgyakorlásként nemcsak a $3 + 1$ -es dimenziósnak megismert saját terünkben ismert négy erőhatást kellene tekintenünk, hanem a valós részecskék („valós” itt abban az értelemben, hogy nem képzetes – de mind a tényleges, mind a virtuális részecskéket ebben az értelemben valósként azonosítva) legfőbb jellemzőjét, a létezését, a megnyilvánulását lehetővé tevő folyamatos önkonzisztens rezgést biztosító, nem valós hatásgyakorlásként megjelenő „valamit” is – nevezzük munkahipotézisként „transzhatásnak” –, amelyről egyelőre csak annyit tudunk, hogy b1) vagy a szuperszimmetrián alapuló, a mi Univerzumunk multidimenziós téridő szerkezetével való folyamatos kölcsöntranszhatás vagy pedig b2) a mi Univerzumunkon kívül eső, más multiverzális tartomány jellemző viselkedésének „lennyomata” a mi Univerzumunkban. Ez a második megközelítés nagyon messzire visz: mondhatom-e bármiről, ami valamilyen módon befolyásolja a mi részecskéink viselkedését, esetleg nélkülözhetetlen alapot szolgáltat a mi Univerzumunk létezéséhez, hogy nem a mi Univerzumunk része? Ez – másként fogalmazzuk – a zárttság és nyíltság kérdéskörébe vezet. A térfizikusok komoly elméleti, sőt, néha már eszmei ellentétei részben pont emiatt alakultak ki. A válasz egyelőre még várat magára. Per definíciót az Univerzumot minden számunkra létező valami egységes egész rendszereként tekintjük, így a második megközelítés értelmetlenséget szülne. Ugyanakkor nem tekintjük hasonlóan fogalomértőnek az Univerzum más, olyan, már tudományos közelletben jobban elfogadott elméleteken alapuló tulajdonságait, amelyek ugyanilyen módon kimutatnak a jelen tudásunk szerint alkotott definíció saját határain túlra. Egy példa erre: a Big Bang esemény téridő pillanatában ma már tudjuk, hogy nem matematikai nullidimenziós szingularitásnak megfelelő fizikai megfelelőség állt, hanem egy Planck méretek környéki, de határozottan méretekkel rendelkező téridő tartomány, ami valahonnan megszerezte mindazt az anyagot, és/de legalább azt a tágulást biztosító indító lökést, amiből most dolgozunk. Egy másik példa erre az Univerzum egészében, bárhol, bármely téridőtartományában folyamatosan fellépő, számunkra stochasztikus, de a fellépő részecskék számára kvantumszinten teljes mértékben determinisztikus jelenség, az anyag-megmaradást félperiódusokra durván megsértő, virtuálisnak nevezett, de rövid ideig nagyon is valósan felbukkanó részecskék valós téridőben való megnyilvánulása-eltűnése. Mintha az Univerzum egy lyukas több-, például tízdimenziós térszövetet át állandóan „leszuszogna” valahová, ami nem mi vagyunk... A megoldást a definíció jövőbeni minőségi szélesítésében vélem érezni, de ahhoz, hogy ezt megtegyük, még több, jelenleg zömmel még csak kezdeti perturbációs számításokkal támogatott fizikai megközelítéssel, éppen csak letapogatás alatt álló elméletnek kell megalapozott és ellentmondásmentes matematikai eszközökkel alátámasztott tudással fejlődnie a térfizikában. E tekintetben heroikus munka folyik a fizika tudomány berkeiben – erről sokkal, de sokkal kellene hétköznapi szinten is tudnunk, mint amire ma van igény és lehetőség.

elemek esetében – nagyságrendekkel eltérő. Ennek ellenére, a fizikatudomány mai ismeretei szerint az első három hatásgyakorlásra alkalmas erőt képviselő anyagi (anyag: tömeg és/vagy energia értelemben) megnyilvánulások, a gluonok, fotonok, w/z bozonok rendkívül nagy energiás környezetben (azaz a mai Univerzum méreténél, jelentsen ez bármit is, jelentősen kisebb méretben és jelen ismereteink szerint majdnem 14 milliárd évvel ezelőtt) bizonyíthatóan egy azonos erőhatásból „fagytak ki” az Univerzum fejlődése, történetesen tágulása és lehűlése során történt fázisátmenetek következtében. Ellenáll még a hézagmentes tudományos igényű egységesítési magyarázatoknak és szándéknak a gravitáció – de szorul a hurok. A háromnál több térdimenzió feltételezésével felállítható elméletek között van egy konkrét elmélet-halmaz, amely képes az ismert világunk eddig össze nem egyeztethető, azonban külön-külön tudományos igénnyel bizonyított kvantum- és relativitás-elméletnek, azaz a három már egységesíthető és a gravitációs erőnek egységes kezelésére. Ez a 10(11)/26 térdimenziós húr-, ill. speciális részecske-, ill. kvantumgravitációs elméletek halmaza, amelyek vélelmezten egy közös „M” elméletből ágaznak el, erre vezethetőek vissza, de egyelőre a tudásunk és a matematikai eszközeink csak néhány ágra, és annak is csak a felszínére adnak betekintést, az „M” alap egészére még nem. Mindazonáltal a fizika és a matematika fejlődése ma már nem évszázadonként, vagy évtizedenként hoz egy-egy újabb áttörő eredményt a valós világ megismerésében, hanem ténylegesen évente, havonta vannak jelentős új eredmények. Ezért az „M” elmélet megismerhetőségére jó esélyeink vannak. A rossz hír, hogy minden egyes elméleti továbblépés, új bizonyított tény kinyit egy-egy újabb képletes ajtót, és azon át sokszorosan nagyobb és furcsább tartományokra nyílik kilátásunk – amelyek további sokszoros idő-, és kapacitásráfordítású elemzést, feltárást, fejlesztést igényelnek. Természetesen az az eshetőség sem hagyható figyelmen kívül, hogy nem az „M” elmélet lesz a megoldás, hanem valamely egészen más megközelítés.

3. A hatásgyakorlás, mint közös fogalom

3.1. Definíció

A hatásgyakorlás fogalma több száz éve bevett fogalom a fizikában – az erők tárgyak állapotát megváltoztatni képes tulajdonságára szoktuk használni. A hatás fogalom sokszor keveredik az erő, energia, munka, teljesítmény, határfok, impulzus, fogalmakkal is, ezért elevenítsük fel rövid kitérőként tárgyi ismereteinket, hogy pontosabban megfogalmazzhassuk, miért és milyen értelemben jelent a bozonikus hatásgyakorlás fogalmának középpontba helyezése új szempontot, „újragombolt kabátot” a rendszertudomány művelésében.

- [1] Induljunk ki az anyagtól és a téridőtől, ahol a tér három hosszú dimenziójának irányaiban mérhető távolságokat az egyszerű „út” szóval jelöljük:

Tömeg (kg), Út (m), Idő (s)

- [2] **Tömeg (kg) x Út (m) / Idő (s) = Tömeg (kg) x Sebesség (m/s) = Impulzus (kgm/s)**
 [3] **Tömeg (kg) x Gyorsulás (m/s²) = Erő (kgm/s² = N)**
 [4] **Erő (kgm/s² = N) x Út (m) = Energia (kgmm/s² = Nm = J)**
 [5] **Energia (kgmm/s² = Nm = J) / Idő (s) = Teljesítmény (J/s = W)**
 [6] **Energia (kgmm/s² = Nm = J) x Idő (s) = HATÁS (kgmm/s² x s = kgmm/s = Js)**

A hatás kvantált mennyiség, bozonok képviselik, a téridő Planck mérettartományában nyilvánul meg. A hatásnak van elemi legkisebb mérete, kvantuma, amely alatt a matematika gond nélkül folytatható, de a fizikai megnyilvánulás nem: ez a Planck-állandó:

- [6] **h = 6,6261 * 10⁻³⁴ Js**

3.2. Ez tehát az a hatásfogalom, ami a rendszertudományt a fizikával, valamint önmagán belül saját három fő területét is összeköti

A rendszerek valós részecske/hullámcsomag típusú fermionos elemei egymást a Planck időtartományokban négyféle bozonikus részecskékkel/hullámcsomagokkal „bombázzák”, azaz hatást gyakorolnak – ez maga a rendszerelemek közti kapcsolat fizikai megnyilvánulása.

Az irányításelméletben szereplő modellek mögötti valóság állapotváltozásainak minden mozzanatát, a mintavételezéstől a beavatkozó jelig értelemszerűen ugyanezen hatásgyakorlások építik fel.

Az információelmélet alapját jelentő, határozatlanságmennyiség eloszlására alkalmas információmennyiség, amelyet jelek (mozgásban hírek, vagy rögzítetten adatok) hordoznak, ugyanezen hatásgyakorló részecskék/hullámcsomagok téridőbeli mozgásán alapul. Határozatlanságmennyiséget a fogadó oldalon ekoszlatni,

ezáltal a fogadó felet nformácimennyiséghez juttatni kizárólag valós kapcsolat, azaz hatszgyakorlás segítségével lehet. Ha viszont akár csak egy fotonnyi hatszgyakorlás történik, akkor mindig és biztosan van határozatlanságelosztatás is – leglábbis addig, amíg az idő és az entrópia iránya nem fordul vissza.

4. Gyakorlati kitekintés: két, gazdasági-társadalmi rendszerek hatszgyakorlás-modellezésében elkövethető hiba bemutatása

A rendszerek irányításában két alapvető lehetőségünk van: az irányító rendszer vagy az irányított rendszer egy adott időpillanatát követően, a megváltozott állapotának eredményeként előálló „output” hatszgyakorlás-sokból vesz mintát, azaz bozonok által hordozott jeleket, vagy az adott időpillanat előtt, még a megváltozás előtt, a környezetből az irányított rendszer felé irányuló hatszokból, az „input”-ból vesz a mintát. Majd mindkét esetben az irányító rendszer a mintát feldolgozza, és irányítórendszer output oldali beavatkozó jelet fog generálni az irányított rendszer számára, azaz az ő input oldalára. Az első megoldás a szabályozás (closed loop), a második a vezérlés (open loop) típusú irányítás. Több verzió nincsen.

Az automatika, kibernetika, robotika, MI tudománya ezzel foglalkozik, igen magas szinten. A műszaki, kibernetikai rendszereink irányítása során olyan modelleket állítottak fel a mérnökök, tudósok, amelyek alapján az adott működési célnak tetszőleges pontossággal megfelelni képes valós rendszerek lehet működtetni.

A gazdasági-társadalmi rendszerekben ezek a modellek sora csödöt mondanak. Ennek legfőbb okaként a gazdaság- és társadalomtudomány képviselői magát a tudatosan gondolkodni és reagálni képes emberi elemet jelölik meg: valami olyan holisztikus „plusz” jelenik meg az emberi tényező miatt a gazdasági-társadalmi rendszerek irányításában, amelyet csak magasabb összefüggések és nagyobb rendszerek vizsgálatával fogunk tudni modellezni.

Anélkül, hogy ezen rendszerelméletileg a komplexitásban és méretekben „fölfelé” tekintő irányzat kiemelkedő fontosságát lebecsülnénk, vegyünk szemügyre két olyan modellezési hibalehetőséget is, ami pont az ellenkező irányba „lefelé” fordítja tekintetünket, mégis erős magyarázattal szolgál mai modelljeink esetleges működési gondjaira.

Van egy olyan **primer additív hatszgyakorlásunk** minden irányítási rendszerben, amelynek műszaki-természeti fizikai körülmények között nincsen jelentősége, de olyan rendszerekben, amelyekben az irányító és az irányított rendszer a közös nagyrendszer működési periódusainak nagyságrendjébe eső időtartamon belül gondolkodni-tanulni képes elemekből áll, ott nagy, esetenként helyre nem húzhatóan nagy torzítást képes okozni az irányítás tervéhez képest. Ez a primer additív hatszgyakorlás abból fakad, hogy minden félperiódusban van egy kényszerű szerepcseré: Amikor az irányító rendszer beavatkozó jele eléri az irányított rendszert, az egyben az irányított rendszer számára egy irányító rendszer outputjáról történt mintavétellel azonos értékű. Majd az irányított rendszer a többi inputtal együtt ezt is feldolgozza, állapotát megváltoztatja, és outputján hatást gyakorol a környezetre és az irányító rendszer mintavételén keresztül beavatkozik az irányító rendszerbe. Vagyis, ebben a félperiódusban az eredeti irányító rendszer van irányítva, és az eredeti irányított rendszer van irányító szerepben. Amennyiben az irányított rendszer nem intelligencia nélküli fizikai rendszer, akkor ennek a primer additív hatszgyakorlásnak szerepe van – mégpedig a rendszer intelligenciájától függően növekvő mértékben. Ezzel a szituációval a normál gyakorlati életben használt makró irányítási, vezérlési modelljeink nem foglalkoznak. A rendszertudomány kibernetikai tanuló rendszereinek tudományága, majd a mesterséges intelligenciákkal foglalkozó tudósok tudnak milyen modelleket is építeni – ideje volna a gazdasági életben is ezekre irányítanunk a figyelmet.

Van azonban egy további, **szekunder additív hatszgyakorlásunk** is, amire még kevésbé figyeltünk eddig, és ha alaposan megvizsgáljuk, azt látjuk, hogy a fizika is csak mostanában szembesült a kérdés okozta következményekkel. Az alapja nagyon egyszerű: Amikor egy hatszgyakorlás útjára indul az irányítási nagyrendszerben – legyen az mintavételi, vagy beavatkozó jel hordozója, vagy rendszeren belüli feldolgozás során egy hatszgyakorló lépés – az mindig legalább egy bozon átadásával, vagy átvételével jár, hiszen ez jelenti a rendszer elemei közötti kapcsolat megvalósítását. Azonban minden bozon átadás, vagy átvétele azonosan egyidejűleg egy ellentétes előjelű, a bozon hányának aktivitását is jelenti, azaz például egy beavatkozó jelet hordozó foton irányító rendszerből való kilépésével egyidőben ugyanezen foton hiánya szintén fénysebességgel indul el az irányító rendszer belseje felé, majd a környezetben fénysebességgel haladó foton irányított rendszerbe való becsapódásakor az irányított rendszeren gyakorolt hatással egyező mértékű, csak ellentétes irányú hatást gyakorol a környezetre a foton hányának elindulásával, és így tovább. Minden hatszgyakorlás minden Planck-térítő tartományban kétirányú következménnyel jár. (Ez egyébként a makroszintű *kölcsönhatás* fogalmának pontosabb, kvantumfizikai magyarázata.) Ezzel a járulékos hatszgyakorlással nem foglalkozunk a modellezés, tervezés során, úgy hidaljuk át, hogy az irányítás zavaroszűrő képességét használjuk a zavarok elhárítására, besorolva ezen szekunder additív hatás következményeit az irányítási nagyrendszer erő eredeti zavarok közé. Azonban, például az irányított rendszerben ez a szekunder hatás az irányító rendszer mintavételének indulá-

sával egy időben már állapotváltozásokat okoz, és mire az irányító rendszerhez ér a jel, az irányított rendszer nemcsak az egy félperiódussal korábbi inputok miatt változott meg – amiről a mintavételei jel által hozott hír szól – hanem éppen a mintavétel által okozott hiányok állapotváltoztatásai is dolgoznak. Az irányító rendszernek esélye sincs erre a hagyományos irányítási modellek szerint működve reagálnia, mert nincs róla tudomása sem. Ezért a beavatkozó jele a korábbi állapotra fog vonatkozni. Ez műszaki, fizikai, sőt, még gazdasági körülmények között is mindaddig nem probléma, amíg az irányított rendszer mintavételes állapota nem tér el az adott irányítás reagálási tartományához képest mérhetően a mintavétel nélküli állapottól. Ha azonban eltér, akár kvantum szinten, akár például a komplexitás nagyságrendekkel magasabb makrogazdasági szintjén, akkor ugyanazzal a problémával találjuk szembe magunkat: nem azt irányítjuk, amire a terv, a modell szól. Az eredmény megíjósolhatatlan: éppúgy maradhat lappangó, mint divergens, bekövetkezhet káosz-működés, vagy akár rendszertörés.

5. Összegzés

Igen fontos, hogy a rendszertudomány új lehetőségeire mielőbb ráirányuljon a gyakorlati életben gazdasági, társadalmi rendszereket irányítók figyelme, mert a globális válságok halmozódó megjelenése (pénzügyi, gazdasági, környezetterhelési, társadalmi válságok) azt jelzik, hogy már nincs kényelmesen idő kivárni, míg a rendszertudomány, a matematika és a fizika úgy kiforr, hogy eredményeit, új modelljeit csomagolva, készrefőzve átadhatja. Rámutattunk, hogy ez jelentős tanulásal fog járni – de hogy ennek értelmét is lássuk, megnéztünk példaként két alapvető járulékos hibalehetőséget.

Felhasznált irodalom

- Carroll, Sean (2010): Most vagy mindörökké, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Feynman, Richard P. (2005): A fizikai törvények jellege, Akkord Kiadó, Budapest.
- Greene, Brian (2003): Az elegáns Univerzum, Akkord Kiadó, Budapest.
- Keviczky László–Bars Ruth–Hetthéssy Jenő–Barta András–Bányász Csilla (2009): Szabályozástechnika, Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Kindler József–Papp Ottó (1977): Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Kiss Imre (2005): Az üzleti informatika elmélete a gyakorlatban, BME GTK ITM Tanszék, Budapest.
- Penrose, Roger–Hawking, Stephen (2003): A nagy, a kicsi és az emberi elme, Akkord Kiadó, Budapest.
- Ziegler Éva (2009): A rend világa. Tudásalapú Európa? Kutatás – fejlesztés – innováció és a gyakorlati hasznosítás rögzös viszonya, célszerű jövője a rendszerelmélet és a rendszerszemlélet tükrében. In: Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok, IV. évf., 2009/3–4. szám pp. 214–218.
- Ziegler Éva (2011): Egy új megközelítés: rendszerelmélet alapú emberi erőforrás- és időgazdálkodás – egy gyakorlati modell alapjai. In: Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei, III. évf., 2011/1–2.szám (No. 5–6.) pp. 302–309.