

# *Magyar Tudomány*

Vendégszerkesztők:

NIKOSZ FOKASZ és SZABADOS LÁSZLÓ

**A KÁOSZKUTATÁS ÚJ EREDMÉNYEI**

---

**2002•10**

---

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840  
CVIII. kötet – Új folyam, XLVII. kötet, 2002/10. szám

*Főszerkesztő:*

CSÁNYI VILMOS

*Vezető szerkesztő:*

ELEK LÁSZLÓ

*Olvasószerkesztő:*

BARABÁS ZOLTÁN

*Szerkesztőbizottság:*

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,  
KOVÁCS FERENC, KÓPECSI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,  
SOLYMOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VAMOS TIBOR

*A lapot készítették:*

CSATÓ ÉVA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,  
SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, SZENTGYÖRGYI ZSUZSA, F. TÓTH TIBOR

*Lapterv, tipográfia:*

MAKOVECZ BENJAMIN

*Szerkesztőség:*

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524

matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp. Bátfai u. 65.

Tel: 2067-975 • akaprint@matavnet.hu

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);  
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus  
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,  
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp. Bátfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 5 376 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

---

---

# TARTALOM

## *Kaotikus és nemlineáris dinamika*

Vendégszerkesztő: FOKASZ NIKOSZ és SZABADOS LÁSZLÓ

Bevezetés: A kaosz kutatás új eredményei (Fokasz Nikosz és Szabados László).....	1272
Maródi Máté: Káosz a társadalomtudományokban? – A kaoszelmélet (félre)értelmezése a társadalomtudományokban.....	1274
Vizvári Béla: Dinamikus piacok és irányítás .....	1284
Muraközy Balázs: Káosz a tőzsdén?.....	1297
Fokasz Nikosz: Nemlineáris idősorok – a tőzsde káosza?.....	1312
Bozsonyi Károly – Veres Előd: Nagy időfelbontású öngyilkossági idősorok nemlineáris viselkedése.....	1330
Götz Gusztáv: Légköri káosz: az időjárás-előrejelzések bizonytalanságának bizonyossága .....	1336
Kolláth Zoltán: Káosz a szférák zenéjében .....	1344

## *Európában*

Fleischer Tamás: Néhány gondolat a Magyarországot átszelő közúti közlekedési folyosókról.....	1354
--	------

## *A jövő tudósai*

Csermely Péter: Bevezető .....	1368
Báthory Zoltán: A tehetség globalitása – A Magyar Tehetséggondozó Társaságról .....	1368
Pakucs János – Antos László: Az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Verseny.....	1370
Fülöp Lóránd Árpád: Tudományos Diákkörök I. Erdélyi Konferenciája .....	1374
Vígh László: I. Középiskolás Élettudományi Kutatótábor .....	1376
Szendrő Péter – Koosné Török Erzsébet: Tudományos diákkörök – fél évszázad a tehetséggondozás szolgálatában.....	1377

## *Hozzászólás*

A Collegium Budapest és a Magyar Tudományos Akadémia – Klaniczay Gábor válasza Berend T. Iván szeptemberi hozzászólására.....	1384
--	------

## *Tudománypolitika*

Fábrí György: Akadémia és tudásátadás – A Mindentudás Egyeteme .....	1386
--	------

## *Megemlékezés*

Szabó Ferenc (Pál Lénárd) .....	1389
---------------------------------	------

## *Könyvszemle*

Olvasónapló ( <i>Niederhauser Emil</i> ) .....	1392
Környezet- és természetvédelmi lexikon I-II. ( <i>Vida Gábor</i> ) .....	1397
Kommunikáció és demokrácia (Boros János).....	1399
Táj és történelem ( <i>Draskóczy István</i> ) .....	1402
Gulyás Pál – Viczián János: Magyar írók élete és munkái ( <i>Nyarády Gábor</i> ) .....	1405

# *Kaotikus és nemlineáris dinamika*

## **A KÁOSZKUTATÁS ÚJ EREDMÉNYEI**

### Bevezetés

- *Te mivel foglalkozol?*
- *A káoszelmélet társadalomtudományi alkalmazásának lehetőségeivel.*
- *Káosz? Ugyan már, nem látod, hogy kezd kimenni a divatból?*

Szerencsére – tehetnénk hozzá. A Magyar Tudomány e számában hazai szerzők tollából megjelenő öt tanulmány éppen arra kíván példát mutatni, hogy a káoszelméletet a társadalomtudósok ma már Magyarországon sem divatként, hanem szakmaként művelik.

Maródi Máténak a blokkot indító tanulmányából világosan kiderül, milyen veszélyekkel jár a – számos érdekes kifejezést, furcsán hangzó, misztikus fogalmat használó, s ezért varázslatosnak tűnő – káosz-

elmélet meggondolatlan alkalmazása. Vizvári Béla és Muraközy Balázs ezt követő tanulmányai döntően azt az utat követik, amelyekben gondosan felépített modellekről derül ki, hogy bizonyos feltételek mellett kaotikus dinamikát követnek. Vizvári egy egytermékes piaci modellt épít fel, majd a kaotikus dinamika lehetőségének feltárása után kitér a káosz szabályozásának rendkívül izgalmas témakörére is. Muraközy Balázs Magyarországon először tesz kísérletet arra, hogy a káosz előfordulásának lehetőségét a heterogén várakozásokra épített tözsdei modellekben elemezze.

A fentiekhez képest fordított utat követ Fokasz Nikosz és a Bozsonyi Károly – Veres Előd szerzőpáros. Nem kész modellek alap-

ján kísérlik meg feltárni a kaotikus időbeli dinamika lehetőségét, hanem a rendelkezésre álló idősorok alapján tesznek kísérletet a káosz detektálására. Fokasz a Budapesti Értéktőzsde esetében kimutatja, hogy a világ nagy tőzsdéivel ellentétben itt erős nemlinearitás érvényesül, és hogy a fázisier rekonstrukciója alapján felvethető a kevés változós kaotikus dinamika előfordulásának lehetősége. Bozsonyi és Veres pedig elsőként kísérik meg nemlineáris dinamika detektálását a magyarországi öngyilkossági idősorokban.

A fentiekből világos, hogy minden itt megjelenő tanulmánynak szakmai újdonságértéke van, megírásuk során azonban tekintettel voltunk a tudományos ismeretterjesztés szempontjaira is.

### *Fokasz Nikosz*

A káosz témájú cikkgyűjtemény vendégszerkesztője, Fokasz Nikosz bevezetőjét a folyóirat szerkesztője is megtoldja néhány gondolattal. Közel egy évtizede jelent meg a Magyar Tudományban az egész lap-

számot betöltő tanulmánygyűjtemény a káoszlól (A káosz és rendezetlenség kutatása, 1993/4. sz.). Az azóta eltelt időben rengeteg új eredmény született, amelyek bemutatása most már nem is férne el egyetlen lapszámban. A közelmúltban ezért megállapodtunk a Természet Világa szerkesztőségével, hogy „megosztozunk” a feladaton: profiljánál és hagyományánál fogva lapársunk a káosz természettudományi vonatkozásait ismerteti. A Magyar Tudománynak így a társadalomtudományok maradnának. Mivel olvasóink egyaránt kíváncsiak a természet- és társadalomtudományi vonatkozásokra, ezért a káosz társadalomtudományi vonulatát képező öt cikket megtoldottuk két természettudományi tanulmánnyal. Götz Gusztáv – akinek ezirányú munkásságát 2002-ben Akadémiai Díjjal ismerték el – az időjárás előrejelezhetőségének korlátaira hívja fel a figyelmet, Kolláth Zoltán pedig azt mutatja be, hogy a csillagok viselkedésében – beleértve természetesen a Napot is – hogyan érvényesül a káosz.

*Szabados László*

# KÁOSZ A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOKBAN?

## A káoszelmélet (félre)értelmezése a társadalomtudományokban

Maródi Máté

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

### *Bevezetés*

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

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

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

Nem célja ennek az írásnak, hogy kimerítő bevezetést nyújtson magába a káoszelméletbe, illetve a tágabb értelemben vett dinamikus rendszerek elméletébe. Röviden jellemezve a kaotikus rendszereket: olyan determinisztikus egyenletekkel leírható rendszerekről van szó, amelyekben a mozgás, a dinamika érzékenyen függ a kezdeti feltételektől. Hangsúlyozzuk, hogy tipikusan kevés egyenlettel leírható mozgásokról beszélünk (sokdimenziós esetben nem meglepő a bonyolult viselkedés). A valós rendszerekben a kezdeti feltételek nem ismerhetők meg pontosan<sup>2</sup>, továbbá a numerikus számítások szükségszerűen véges pontossága miatt a rendszer viselkedése hosszú távon nem ismerhető meg pontosan.<sup>3</sup> A káoszelmélet részletei iránt érdeklődő olvasó a hivatkozott irodalomban találhat kimerítő bevezetést a témába (Mura-közy, 1997; Fokasz, 2000; Tél és Gruiz, 2002).

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

<sup>2</sup> Azaz nem létezik végtelen pontosságú mérés.

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

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

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

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

### *Fogalmi tisztaság?*

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

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

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

<sup>4</sup> A különböző definíciók azonban szorosan összefüggenek.

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

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

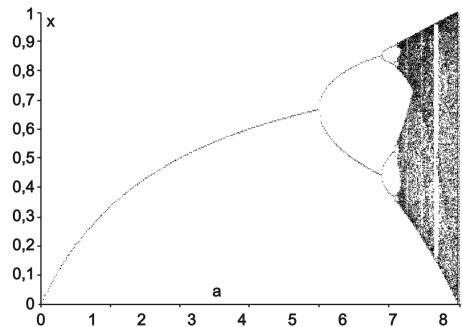
A társadalomkutatásnak azonban van olyan vonulata is, amely a jelentésértelmezés lehetőségét igyekszik kiszorítani. Ilyenek tekinthető a survey-felvételeken alapuló, statisztikai adatfeldolgozó módszereket alkalmazó empirikus szociológia, és azok a kísérletek is, melyek formális modelleket próbálnak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

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

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

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

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



1. ábra • A logisztikus leképezés bifurkációs diagramja

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### *A történelem káosza?*

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

<sup>8</sup> Ez az ún. villa-bifurkáció.

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

társadalmi folyamatok és/vagy maga a történelem kaotikus.

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

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

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

<sup>11</sup> Természetesen található kapcsolat a nemlinearitás két definíciója között, ez azonban szükségszerűen gyenge, és nem ad okot az összemérésre.

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

A „történelem káosza” koncepció is részben a fogalmi félreértéseken alapul. Másrészt viszont azon a hiten, hogy noha az emberiség történelme alapvetően determinisztikus, törvények által szabályozott, e törvények azonban kaotikusak. Emiatt a társadalmi változások a kaotikus folyamatok előrejelzési nehézségei miatt<sup>12</sup> nem megjósolhatók, hosszú távra semmi esetre sem.

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

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

vények szinte biztosan nem a káoszelmélet értelmében kaotikusak.

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

Az általa kidolgozott modell szándéka szerint egyesíti magában az esetlegesség<sup>13</sup> [*contingency*] és a szükségszerűség [*necessity*] kettősségét: „*az esetleges-szélsőszerű [...] események összetétel-kozása, amely meghatározó jellegű előfeltételek révén kikényszerít egy bizonyos eseménysort*” (Shermer, 1997).

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

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

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

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

#### *Paradigmaváltás?*

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>14</sup> A megfelelő valószínűsések dinamikáját leíró Schrödinger-egyenlet azonban determinisztikus.

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

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

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

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

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

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

<sup>16</sup> Pedig a káoszelmélet alapvető fogalmai szemléletes példákön keresztül a középiskolai matematika szintjén is elsajátíthatók.

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

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

### Konklúzió

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

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

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

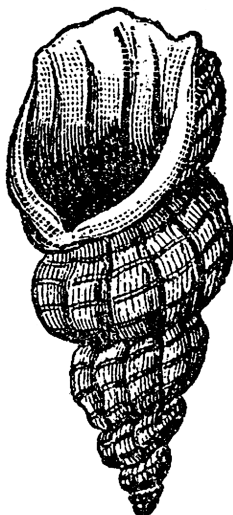
<sup>18</sup> De nem a fent ismertetett módon!

**Kulcsszavak:** *káoszelmélet, társadalomtudományok, tudományelmélet, fizika*

### IRODALOM

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

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



# DINAMIKUS PIACOK ÉS IRÁNYÍTÁS<sup>1</sup>

Vizvári Béla

egyetemi docens, ELTE TTK, Operációkutatási Tanszék – e-mail: vizvari@cs.elte.hu

## Bevezetés

Mára a *rendszer* tudományos alapfogalom-má vált. Olyan, önmagában is létező dolgot takar, amely részekből áll. Már az is rendszer, ha előre elkészített, szabványos alkatrészekből szekrénysorokat szerelhetünk össze. Ekkor a rendszer tulajdonképpen az az absztrakt fogalom, ami a felhasználható, azaz a mérnökök által megtervezett absztrakt alkatrészekből áll, amelyek példányait a szükségleteink és a pénztárcánk függvényében tetszőleges számban megvásárolhatjuk. Ez a rendszer holnap ugyanaz lesz, mint ma. Ha megváltozik, akkor nem magától változik meg, hanem mások hatására, például valamely időközben felmerült igény hatására a mérnökök új alkatrészeket terveznek hozzá. Vannak olyan rendszerek, amelyek időben változnak, de ezt a változást külső erő mozgatja. Jellegetes példája ennek nagymamánk kézzel tekerendő mákdarálója. Ahogy forgatjuk a kart, a daráló belseje is újabb és újabb helyzetekbe kerül. De nélkülünk a daráló mozdulatlanul, változatlan helyzetben maradna.

Dolgozatunkban olyan rendszerekről írunk, amelyek nemcsak változásokon mennek keresztül, hanem e változásokat – akarva-akaratlan – maguk irányítják, azaz visszahatnak önmagukra. Gondoljunk a légtornászra, akinek egy vékony kötélén kell végigmennie. Ha azt érzi, hogy balra dőlne, akkor olyan mozdulatot tesz, hogy jobbra térjen ki, és fordítva.

<sup>1</sup> A tanulmány a T33030 számú OTKA-pályázat támogatásával készült.

Egy termék piacát hagyományosan úgy tekintjük, hogy az nemcsak a tényleges vásárlókból és eladókból áll, hanem a potenciális vásárlókból és eladókból is. Minden – tényleges vagy potenciális – vásárlónak van értékítélete arról, hogy a termék mennyit ér. Ha a piaci ár alatta marad egy vásárló értékítéletének, azaz neki megéri megvenni a terméket, akkor az illető tényleges vásárló, ha viszont éppen ellenkezőleg, a piaci ár magasabb, akkor csak potenciális vásárlóról van szó az adott pillanatban. A potenciálisból akkor lesz tényleges vásárló, ha a piaci ár az ő értékítélete alá csökken. Megfordítva, ha a piaci ár egy vásárló értékítélete fölé nő, akkor ő ténylegesből potenciális vásárlóvá válik. Hasonló a helyzet a termék előállítóival, nevezetesen: mindazoknak megéri a termelés, akiknek a termelési költsége alacsonyabb a piaci árnál. Azok, akik ugyan elő tudnák állítani a terméket, de drágábban, csak potenciális termelők, hiszen jelenleg nekik nem kifizetődő ez a tevékenység. (Most eltekin-tünk attól az éles piaci versenytől, amelyben a terméket áron alul kínálják.)

Az ún. *keresleti függvény* minden egyes árhoz megadja, hogy azon az áron mennyit lehet eladni, ami nem más, mint azon vásárlók által vásárolt össz mennyiség, akiknek az értékítélete legalább akkora, mint az adott ár. Hasonlóképpen a piac *kínálati függvénye* minden egyes árhoz megmondja, mekkora ár mennyiség jelenik meg a piacon. Ez pedig azon termelők által előállított mennyiség, akiknek az önköltsége nem haladja meg a piaci árat.

A kereslet-kínálat törvénye azt jelenti, hogy a piacon mindenkor olyan ár alakul ki, hogy a kereslet egyensúlyban legyen a kínálattal. Ezt az árat figyelik a piac tényleges és potenciális szereplői, és ennek alapján döntenek jövőbeli szerepükről.

Az eddigiekben vázolt mechanizmus különösen tisztán jelenik meg a szántóföldi növénytermesztés esetében. Az őszi betakarítás után a termés mennyiségétől függően kialakul az egyensúlyi ár. Minden tényleges és potenciális termelő ennek alapján dönti el, hogy a következő évben mennyit termel. A döntéshez persze korábbi információkat is felhasználhatnak. A döntés eredménye a következő évben az adott növény termesztésére felhasznált terület, amely meghatározza a következő évi termést. (Természetesen az időjárás valamekkora bizonytalanságot jelent.) Ez a folyamat következő időbeli sorrendjét jelenti: (1) kialakul a piaci ár, majd (2) a termelő megbecsli a következő évi árat (3), ez meghatározza a következő évi termést (4), a kereslet-kínálat törvénye alapján kialakul az új piaci ár. Ez a mechanizmus, amelyben jól látható módon a termelő árbecslésén keresztül a piac visszahat önmagára, a végtelenségig ismétlődik. Ez a visszahatás teszi a piacot *dinamikus rendszerré*.

A piac mindenkori állapotát tehát a termék ára jellemzi. Az egymást követő árak sorozatát *trajektóriának* nevezzük. Hogy a trajektórián belül hogyan változik az ár, az jelenti a piac mozgását. Az eddig vázolt kerek nagyon sok mozgásformát tesznek lehetővé, éppúgy, ahogy nagyon keveset mondunk egy vízről azzal, hogy folyó. Ettől még lehet csendesen hömpölygő folyam vagy éppen ellenkezőleg, vizesekkel és zúgókkal tarkított vad hegyi folyó, lehet több száz vagy több ezer tonnás hajókat elbíró mély víz, avagy keskeny és sekély, amin legfeljebb csónakok közlekedhetnek.

Mielőtt tovább haladnánk, meg kell jegyezni, hogy a műszaki területen is vannak

a vázolthoz nagyon hasonló módon végbe menő folyamatok. Az amplitúdómodulált rádióadók, pl. a középhullámon működő Kossuth-adó, állandó frekvenciát bocsátanak ki. A jel erősségét változtatják a leadni kívánt hangjel függvényében. Ilyenkor tehát nagyon fontos, hogy az alapjel frekvenciája állandó legyen, különben a vevőt hiába állítjuk az adóra, mert az adó állandóan „elmászik”. Több különböző műszaki megoldás ismeretes az alapjel frekvenciájának stabilizálására. Az egyik, amikor meghatározott, egyenletes időközönként mintát vesznek a jelből (megfigyeljük az előző évi árat), az eltéréstől függő korrekciós jelet képezünk (megbecsüljük a jövő évi árat, és döntünk a termés nagyságáról), végül ezt a korrekciót a jelhez adjuk (kialakul a következő évi ár). Világos, hogy ebben a mechanizmusban az adó visszahat önmagára, hiszen a jövőbeli állapota, azaz a később leadandó jel frekvenciája a jelenlegi állapottól, azaz a pillanatnyi frekvenciától függ.

A továbbiakban a piac érdekesebb mozgásait elemezzük.

### *Remények és valóság a piacon, elméletben és a valóságban*

Ha egy piac stabil, az ár változatlan, annak számos előnye van. Jól járnak mindazok a termelők, akiknek olyan technológiájuk van, amellyel önköltségük a piaci árnál alacsonyabb, hiszen állandó nyereségre tudnak szert tenni. Jól járnak a fogyasztók is, mert kiszámítható összeget kell költeniük.

A valódi piacok ritkán stabilak ennyire. Számítalan esetben kimutatható hosszabb-rövidebb ciklus a piacon. A mezőgazdasági termékek körében a leghíresebb az először az 1920-as évek végén detektált, és a hazai piacon is megfigyelhető sertésciklus.

A valódi piac a ciklizálás mellett vagy helyett jóval bonyolultabb mozgásokra is képes. Például a burgonya hazai ára 1995-ben nagyon magas volt, mind nominál-, mind

reálértékben hatalmas, új csúcspontokat állított föl. Ezzel szemben 1997-ben *Eladhatatlan burgonyahegyek* címmel jelent meg cikk egy újságban. Valóban, olyan sok volt a burgonya, hogy a kormánynak is lépnie kellett. 10 forintot ígért kilogrammonként mindenkinek, aki igazolt módon bizonyos intézményeknek (iskolák, óvodák, kórházak stb.) akár 0 Ft/kg-os áron elad burgonyát. Ez az intézkedés azzal egyenértékű, mintha egy 10 Ft/kg alsó intervenciósi árat vezetett volna be, azaz ezen az áron minden burgonyát hajlandó lett volna felvásárolni. Az intervenciósi ár jelentőségére a piac stabilizálásában még visszatérünk. 2002-ben a burgonya reálára jóval az 1995-ös szint alatt van. Nominálára magasabb, de ez az időközben bekövetkezett inflációnak tudható be. Mindebből egyelőre annyi a tanulság, hogy a burgonyapiac ciklizálás nem figyelhető meg, de furcsa mozgások vannak, ami miatt az ár előrejelezhetősége is kérdéses lett.

Az, hogy egy piac milyen trajektória mentén mozog, a piac belső erőin túl függ attól is, hogy a trajektória honnan indult. *Finkelstädt* nyugat-németországi heti tojás-, sertés- és burgonyaárakat vizsgált. A sertésárak jól érzékelhető módon ciklizáltak az 1950-es és 1960-as években. A 70-es évek elején az olajválság ezt a piacot is sokkolta. Miután a sokkhatás megszűnt, és az árak visszatértek a normális nagyságrendbe, a piac szemmel láthatólag egészen más típusú trajektória mentén haladt tovább.

Mindez azt is jelenti, hogy ha a piacon az ár nem állandó, attól még létezhet olyan, úgynevezett *fixponti ár*, amely állandó maradna, ha egyszer a piac oda el tudna jutni. Azonban az kellene, hogy az ár abszolút pontosan ez a fixponti ár legyen, mert már a legkisebb eltérés is bonyolultabb mozgásra készíti a rendszert. A gyakorlatban természetesen ez az abszolút pontosság nem érhető el, hiszen kisebb-nagyobb ingadozások mindig előfordulnak. Ezért a valóságban is állandó árat *stabil*, a csak elméletben létező,

de a gyakorlatban soha el nem érhető állandó árat *instabil* fixponti árnak nevezzük. A stabil fixponti árra viszont az jellemző, hogy legalábbis egy bizonyos tartományon belül, ha valamely külső vagy véletlen ok hatására az ár el is tér a fixponti ártól, a trajektória vissza fog térni ahhoz. Ez ahhoz hasonlatos, mint amikor egy üvegkehelybe egy kis golyót ejtünk, amely rövid idő után a kehely legalsó pontjára jut. Hiába rázzuk meg a kehelyt, és térítjük ki a golyót a helyzetéből, az mindig visszatér ebbe a stabil helyzetébe.

Érdekeséggéként megemlíthjük: a rádiós példa esetében is előfordul, hogy a rendszer ahelyett, hogy a fixpontban maradna, bonyolult mozgást végez. A kibocsátott furcsa, kellemetlen hangok hallatán szoktuk azt mondani, hogy a berendezés „begerjedt”. Jellegzetesen ez fordul elő olyan műsorok esetében, amelyekbe a hallgató betelefonálhat, és a háttérben ugyanaz a műsor szól. Ekkor ismét azzal van dolgunk, hogy a rendszer korábbi állapota, az egy pillanattal korábban leadott hang visszahat a rendszer későbbi állapotára. Ennek a visszahatásnak az eredménye mindenképpen eltéríti a rendszert attól, amit csinálnia kellene, azaz a telefonbeszélgetés tiszta közvetítésétől, és rövid időn belül kellemetlen, torz hangokat hallunk. Ezt megelőzendő kéri meg a műsorvezető a betelefonálót, hogy halkítsa le saját készülékét.

Érdemes néhány kérdést felvetni.

*Hátrányos-e a termelőnek a ciklizáló vagy egyéb bonyolult mozgást végző piac?* A termelőnek hosszú idő átlagában vett haszna ekkor is van. Ezt kell összehasonlítani azzal a haszonnal, amelyhez akkor jutna, ha a piaci ár az instabil fixponti ár volna. Ha ez az utóbbi magasabb, akkor egyértelmű, hogy a termelő rosszul jár amiatt, hogy a piac nem stabil, hanem bonyolult trajektória mentén mozog. Ha viszont fordított a helyzet (ez ritka, de nem kizárható eset), akkor a termelő tulajdonképpen jobban jár azzal, hogy az ár nem stabil. Ilyenkor azonban évről évre erő-

sen változik a jövedelem. Emiatt a nyereség egy részét a jó évekről át kell vinnie a rossz évekre tartaléknak. Ennek a transzfernek is költsége van. Sajnos a gyakorlatban a transzfer többnyire el is marad. Emiatt aztán még ebben az előnyös esetben is a termelő szubjektíve úgy érezheti, hogy rosszul jár. Így felmerül a piac *stabilizálásának* igénye.

*Mikor van értelme a stabilizációnak?*

Közgazdasági környezetben a stabilizációra sokkal szigorúbb feltételek adódnak, mint műszaki esetben. Egy rádió adóállomásának berendezése másodpercenként sok száz ezer vagy millió rezgést végez. A bekapcsolástól az adás megkezdéséig akár több perc is eltelhet, amíg az adó bemelegszik. Ennyi idő alatt rengeteg mintavételezés és korrekció hajtható végre. Ezzel szemben a bennünket érdeklő agrárpiacon minden egyes iteráció, ami a rádió esetében egy mintavételnek felel meg, egy év. Nyilvánvalóan értelmetlen lenne, hogy a stabilizálás csak sok millió minta, azaz sok millió év után következzen be. Mivel a stabilizációhoz pénzre lesz szükség, egy kormány csak akkor szánhatja el magát rá, ha bizonyítani tudja, hogy a ráfordításnak haszna van. Ezt a követelményt általánosságban arra lehet lefordítani, hogy öt éven belül meg kell tudni közelíteni a beavatkozás eredményeként instabil fixpontot.

### *A mozgásformák*

A fentiekben már említettük a dinamikus rendszerek lehetséges mozgásai közül a két legegyszerűbbet, azt amikor a rendszer egy fixpontban van, azaz hétköznapi fogalmaink szerint nem mozog, és azt, amikor ciklizál. Nincs teljes osztályozásunk az összes lehetséges mozgásra. Kettő mégis jól elkülöníthető.

Képzeld magunk elé egy autógumi belsejét vagy a gyerekek úszógumiját. Ugyanilyen, a geometriában tórusznak nevezett alakzatot kapunk, ha egy rugalmas cső egyik végét visszahajlítjuk, és a másik végébe illesztjük. Tegyük fel, hogy egy fa-

zekaskorong előtt ülünk, és a gumibelső a korongon pihen. Ha egy vízszintes síkkal gondolatban elvágnánk a tóruszt, akkor a fala két koncentrikus kört adna. Ha függőleges síkkal metszenék el, akkor pedig ugyancsak két kört kapnánk, melyek távolságát a gumibelső átmérője szabná meg. Tehát a tóruszra vízszintesen is és függőlegesen is kört tudunk rajzolni. Tegyük meg az utóbbit egyenletes sebességgel, és akkor se álljunk meg, ha már körbeértünk. Közben egyenletesen forgassuk a korongot. Ha a két körmozgás ideje összemérhető, azaz van egy olyan időtartam, amely mindkét körmozgás egyszeri körbefordulási idejének többszöröse, akkor ceruzánk vissza fog térni a kiindulási pontba. Ekkor a rendszer nagyon bonyolult módon ugyan, de ciklizál. Ha viszont ilyen közös többszörös nincs, azaz a két körmozgás ciklusideje nem összemérhető, akkor ceruzánk hegye soha nem tér vissza egy olyan pontba, ahol már volt. Az általa rajzolt vonal pedig teljesen sűrűn behálózna a tórusz felületét anélkül, hogy minden pontba eljutnánk. De ha végtelen ideig végeznénk a rajzolást, akkor minden pontot tetszőleges pontossággal megközelítenénk.

Még ennél is bonyolultabb mozgás a *káosz*. Nincs egységesen elfogadott matematikai definíciója annak, hogy mikor nevezünk egy mozgást kaotikusnak, hanem számos, egymással nem egyenértékű meghatározás ismert. Mindegyik a következő szemléletes képet akarja egzakt formulákba önteni: (a) a mozgás egy korlátos tartományban zajlik, (b) a mozgás kiindulópontjában bekövetkező legkisebb változás is a trajektóriák jelentős eltávolodását okozhatja, (c) annak ellenére, hogy ismerjük a mozgást leíró törvényszerűségeket, hosszabb távon nem tudjuk megjósolni, hogy egy adott pillanatban hol leszünk. Az (a) követelmény olyan, mintha egy legyet bezárnánk egy szobába, és az össze-vissza röpköd. A (b)-t szokták pillangó-effektusnak nevezni azért. Az idő-

járás ilyen érzékeny rendszer. A mai európai időjárás függ attól, hogy pár napja Ausztráliában egy bizonyos lepke lebegtette-e a szárnyát vagy sem. Ha egy futópályán ketten futnak egyenletes, de nem azonos sebességgel, akkor az (a) és (b) követelmény tetszőleges kiinduló helyzet esetén is teljesül, míg (c) nem, mert mindig pontosan meg tudjuk mondani, hogy a futóknak hol kell lenniük.

Annak ellenére, hogy nincs egységes definíció, van két mérőszám, amelyek megfelelő értékei mellett az (a) feltétel teljesülése esetén káoszról beszélünk. A (b) követelményhez kapcsolódva az ún. *Ljapunov-exponens* azt méri, milyen gyorsan távolodnak egymástól az egymáshoz közeli pontokból induló trajektóriák. A Ljapunov-exponenst úgy állapították meg, hogy ha a köznapi értelemben a trajektóriák nem távolodnak, hanem közelednek egymáshoz, akkor az értéke negatív, ha nagyjából azonos távolságban maradnak, akkor nulla, míg ha gyorsan távolodnak egymástól, akkor pozitív. Tehát ez az utóbbi érték vall a káoszra.

A köznapi életben előforduló alakzatok, például pont, egyenes, síkidomok dimenzióját ismerjük, ami rendre 0, 1 és 2. Ugyancsak 2 a dimenziója a gömb, a kocka és más alakzatok felületének. Vannak olyan lyukacsos szerkezetű alakzatok, amelyek nem teljesen töltik ki a teret vagy annak egy részét. Hausdorff nevéhez fűződik a finom elemzés segítségével bevezetett dimenziófogalom, amely a szokásos alakzatok esetében megegyezik a megszokott 0, 1, 2 stb. dimenzióval, de az említett lyukacsos szerkezetű alakzatoknál tört értéket is felvehet.

Az egyik legegyszerűbb ilyen furcsa alakzat a Cantor-halmaz, amelyet *Georg Cantor*, a halmazelmélet kidolgozója talált meg. A Cantor-halmaz a  $[0, 1]$  intervallum azon pontjaiból áll, melyeknek a hármasszámrendszerben felírt végtelen tizedes alakjában jegyei közt nem szerepel az 1, csak 0 és 2. (Ha egy szám felírható volna véges sok jegy-

gyel úgy, hogy csak az utolsó jegy volna 1, akkor ezt az egyest helyettesítjük egy nullával és mögötte álló végtelen sok kettessel.) Ehhez az alakzathoz egy olyan végtelen sorozattal juthatunk el, amelynek első tagja maga a  $[0, 1]$  intervallum. A sorozat minden következő tagja úgy keletkezik az öt közvetlenül megelőzőből, hogy az utóbbi összes szakaszából kivágjuk a középső harmadot. A Cantor-halmaz dimenziója  $\log 2 / \log 3$ .

Az ilyen tört értékű dimenzióval jellemezhető halmazt *fraktálnak* nevezik. Jó bevezetést nyújt elméletükbe Fokasz (1997) könyve, amely a Cantor-halmazt is részletesen tárgyalja.

Ha egy dinamikus rendszer végtelen ideig működik, akkor minden határon túl megközelít egy bizonyos halmazt, amit a rendszer *attraktorának* nevezünk. Ha ennek az attraktornak a dimenziója nem egész, akkor ismét kaotikusnak gondoljuk a rendszert.

Általánosságban nagyon nehéz volna egy többszörösen implicit módon megadott halmaz dimenzióját meghatározni. Ezért az eredeti Hausdorff-dimenzió több közelítését is kidolgozták, amelyek arra is alkalmasak, hogy egy-egy konkrét alakzat esetében ki-mérjük őket.

Az attraktor dimenzióját a trajektória dimenziójával mérjük. A trajektória a piac esetében azonban árak sorozata, minden ár egy valós szám, lehetséges-e itt egyáltalán egynél magasabb dimenziót várni? Az alábbi megfontolás és az azt alátámasztó matematikai elmélet szerint a kérdésre igen a válasz. A piac és a rádióadó sokkal bonyolultabb annál, hogy egyetlen árból, illetve egyetlen frekvenciából álljon. Az ár, illetve a frekvencia a rendszer egy paramétere, ami megfigyelhető. A rendszernek lehetnek más paraméterei is, amelyeket nem akarunk, esetleg nem is tudunk megfigyelni. Ezek a további paraméterek bonyolult, dinamikus kapcsolatban lehetnek egymással, melyről esetleg nincs is tudo-

másunk, hisz a dinamikus rendszer létezéséről és viselkedéséről sokszor csak megfigyelés útján van tudomásunk anélkül, hogy bármiféle egzakt leírásunk lenne. Az említett matematikai elmélet szerint a dinamikus rendszer egyetlen megfigyelt paraméterből is rekonstruálható, illetve vele ekvivalens rendszer építhető fel a következő módon.

Tegyük fel, hogy a trajektória egymást követő értékei  $p_1, p_2, \dots$ . Legyen  $n$  egy eleendően nagy pozitív egész,  $k$  pedig egy másik pozitív egész. A trajektória értékeiből  $n$ -dimenziós vektorokat képezünk úgy, hogy  $n$  számú, egymástól  $k$  távolságra lévő értéket fogunk össze egy vektorba. Így a

$$\begin{pmatrix} p_1, p_{1+k}, p_{1+2k}, \dots, p_{1+(n-1)k} \\ p_2, p_{2+k}, p_{2+2k}, \dots, p_{2+(n-1)k} \\ p_3, p_{3+k}, p_{3+2k}, \dots, p_{3+(n-1)k} \end{pmatrix},$$

pontokat nyerjük. Ezen  $n$  dimenziós pontok halmazának már meghatározható a dimenziója, hiszen a vektorok mind ismertek, tekintettel arra, hogy csak megfigyelt értékeket tartalmaznak.

#### A matematikai modellekről

Ebben a dolgozatban csak olyan rendszerekkel foglalkozunk, amelyek az ún. diszkrét időfogalomra épülnek. A diszkrét időfogalom azt jelenti, hogy a modellben az idő nem folyamatosan változik, hanem egyik *időpontról* átugrunk a másikra. A növénytermesztés esetében pontosan erről van szó, hiszen nem folyamatosan aratunk, hanem évente egyszer. Azaz egyik aratásról/évről átugrunk a következő aratásra/évre.

Tegyük fel, hogy a rendszerünk *m*érték között létesít dinamikus kapcsolatot, melyek értéke a  $t$  időpontban legyen  $x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tm}$ . A dinamikus rendszert az alábbi egyenletek írják le:

$$\begin{aligned} x_{t+1,1} &= f_1(x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tm}) \\ x_{t+1,2} &= f_2(x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tm}) \\ x_{t+1,m} &= f_m(x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tm}) \end{aligned} \quad (1)$$

ahol  $f_1, f_2, \dots, f_m$  alkalmas függvények.

Fontos matematikai tény, hogy amennyiben  $f_1, f_2, \dots, f_m$  lineáris függvény, azaz alkalmas  $a_{ij}$  és  $b_j$  együtthatók mellett

$$\begin{aligned} x_{t+1,1} &= a_{11}x_{t1} + a_{12}x_{t2} + \dots + a_{1m}x_{tm} + b_1 \\ x_{t+1,2} &= a_{21}x_{t1} + a_{22}x_{t2} + \dots + a_{2m}x_{tm} + b_2 \\ x_{t+1,m} &= a_{m1}x_{t1} + a_{m2}x_{t2} + \dots + a_{mm}x_{tm} + b_m \end{aligned} \quad (2)$$

és a trajektória egy korlátos tartományban marad, akkor dinamikus rendszer lehetséges mozgásformái: a rendszer egy fixpontban van, egy fixponthoz konvergál és ciklizál. A káosz és más bonyolult mozgásformák tehát ebben az esetben kizártak.

Megfordítva ez azt jelenti, hogy ha egy rendszerben olyan mozgásformát figyelünk meg, amely lineáris modell mellett nem lehetséges, akkor bizonyosan csak olyan modellel lehet kielégítő módon leírni, amely nemlineáris elemeket is tartalmaz.

Ez egyúttal a legegyszerűbb piacot stabilizálni kívánó állami beavatkozás, az intervenció ár kritikája. Az alsó intervenció ár a termelőt védi attól, hogy a termék ára túl alacsony legyen, ami miatt a termelő túl alacsony jövedelemre tenne szert, azaz ezen az áron az állam mindent felvásárol. A felső intervenció ár pedig a fogyasztót védi a túl magas ártól. Ha az ár e szint fölé nőne, akkor az állam a saját készleteiből vagy importból az intervenció árán piacra dobja a terméket, hogy az ár ne emelkedjen lehetetlenül magasra.

Bármelyik intervenció ár megtöri a piac esetleges linearitását. Nemlineáris piac esetén a nemlinearitást azonban nem tudja el-tüntetni. Tehát az intervenció ár olyan nem-linearitást hoz be, ami ugyan nem szükség-képpen vezet káoszhoz, de ahhoz *vezethet*, mint azt alább látni fogjuk. Ez ellen csak az véd biztosan, ha a két intervenció ár nagyon közel van egymáshoz, azaz az állam lényegében meghatározza az árat.

Meg kell jegyezni, hogy mivel negatív ár nincs, ezért a 0 matematikai értelemben

mindig alsó intervenciós árként működik. Tehát tökéletesen lineáris piac nem létezik.

Jelölje  $p_t^e$  az árat, amit a termelő a  $t$  időpontra vár, míg ugyanebben az időpontban a tényleges árat a korábbiakhoz hasonlóan  $p_t$ . A folyamat időbeli lefutásának fenti elemzése szerint a piacra kerülő mennyiség  $p_t^e$ -től függ, ami pedig meghatározza a piaci árat. Legyen  $S(p_t^e)$ , illetve  $D(p_t)$  a kínálati, illetve keresleti függvény. A piac egyensúlyát a

$$D(p_t) = S(p_t^e) \quad (3)$$

egyenlet írja le. Ebből fejezendő ki  $p_t$ . Természetesen ismerni kell a termelő árbecslési módszerét is, amit egy újabb

$$p_t^e = g(\cdot) \quad (4)$$

egyenlettel adhatunk meg. A jobb oldal  $g$  függvényének változóit nem adtuk meg, mert azok a konkrét módszertől függnek. Természetes azt feltételezni, hogy abban az előző piaci és várt ár(ak) szerepelnek.

Az egész mechanizmus legfeltáratlanabb területe a valódi termelő becslési módszere, illetve az, hogy ezt mivel lehet jól közelíteni. Annak ellenére így van ez, hogy az elméleti közgazdasági irodalom számos módszert ismer (Kovács és mtársai, 2001). Egyes újabb vizsgálatok (Bacsi és mtársai, 2000; Hajdú és Lakner, 2000; Lakner és Stummer, 1996; Mellár és Rappai, 1993; Vizvári és Rémik, 2002) azt mutatják, hogy az ún. adaptív, illetve extrapolatív árvárakozás a magyar termelő esetében jó közelítést adhat. Az adaptív becslést *Nerlove* (1958) vezette be. Képlete:

$$p_t^e = p_{t-1}^e + \alpha(p_{t-1} - p_{t-1}^e) \quad (5)$$

ahol  $\alpha$  0 és 1 közé eső állandó. A formula mögötti gondolat az, hogy a termelő tanul a piaci folyamatokból úgy, hogy becslését annak hibája mértékével arányosan módosítja. A módszert 1958-ban elméleti lehetőségként vetette fel *Nerlove* abban a reményben, hogy a múltból való tanulás stabilizál-

hatja a piacot. Akkor még a káoszelmélet nem épült be a közgazdaságtanba, így nem tudhatta, hogy a remény nem megalapozott. Az extrapolatív becslés nagyon hasonló, de itt a várt árat az utolsó árnak az utolsó árváltozással arányos változtatásával nyerjük:

$$\begin{aligned} p_t^e &= p_{t-1} + (\alpha - 1)(p_{t-1} - p_{t-2}) = \\ &= \alpha p_{t-1} + (1 - \alpha)p_{t-2}, \end{aligned} \quad (6)$$

ahol  $\alpha$  nemnegatív konstans.

A kínálati függvény azon a hipotézisen alapul, hogy a termelt mennyiség maximalizálja a termelő hasznát, feltéve, hogy a piaci ár azonos a várt árral, és az összes megtermelt mennyiség elfogy. Ez tehát nem jelenti azt, hogy a termelő a termés mennyiségének maximalizálására törekedne. Ugyanis egy bizonyos határ fölött a termelési költség növekedése egyre gyorsul (növénytermesztés esetében például egyre több vegyszert kellene felhasználni a hozam növelésére). Ezen a szakaszon tehát a költségfüggvény már konvex lesz, ami másodfokú függvénnyel jól közelíthető. A hazai burgonyapiacra kidolgozott, alább ismertetendő modell esetében is ezt alkalmaztuk.

#### *A hazai burgonyapiac*

A fentiekben kifejtett elveknek megfelelően dolgoztuk ki a hazai burgonyapiac modelljét. A burgonya sok tekintetben ideális a fenti gondolati keretek szempontjából. Természetesének technológiája rendkívül egyszerű. A piacra való be- és kilépés, azaz a termés beindítása és felhagyása gyakorlatilag nem igényel külön költséget. Ennek is köszönhető, hogy a termelés zöme, nevezetesen legalább kétharmada, mindig is a kistermelők kezében volt. Emiatt a kereslet-kínálat törvénye mindig érvényesült ezen a piacon, ami nem mondható el például a búzáról, amit a rendszerváltásig szinte kizárólag a nagygazdaságok termesztettek.

Feltettük, hogy létezik alsó és felső intervenciós ár, amelyek egymástól távol esnek.

A keresleti függvényt lineáris alakban közelítettük, azaz

$$D(p_i) = d + Dp_i \quad (7)$$

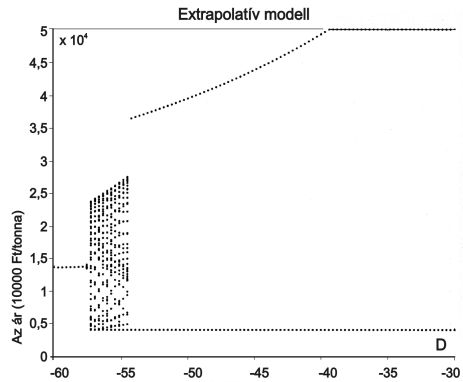
Itt  $d$  az a mennyiség, amennyit egy év alatt burgonyából el lehet fogyasztani 0 Ft/kg-os áron, azaz akkor, ha ingyen osztogatnák. Ez a rendelkezésre álló adatokból többszörösen ellenőrzött módon számolva 2 millió tonna, azaz fejenként évi 200 kg. A másik paraméter,  $D$ , negatív, hiszen minél magasabb az ár, annál alacsonyabb a fogyasztás.  $D$  a piacnak az árra való érzékenységét fejezi ki: minél nagyobb az abszolút értéke, annál jobban megváltozik a fogyasztás ugyanakkora árváltozás esetén.  $D$  értékét nehéz pontosan megbecsülni. Az biztos, hogy a  $[-100,0]$  intervallumba esik. Nagy valószínűséggel ez leszűkíthető a  $[-70,-30]$  tartományra.

A modell szintjén a nagytermelőket és a kistermelőket is külön-külön reprezentáltuk egyetlen „metatermelővel”. Megvizsgáltuk mind az adaptív, mind az extrapolatív árvárakozás esetét.

Az eredményeket ábrákkal, ún. *bifurkációs diagramokkal* szemléltetjük. A bifurkációs diagram egy dinamikus rendszer viselkedését mutatja, miközben a rendszer egy paramétere változik. Feltesszük, hogy a trajektória pontjai egyetlen számmal jellemezhetők, ami, piaci árról lévén szó, esetünkben természetesen teljesül. A rendszer viselkedésén azt értjük, hogy milyen mozgásformát mutat. A bifurkációs diagram készítése azon a feltételezésen alapul, hogy egy bizonyos átmeneti, sokszor *transziensnek* nevezett szakasz után (ez az rádióadó esetében a berendezés bemelegedésének időszaka) a rendszer mozgása már azt a formát mutatja, ami az adott helyzetben, azaz a paraméterek adott értékei mellett jellemzi. Tehát ha a rendszer egy fixpontban van vagy ahhoz konvergál, akkor a transziens időszak után a rendszert gyakorlatilag mindig ugyanott látjuk, míg ha ciklizál, akkor elhanyagolható

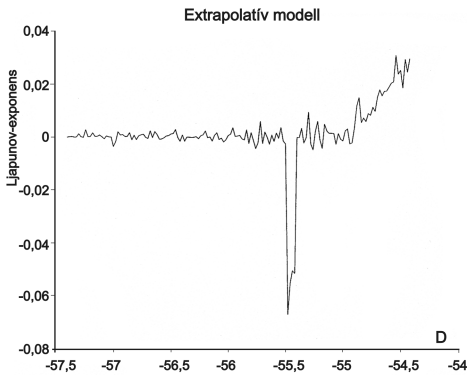
eltérésektől eltekintve mindössze néhány pontban figyelhetjük meg. A bifurkációs diagram úgy készül, hogy szimuláljuk a rendszer működését, miközben feljegyezzük, milyen trajektóriát futott be a változtatandó paraméter minden egyes értéke mellett. Minden egyes trajektóriából elhagyunk egy legalább olyan hosszú szakaszt, amilyennek a transziens periódust gondoljuk, és a trajektória megmaradt részét ábrázoljuk azon a síkon, ahol a vízszintes tengelyen a változtatandó paraméter értékét, a függőleges tengelyen a trajektória értékét tüntetjük fel.

Az 1. ábrán a magyar burgonyapiac érzékenységét leíró  $D$  paraméter szerinti bifurkációs diagram látható. Figyeljük meg a  $[-58,-54]$  intervallumban található zavaros részt. Ebben a tartományban, amelyhez a valós érték nagyon közel lehet, a rendszer kaotikusan viselkedik. Ezt a megállapítást támasztja alá, hogy ugyanitt a Ljapunov-exponens pozitív, a trajektória dimenziója tört (2. és 3. ábra).

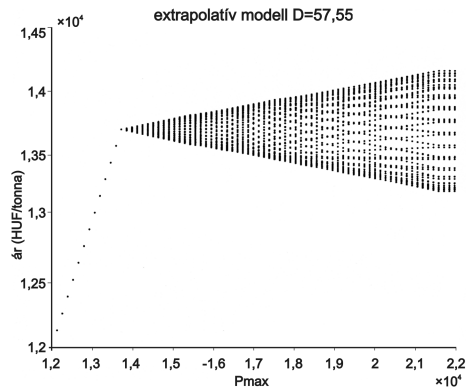


1. ábra • Az extrapolatív modell bifurkációs diagramja  $D$  szerint

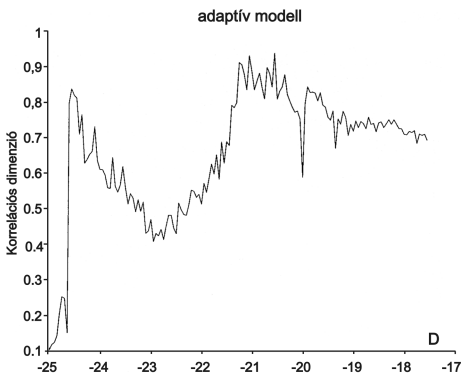
Az adaptív modellnek két kaotikus tartománya is van, azonban ezek valamelyest távolabb esnek attól, ahova a valódi piac  $D$  értéke várható. A piac azonban itt sem nyugodt, mert sok esetben ciklizál. Ahogy fentebb már említettük, instabil fixpont akkor is létezhet,



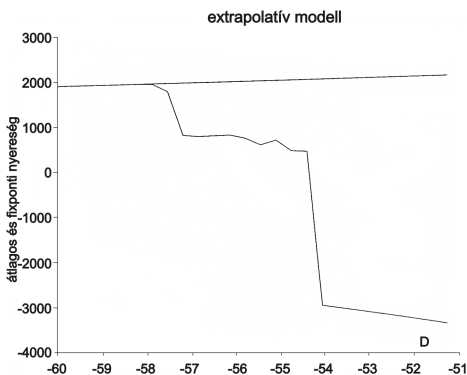
2. ábra • A Ljapunov-exponens az extrapolatív modell esetén



5. ábra. Bifurkációs diagram a felső intervenció ár szerint az extrapolatív modell esetén



3. ábra • A trajektória dimenziója az adaptív modell esetén



4. ábra • Az átlagprofit és a profit a fixponti árban

ha a rendszer jellemző mozgásformája nem a fixpontban való tartózkodás. Érdekes összehasonlítani az adott trajektóriára jellemző átlagos hasznot az instabil fixpontban elérhető haszonnal. Esetünkben (4. ábra) mindig az utóbbi a magasabb. Ha tehát a kormányzat stabilizálná a piacot, akkor a termelő hosszú idő átlagában annnyival több jövedelemre tenne szert, amennyi a kettő különbsége.

Ki kell térni az intervenció ár hatására. Ezt egy olyan bifurkációs diagrammal szemléltetjük (5. ábra), amelyen az alsó intervenció ár rögzített, a felső pedig változik. Az ábrából az következik, hogy az intervenció árát nagyon gondosan kell megválasztani, mert különben hosszabb távon éppen a stabilizálás céljából bevezetett korlát, az intervenció ár generál káoszt.

#### A stabilizálás

Mivel a közelmúltban a hazai burgonyapiac nagyon nyugtalan volt, felmerül a kérdés, miként lehetne ezt vagy általában véve bármilyen piacot stabilizálni.

A stabilizálásnak több formája is elképzelhető. Ahogy említettük, ha az alsó és felső intervenció ár nagyon közeli, akkor természetesen az ár alig mozoghat, azonban ez túl

erős állami beavatkozást igényel. Egy másik lehetőség volna az Európai Unióban is ismert lefőzőes rendszer. Ez úgy működik, hogy ha az ár túl magas, akkor a termelők az elért eladási ár egy részét befizetik egy központi alapba, míg ha az ár túl alacsony, akkor ugyanebből az alaptól kapnak támogatást. Ehhez nyilvántartott termelők és teljesen nyilvános kereskedés szükséges, ami igen messze áll a jelenlegi magyar gyakorlattól.

Ezért a stabilizálásnak olyan lehetőségeit vizsgáljuk, amelyekben az állam piaci szereplőként viselkedik: ha túl magas az ár, akkor elad, például importból származó terméket, ha túl alacsony, akkor felvásárol.

Ahogy fentebb már megállapítottuk, a stabilizálásnak akkor van értelme, ha az legfeljebb öt iteráción belül bekövetkezik. Könnyebbéség viszont, hogy nem kell teljesen elérni a fixpontot, elegendő csak megközelíteni, hiszen a mezőgazdasági árak valamennyire mindig bizonytalanok. Szimulációs kísérleteinkben ezt a határt 5 %-ban húztuk meg.

Láttuk, hogy a műszaki tudományok a stabilizálás problémáját már korábban felvetették. Az ott használt módszerek egzakt matematikai alapokra, a kaoszelméletre, illetve általánosabban a dinamikus rendszerek elméletére épülnek. Ez utóbbi elmélet szinte kizárólag a függvénynek a deriváltjából származó elsőrendű közelítését használja. A függvény deriváltja segítségével, amennyiben egyáltalán a derivált létezik, felírható egy lineáris függvény, amelynek értéke abban a pontban, ahol a deriváltat vettük, megegyezik a függvény értékével, és az ilyen tulajdonságú lineáris függvények közül a lehető legjobban simul magához a függvényhez, ezért ebben az értelemben a függvény legjobb lineáris közelítése.

Mi két ismert módszert adaptáltunk a magyar burgonyapiac modelljére. Mindkettő teljesítette a fent megfogalmazott követelményeket.

### A lineáris összekapcsolás módszere

Nevezzük a rendszer *hibájának* egy adott pontban a trajektória eltérését az elérni kívánt fixponttól. Ha a trajektória pontjai számok, akkor a hiba is egy előjeles valós szám. Ekkor a lineáris összekapcsolás módszerének lényege az, hogy a a rendszernek korábbi hibájától, illetve ha az új állapot több korábbi állapotától is függ, akkor korábbi hibáitól lineárisan függő impulzust adunk, amely a trajektóriát a fixpont irányába téríti el. Ezt úgy kell tenni, hogy a hibákra felírható (egyébként csak közelítő) egyenletnek megfelelő dinamikus rendszernek 0 stabil fixpontja legyen, ami tehát azt jelenti, hogy a hibák 0-hoz konvergálnak.

Példaként ezt az elvet abban az esetben foglaljuk képletekbe, amikor a rendszer új állapota a két legutolsó állapotától függ, éppúgy, ahogy ez az extrapolatív modellben van.

Legyen  $p$  az az instabil fixpont, amelyben stabilizálni szeretnénk a rendszert, amelynek egyenlete az irányítás nélküli esetben

$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}), \quad (8)$$

ahol feltételezésünk szerint  $f$  egy alkalmas, folytonosan differenciálható függvény. Mivel  $p$  fixpont,

$$p = f(p, p) \quad (9)$$

Az irányított esetben természetesen a rendszer trajektóriáját nem a (8) egyenlet alapján kell számítani, hanem azon egyenlet szerint, amely már a rendszer említett,  $\varepsilon$ -nal jelölt hibáját is figyelembe veszi, azaz az

$$p_t = f(p_{t-1}, p_{t-2}) + K_1 \varepsilon_{t-1} + K_2 \varepsilon_{t-2} \quad (10)$$

ahol általában

$$\varepsilon_t = p_t - p,$$

$K_1$  és  $K_2$  állandók, továbbá az eltérő trajektória miatt jelöltük a változót más betűvel. A  $(p, p)$  pontban legyen az  $f$  függvény két

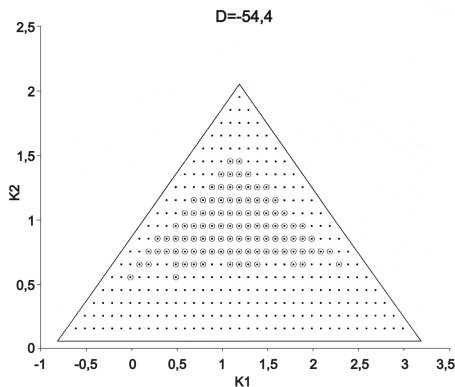
változója szerinti két parciális deriváltja  $f_1$  és  $f_2$ . Ekkor az  $f$  függvénynek a szakasz bevezetőjében említett lineáris közelítését felhasználva az eredeti rendszer hibájára az alábbi dinamikus rendszert kapjuk:

$$\varepsilon_i = (f_1 + K_1)\varepsilon_{i-1} + (f_2 + K_2)\varepsilon_{i-2} \quad (11)$$

Belátható, hogy a (11) dinamikus rendszernek a 0 akkor és csak akkor stabil fixpontja, ha az alábbi három egyenlőtlenség teljesül:

$$\begin{aligned} -(f_2 + K_2) &< 1; \\ -(f_2 + K_2) &> f_1 + K_1 - 1; \\ -(f_2 + K_2) &> -f_1 - K_1 - 1. \end{aligned} \quad (12)$$

Könnyen látható, hogy a ( $K_1 = -f_1$ ,  $K_2 = 1 - f_2$ ) pont mindig a feltételek meghatározta háromszög belsejében van, így (12) mindig ki-elégíthető, azaz a keresett irányítás mindig létezik (6. ábra). Nem ennyire egyszerű a helyzet, ha az eredeti rendszerben az új állapot három vagy több korábbi állapottól függ. Ekkor a (11) helyébe lépő feltételrendszer elveszti linearitását, és egyre több egyenlőtlenséget tartalmaz.



6. ábra • A lineáris összekapcsolás módszere. A háromszög minden jelölt pontjában 5 iteráció alatt a rendszer az instabil fixpont 5 %-os környezetébe került. A háromszög közepén külön jelölt pontok esetében 10 iteráción belül az 1 %-os hibahatárt is sikerült elérni.  $D = -54.4$ .

Az állami beavatkozás nagyságát az

$$(f_1 + K_1)\varepsilon_{i-1} + (f_2 + K_2)\varepsilon_{i-2} \quad (13)$$

érték határozza meg. Ennyivel kell eltéríteni az árat, amit a termék mennyiségére a piac érzékenysége alapján lehet átszámítani.

### Az OGY-módszer

A három kidolgozó (Ott, Grebogi és Yorke, 1990) nevének kezdőbetűiről elnevezett módszer eredeti megfogalmazásában jellegzetesen fizikai rendszerek stabilizálására való, ugyanis a szerzők azt javasolják, hogy az irányítást csak akkor kapcsoljuk be, ha a trajektória éppen az elérni kívánt instabil fixpont közelében halad el. Azonban kiderült, hogy az eljárás máskor is alkalmazható, például akkor, ha a rendszer ciklizál, így tulajdonképpen meg sem közelíti a fixpontot.

Az OGY-módszer azt feltételezi, hogy a rendszer pillanatnyi állapotát nem pusztán a trajektóriája, azaz a múltja határozza meg, hanem ezen felül még bizonyos paraméterek is, melyek az ellenőrzésünk alatt állnak. Műszaki berendezéseknél ilyen paraméter lehet valamely változtatható elektromos ellenállás vagy kapacitás pillanatnyi értéke. Most nem követeljük meg, hogy a trajektória pontjait egyetlen valós számmal lehessen jellemezni, hanem éppen ellenkezőleg, azokat az  $m$ -dimenziós euklideszi tér pontjainak tekintjük. Épp ezért feltesszük: elegendő számú független paraméter van ahhoz, hogy ezek alkalmas megválasztásával a kívánt módon tudjuk irányítani a rendszert. Itt most nincs mód pontosan elemezni, hogy matematikailag mit jelent ez az utóbbi feltevés.

Legyen  $(\bar{r}, \bar{p})$  az instabil fixpont és a hozzá tartozó paraméterérték, ahol a rendszert stabilizálni szeretnénk. Tegyük fel, hogy a paraméter nem változik. Ekkor dinamikus rendszerünk ugyanolyan paraméter nélküli rendszer, mint bármelyik, amelyről eddig beszéltünk. A rendszer egyenlete a rögzített paraméterérték mellett

$$r_t = f(r_{t-1}, \bar{p}) \quad (14)$$

míg általában

$$r_t = f(r_{t-1}, p_t) \quad (15)$$

mely utóbbi egyenlet azt jelenti, hogy menet közben kell meghatározni a paraméter mindenkorai értékét. De térjünk vissza a (14) egyenlet meghatározta rendszerhez, amely, mint említettük, tulajdonképpen egy paraméter nélküli eset.

Egy dinamikus rendszernek valamely fixpontja (esetleg szűk) környezetében való viselkedését deriváltjának tulajdonságai határozzák meg. A (14) egyenletnek a derivált segítségével felírt lineáris közelítése

$$r_t \approx f(r, p) + J(r_{t-1} - r) \quad (16)$$

ahol  $J$  az  $f$  függvény  $r$  szerinti parciális deriváltjaiból alkotott *Jacobi-mátrixa*, melynek mérete  $m \times m$ . Az (16) egyenletből az látható, hogy a trajektória következő pontjának távolsága a fixponttól hozzávetőlegesen

$$J(r_{t-1} - r) \quad (17)$$

ahol tehát a  $r_{t-1} - r$  vektor a pillanatnyi pont eltérése a fixponttól. Ezért a fixpont stabilitási tulajdonságait a

$$Jx \quad (18)$$

lineáris függvény határozza meg, amely a dinamikus változók terét önmagára képezi le. A  $Jx$  függvény egyes irányokba nyújthatja, másokba összehúzhatja a teret. Ha a  $\lambda$  rögzített szám és  $x(\lambda)$  olyan vektor, hogy teljesül a

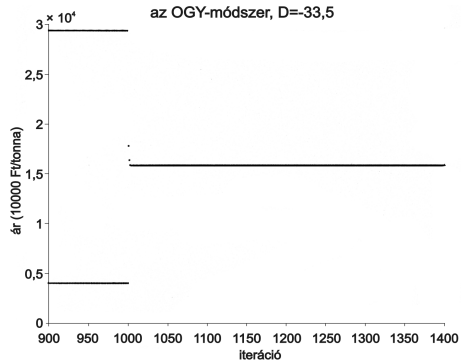
$$\lambda x(\lambda) = Jx(\lambda), \quad (19)$$

akkor a  $\lambda$  számot a  $J$  mátrix *sajátértékének*, az  $x(\lambda)$  vektort pedig a  $\lambda$  sajátértékhez tartozó sajátvektornak nevezzük. Ha  $\lambda$  abszolút értéke 1-nél kisebb, akkor a (18) lineáris függvény az  $x(\lambda)$  irányában összehúzza a teret, ha pedig 1-nél nagyobb, akkor nyújtja.

A dinamikus rendszerek elméletében matematikailag nem teljesen korrekt módon fel-

teszik, hogy a  $J$  mátrixnak annyi sajátvektora van, amennyi a mérete, azaz  $m$ . A feltevés alapja, hogy minden más eset együttes valószínűsége elhanyagolható. Ha a (18) függvény minden sajátvektor irányában összehúzza a teret, akkor a fixpont stabil. Káosz kialakulására akkor van mód, ha 1-nél kisebb és nagyobb abszolút értékű sajátérték is van. Ekkor létezik a tér két speciális, a tér „teljes terjedelméhez képest nagyon vékony” részhalmaza, az ún. *stabil és instabil sokaság*. Ha a trajektória éppen a stabil sokaság egy pontjába jutna – ennek valószínűsége 0 –, akkor ettől kezdve a trajektória a fixpontba konvergálna. Ha pedig az instabil sokaság egy pontjába lépne, akkor távolodna a fixponttól. A fixpont körül a stabil és instabil sokaság jó közelítései az 1-nél kisebb, illetve 1-nél nagyobb sajátértékekhez tartozó sajátvektorok által kifeszített alacsonyabb dimenziós síkok. Ez adja a paraméter megválasztásának ötletét. Úgy kell ugyanis azt meghatározni, hogy a következő pont közelítő értéke a stabil sajátvektorok síkjába essen. Ettől azt várhatjuk, hogy a trajektória a fixpont felé fog közelíteni.

A módszert az adaptív modellre alkalmaztuk sikeresen, mind a kaotikus mind a ciklizáló esetben (7. ábra).

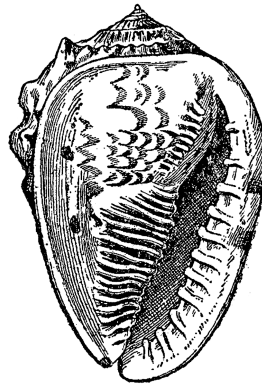


7. ábra • Az ár alakulása az OGY alkalmazása esetén  $D = -33.5$  mellett

Kulcsszavak: *dinamikus rendszer, piac, irányítás*

**IRODALOM**

- Bacsi Zs., Kovács E., Lakner Z., Vizvári B. (2000). Empirical Analysis of Producers' Price Expectations. *Central European Journal of Operations Research*, **7**, 327–336
- Fokasz Nikosz (1997). A társadalom göcsörtös fái? Bevezetés a fraktálhalmazok matematikájába. In: Fokasz Nikosz (szerk.) *Rend és káosz*. Replika könyvek 4., Replika Kör, Budapest
- Hajdú Istvánné, Lakner Zoltán (2000). *Az élelmiszeripar gazdaságtana*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Kovács G., MureSannal, M., Vizvári B. (2001). A termelői árvárakozások egy új megközelítési módjáról. *Sigma*, 1–2. sz.
- Lakner Zoltán, Stummer Ildikó (1996). A magyar sertésvertikum ökonometriai modellezésének lehetőségei. 36. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 149–155
- Mellár Tamás, Rappai Gábor (1993). *A fogyasztás alakulása a magyar gazdaságban*. *Sigma*, XXIV. 35–61
- Nerlove, M. (1958). Adaptive expectation and cobweb phenomena. *Quarterly Journal of Economics*, **72**, 227–240
- Ott, E., Grebogi, C., Yorke, J.A. (1990). Controlling Chaos. *Physical Review Letters*, **64**, 1196–1199
- Vizvári B., Rémik A. (2002). Rejtett összefüggések a Budapesti Árutőzsde gabona szekciójának működésében, VIII. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, Gyöngyös, 2002. március 26-27. (pótkötet, megjelenés alatt)



# KÁOSZ A TŐZSDÉN?

Muraközy Balázs

közgazdász, BKÁE – e-mail: murakozy@rajk.bke.hu

## Bevezetés

A tőzsdék mozgásának modellezése jövedelmező iparágá vált a világ legtöbb térségében. A tőzsdei szakértők nagy számban találhatók meg a világ pénzügyi piacain. A tőzsdei előrejelzések tömegei készülnek, a legtöbb magára valamit adó újság is közöl ilyeneket. Persze ezeknek az elemzéseknek a mélysége meg sem közelíti azokat, amelyeket a bankok vagy a brókercégek szakemberei nyújtanak a potenciális befektetőknek. Milyen elméleti háttér áll ezen elemzések mögött? Hogyan képzelik el a közgazdászok a pénzügyi piacok mozgástörvényeit?

A kérdésekre a válasz meglepő lehet: a közgazdászok a legtöbbször úgy írják le a pénzügyi piacokat, mint amelyeken folyamatosan, egyenletesen növekszenek az árak, és erre a folyamatra teljesen véletlenszerű, külső sokkok rakódnak. A közgazdászok egy kisebbsége azt gondolja, hogy ez nem teljesen igaz. Véleményük szerint nemlineáris folyamatokkal ennél jobban lehet magyarázni a piac mozgását. A káoszelméletből ismert, hogy a nemlineáris differencia- és differenciálegyenletek nagyon bonyolult mozgásokat eredményezhetnek, és ezek sok szempontból közel állnak a valós idősorokhoz. Ennek persze leginkább az az oka, hogy a nemlineáris egyenletekből sokkal többfejta van, mint a lineárisokból, ezért könnyebb a valósághoz közelebb állót találni közülük. És miért lenne a valóság lineáris?

Ebben a dolgozatban az a célom, hogy bemutassak egy ilyen, általam készített modellt, és legfőképpen, hogy ennek kapcsán

érezkeltessem, hogy ha a pénzügyi piacokat vizsgáljuk, érdemes kaotikus modellekben is gondolkodni.

Az ilyen jellegű modellek érdekessége az, hogy jól mutatják a várakozások jelentőségét a közgazdaságtanban. A társadalomtudományokban a dinamikus jelenségek egyik nagyon fontos mozgatóereje az, hogy a különböző emberek várakozásai különbözőek és változnak. A társadalomtudományok e sajátossága jelentősen befolyásolta a fejlődésüket az utóbbi időszakban. Nagyon jó példa erre a közgazdaságtanban az újklasszikus iskola megjelenése és sikere. Az újklasszikus iskola egyik kulcsfeltevése a racionális várakozások feltételezése.<sup>1</sup> Az újklasszikusok – elődeikkel ellentétben – azt teszik fel, hogy az emberek várakozásai kialakítása során nem követnek el szisztematikus hibát, vagyis várakozásaik a rendelkezésre álló információk mellett a jövő legjobb becslései. Ez a feltevés radikálisan új eredményeket hozott, amelyekről máig folynak a viták.

Az első fejezetben a sztochasztikus és a kaotikus modellek alkalmazhatóságáról lesz szó. A második fejezetben röviden leírok egy általam készített modellt a pénzügyi adatokra, amelyben a befektetők várakozásai kétfélék lehetnek. Ez a modell kaotikusan viselkedik. A harmadik fejezetben a modell geometriai tulajdonságait vizsgáljuk, a negyedikben azt, hogy az egymást követő hozamok függetlensége ebben a modellben is igaz. Az ötödik fejezet a modell előrejelezhetlenségének méréséről szól, amelyre a Lja-

<sup>1</sup> Az újklasszikusokról jó összefoglaló Hoover, 1988

punov-exponenst használjuk. Az utolsó fejezet az összefoglalás.

*Véletlenszerű és káoszelméleti modellek a pénzügyben*

A pénzügyi irodalomban leginkább a véletlenszerű (sztochasztikus) modellek terjedtek el. Ezekben általában a vizsgált pénzügyi termék (részvény, kötvény, deviza stb.)<sup>2</sup> ára valamilyen trendet mutat, amely többé-kevésbé állandó, és nem függ a véletlenszerű hatásoktól. Mivel azonban a világban fokozatosan új információk jelennek meg, amelyek hatnak az adott termék árára, ezért egy véletlen hatás is jelentkezik. Vagyis a folyamat jellemezhető egy, a véletlentől független (determinisztikus) exponenciális trenddel, és ettől a részvény ára többé-kevésbé „elkóborol” attól függően, hogy éppen milyen hírek érkeztek a vállalatról vagy a kamatlábak alakulásáról. Az ilyen mozgást *végtelen bolyongásnak* nevezzük. Ebben a modellben tehát a piac nem képes önmozgásra: például nincs spekuláció. Az emberek nem vesznek részvényt csak azért, mert azt gondolják, hogy annak az ára fel fog menni. Sőt, azért se vesznek részvényt, mert azt gondolják, hogy a többiek szerint fel fog menni az ára, és ezért fel fogják hajtani az árat. Az ár csak a kívülről érkező véletlen hatások miatt mozdulhat el. Vagyis el kell tekintenünk a várákosások problémájától: a részvények valóban annyit érnek, amennyit a vállalat ér, s ezt mindenki tudja is.

Ez a feltevés a *hatékony piacok feltevése*, amely azt mondja ki, hogy a piaci árban minden múltbeli információ megjelenik.<sup>3</sup> Vagyis mindent, ami az adott pillanatig történt, már feldolgozott a piac, megemésztettek a befektetők és pontosan beépült az árba. Az eddigi történésekbe természetesen beletartozik az is, ami a vállalat vagy a gazdaság

jövőbeli várható teljesítményéről kiderült a múltban: az ár a vállalat értékének torzítatlan becslését adja. Ami ezután váratlanul történik, csak az változthatja meg az árat, ezt viszont a múltbeli adatokból nem lehet semmilyen módon kikövetkeztetni, mert ha ez lehetséges volna, a befektetők már kikövetkeztették volna, és beépült volna az árba.

Vizsgáljuk még tovább e feltevés jelentőségét! Mit tudunk meg az olyan jellegű állításokról, mint például: X részvény jelentősen alulértékelt, mert a befektetők bizonytalanok? Bizony ez a jól hangzó állítás és a hatékony piacok hipotézise kizárja egymást. A részvény nem alulértékelt, hanem a befektetők bizonytalanok látják a vállalat jövőjét, ezért csak kevesebbet ér nekik. Nyilván felmegy a részvény ára, ha csökken a bizonytalanság, de nem tudhatjuk, hogy ez következik-e be vagy éppen az ellenkezője. A papír árának bizonytalansága éppen akkora, mint az az eddigi információk szerint indokolt. *Vagy elemzőnk nem tartja igaznak a hatékony piacok hipotézisét*, vagy nem mondott jót. Hasonló jellegű állítások tömkelege olvasható a sajtóban, vegyük csak azt, hogy: a tegnapi árcsökkenés után korrekcióra számítnak. Csak nem a múltbeli adatok alapján próbál elemzőnk következtetni?

És mi a helyzet a spekulációval? Mennyire képesek a várákosások egy piacot mozgásban tartani? A történelem során nagyon sok példa volt olyan jellegű hegymenetekre, amelyeket az adott termék „belső értéke” nem indokolt. Talán elég csak a legújabb fejleményekre gondolni. Az internetes cégek részvényeinek ára hihetetlen magasba repült, miközben ezek a vállalatok igen veszteségesek voltak. Ezt a szárnyalást persze részben magyarázhatja az, hogy folyamatosan kerültek nyilvánosságra olyan információk, amelyek szerint az internettel foglalkozó vállalatok rendkívül nyereségesek lesznek a jövőben, és a papírok árában ez a hatás jelentkezett. Ez a magyarázat azonban nem na-

<sup>2</sup> A továbbiakban a rövidség kedvéért ezeket részvénynek fogom nevezni, de a modell alkalmazható a többi pénzügyi termékre is.

<sup>3</sup> Erről a feltevésről jó összefoglaló: Malkiel, 1992.

gyon hihető, sőt amennyiben elfogadnánk is, akkor sem lenne egyszerű megmagyarázni a papírok árának nagyon gyors zuhanását. Nem derült ki, hogy az internet-technológia használhatatlan, vagy sokkal jobb lehetőségek vannak a helyettesítésére. Egyszerűen a piac túlértékelt a részvényeket, és ehhez nagyon erősen hozzájárult a spekuláció.

Vagyis a piacok empirikus vizsgálata alapján úgy tűnik, hogy a múltbéli árakból lehet következtetni, és hogy vannak olyan múltbéli események, amelyeket a piac még nem vagy rosszul dolgozott fel, mint például az internet-részvények esetén. Ezt az érzésünket tudományos munkák is megerősítik, amelyek azt vizsgálják, hogy a különböző pénzügyekkel foglalkozó vállalatok mennyire alkalmazzák azt a módszert, hogy a múltbéli árak alakulásából próbálnak a jövőbeli árakra következtetni (technikai elemzés). Például *Carter és Van Auken* (1990) a biztosítótársaságoknál vizsgált befektetéselemzőket, akiknek 35 %-a használt technikai elemzést, és a megkérdezettek fontos elemzési eszköznek találták a technikai elemzést. *Taylor és Allen* (1992) egy Bank of England jelentés alapján azt írja, hogy a valutakereskedelemmel foglalkozók 90 %-a használ technikai elemzést. Ezek az adatok azt mutatják, hogy ez a módszer nem szorult ki a piacról, tehát nem működhet sokkal rosszabbul, mint a véletlen bolyongáson alapuló technika. Másrészt azért is fontos ez a megfigyelés, mert ha ilyen sok technikai elemző van jelen a pénzügyi piacokon, akkor ők jelentősen részt vesznek az árak alakításában, vagyis olyan modellt érdemes építeni, amely ezt a hatást is tudja kezelni.

A technikai elemzés sikere azt mutatja, hogy nem csak véletlenszerű hatások összegződnek, hanem létezik valamilyen függvény, amely alapján meg lehet jósolni a rendszer jövőbeli viselkedését, és ez a függvény akkor jobban is leírja a piacot, mint a véletlenszerű változat. Az ilyen felismerések

miatt indult meg a kutatás abba az irányba, hogy lehetséges-e valamilyen módon olyan kaotikus egyenleteket találni, amelyekkel leírható a piac viselkedése. A kutatást nem kis várakozás előzte meg, mert a pénzügyek terén a nagy elméleti eredmények gyakran nem csak tudományos, hanem komoly anyagi sikerrel is járnak. Éppen ezért érdemes alaposabban megvizsgálunk azt, hogy a kaotikus modellek általában megfelelnek-e azoknak a feltételeknek, amelyeket a pénzügyi modellektől elvárunk. A következő fontos jellemzőket érdemes végiggondolni:

- A kaotikus rendszerek nem ismétlik önmagukat, tehát bonyolultabb a mozgásuk, mint a periodikus rendszereké. A pénzügyi idősorok esetén ez a tulajdonság teljesen elfogadhatónak tűnik, nem jellemző az, hogy időről időre pontosan ugyanolyan alakzatok jelennének meg. Azzal viszont mindenképpen tisztában kell lenni, hogy a kaotikus rendszerekben időről időre ismétlődhetnek, sőt gyakran ismétlődnek is *hasznló* alakzatok, akárcsak a pénzügyi folyamatokban. A tőzsdei modellek vizsgálatában is van olyan példa, amelyben azt vizsgálják a szerzők, hogy az általuk generált kaotikus idősorban mennyire gyakran jelenik meg a fej és vállnak nevezett, a brókerek körében legendásnak számító alakzat, és hogy ez az alakzat tényleg képes-e előre jelezni az utána következő eseményeket.

- A kaotikus rendszerek másik fontos tulajdonsága a megjósolhatatlanságuk. Ez azt jelenti, hogy ha az adott rendszer viselkedését vizsgáljuk két egymáshoz közeli pontból indítva, akkor ez a két pont várható értékben exponenciális sebességgel távolodik egymástól. Ezért a kezdőfeltétel mérésében elkövetett kis hiba rövid idő után hatalmas különbséget okozhat a megjósolt és a tényleges érték között, *még akkor is, ha a rendszert leíró egyenleteket pontosan ismerjük, és egyáltalán nem játszik szerepet a véletlen*. A megjósolhatatlanság alapvető jellem-

zöje a pénzügyi idősoroknak, szokásosan éppen ez az egyik legfontosabb empirikus bizonyítéka annak, hogy a piacok hatékonyak, és ezzel indokolják a sztochasztikus leírás használatát. A sztochasztikus modell azonban képtelen annak a magyarázatára, hogy egészen rövid időtávon miért figyelhető meg szignifikáns pozitív autokorreláció a pénzügyi idősorokban. A kaotikus modellek esetében igen rövid időtávon megjósolható a folyamat, és ez a tulajdonság egybevág a pénzügyi idősorok empirikus tulajdonságával.

- A kaotikus mozgás geometriai struktúrája rendezett. Ez azt jelenti, hogy a modell független változói által kifeszített térben (fázistérben) a pontok egy határozott alakzatot (attraktort) rajzolnak ki, ilyen módon a fázistér nagy részét üresen hagyják, szemben a véletlenszerű folyamatból származó pontokkal, amelyek (ha elég sok van belőlük) az egész fázistérrel egyenletesen kitöltik. Ez a kaotikus rendszerek egyik nagyon fontos tulajdonsága, és valamennyire mérhető is. A probléma itt az, hogy a valóságban létező zajos káosz esetében a zajos pontok „elrontják” az attraktort, amit emiatt nehéz megtalálni. Így is megmarad az a lehetőség, hogy megvizsgáljuk, mennyire egyenletesen oszlanak el a pontok a fázistérben, és ilyen módon bizonyítani lehet a kaotikus viselkedést.<sup>4</sup>

- A kaotikus mozgást általában egyszerű egyenletű mozgásként definiáljuk, vagyis kis szabadságfokú rendszerekben jellemző. A pénzügyi piacokra igen sok tényező hat, ezért nem biztos, hogy célszerű rájuk alkalmazni a káoszelméleti modelleket. Amennyiben csak néhány olyan faktor van, amely az adott termék árát alapvetően befolyásolja, akkor ezek hatásának vizsgálatával már

képesek lehetünk leírni a rendszer alapvető jellemzőit, amelyekre természetesen még rárakódik a többi – általunk figyelmen kívül hagyott – faktorból eredő zaj. A kanonizált pénzügyi irodalomból sem hiányoznak az olyan modellek, amelyek egy pénzügyi termék viselkedését csekély számú faktorra vezetik vissza.<sup>5</sup> Mivel ezek a modellek nagyon elterjedtek, ezért ha a kaotikus modelleket pusztán amiatt elvetjük, hogy azok csak kis szabadságfokú rendszerek leírására alkalmasak, akkor bizony a többi modell is el kellene vetni ugyanilyen alapon.

Összefoglalva tehát azt láthatjuk, hogy a kaotikus modellek sok szempontból jobban írhatják le a pénzügyi termékek árának dinamikáját, mint a véletlen bolyongást feltételezők. Határozott hátrányuk viszont, hogy sajnos szint kell vallanunk arról, pontosan milyen folyamat alakítja a részvény árát, és a megfelelő egyenletek kiválasztása közel sem triviális, főleg, mert a kaotikus viselkedés kialakulásához szükséges az, hogy legalább egy egyenlet ne legyen lineáris.

#### *Egy modell különböző várakozásokkal*

A káoszelméleti modellek egy része abból indul ki, hogy a piacokon különböző várakozású szereplők vannak. E modellek közé tartozik például *Chiarella* (1992) vagy *Brock* és *Hommes* (1998), *Hommes* (2001). Ebben a fejezetben egy olyan, általam készített modellt fogok bemutatni, amely *Gaunersdorfer*, *Hommes* és *Wagener* (2001) (GHW) modelljének módosított változata.

A modellben a szereplők egyik része technikai elemző, a másik része fundamentális elemző. A technikai elemzők feltétele-

<sup>4</sup> Ezen az elven működik a korrelációs dimenziót vizsgáló teszt. Ennek a tesztnek és több más, a nem-linearitást vizsgáló tesztnek a leírását megtalálhatjuk Barnett és Serletis (2000)-ben.

<sup>5</sup> Ezek közül a legfontosabb a CAPM, amelyben egy részvény hozamát három faktorra bontja: a kockázatmentes kamatlábra, a bétára és a piaci hozamra. Hasonló példa az arbitrált árfolyamok elmélete (mindkettő részletes leírása: Bodie–Kane–Marcus, 1996) vagy például a hozamgörbe felbontása (Litterman és Scheinkman 1991).

zik, hogy az ár trendje a jövőben is folytatódni fog. Vagyis ha az ár +10-zel változott, akkor ők azt várják, hogy az ár a következő időszakban is emelkedni fog. A befektetők másik része fundamentális elemző, ők ismerik a vállalat *fundamentális értékét*, amely vagyonaának profittermelő képességét jelenti. A fundamentális értéket olyan módon lehet megbecsülni, hogy a szakértők megvizsgálják a vállalat könyveit, éves jelentését stb., ebből következtetnek a vállalat értékére. A fundamentális elemzők ezeket a technikákat alkalmazva azt feltételezik, hogy a vállalat részvényeinek összértéke közeledni fog a cég fundamentális értékéhez. A két típusú elemzés költsége különböző. A technikai elemzés költsége általában alacsonyabb, mert ekkor csak a múltbeli árat kell ismerni, amelyeket viszonylag olcsón meg lehet szerezni. A fundamentális elemzők azonban a cégről hozzáférhető összes adatot megszerzik, amelyeket gondos és egyben költséges elemzésnek vetnek alá.

A modellben feltételezzük még azt is, hogy a különböző befektetők számára a két elemzési technika költsége különböző. Ennek számos oka lehet: elképzelhető, hogy a befektetők közül van, aki önmaga el tudja végezni a fundamentális elemzést, másoknak szakértőt kell felbérelniük. Az egyes befektetők mérete is különböző lehet. Ha a fundamentális elemzés költsége nem függ attól, hogy a befektető hány részvényt vásárol, akkor a nagyobb befektetők számára a fundamentális elemzés költsége egy részvényre jutóan alacsonyabb, mint a kisebb méretű befektető számára. Így a nagyobb befektetők inkább hajlamosak elvégezni a költségesebb elemzést. Jelöljük a fundamentális elemzés és a technikai elemzés költségének különbségét az  $i$  befektető számára  $C_i$ -vel. Ez a fentiek alapján általában pozitív. Sőt, tegyük fel azt, hogy  $C_i$  eloszlása a befektetők sokaságán normális, vagyis ezt a jól ismert haranggörbe írja le, amelynek csúcsa

egy pozitív értéknél van. Természetesen más eloszlást is feltehetnénk, de a normális eloszlás a legkézenfekvőbb és a legegyszerűbben kezelhető, ráadásul elég könnyű elképzelni, hogy  $C_i$  eloszlása valóban ilyen.

A következő megválaszolandó kérdés: mitől függ, hogy a befektetők mekkora része fogja az egyik, illetve másik típusú elemzést választani. A modell dinamikáját éppen ez a választás teszi érdekessé: rögzített árnyok mellett nem alakulna ki kaotikus viselkedés. A befektetők – logikus módon – azt az elemzési módszert választják, amellyel pontosabban meg tudják becsülni a jövőbeli árat, hiszen minél pontosabban képesek előre jelezni az árat, annál nagyobb profitra tehetnek szert. A pontosabb módszert onnan ismerhetik fel, hogy megvizsgálják, melyik elemzési módszer működött jobban a múltban, és bíznak abban, hogy a jövőben is ez a módszer lesz a hatékonyabb. Ez azonban nem jelenti azt, hogy mindenki ugyanazt az elemzési technikát fogja alkalmazni: mivel a két elemzés költsége a különböző befektetők számára különböző, ezért a különböző emberek számára különböző mértékben kell hatékonyabbnak lennie a fundamentális elemzésnek, hogy azt tartsák jobbnak. Tegyük fel, hogy a  $t-1$  időszakig az befektető  $U_{1,t-1}$ <sup>6</sup> profithoz jutott volna a fundamentális elemzés segítségével, ha nem vesszük figyelembe az elemzés költségét. Ez a profit természetesen attól függ, mennyire pontosan tudta a fundamentális elemzés előre jelezni a múltbeli árat. Amennyiben a befektető a technikai elemzést választotta volna, akkor – hasonlóképpen – profitot realizált volna. Mikor választja befektetőnk a fundamentális elemzést? Akkor, ha a költségeket is figyelembe véve több profitot ért volna el ezzel a módszerrel, vagyis ha  $U_{1,t-1} - C_i \geq U_{2,t-1}$

<sup>6</sup> Ez nem függ az  $i$ -től, mert nincs benne a költségkülönbség, amely az egyetlen olyan eleme a modellnek, amely a különböző szereplők számára különböző.

Ezeknek a befektetőknek az arányát pedig úgy kaphatjuk meg, hogy megnézzük, hány ember számára teljesül ez az egyenlőség. A számuk annyi, ahány ember költsége a haranggörbén a  $U_{1,t-1} - U_{2,t-1}$ -től balra van. E befektetőknek nagyobb a haszna a bonyolultabb elemzésen, mint ennek pótlólagos költsége. A fundamentális elemzést választó befektetők aránya legyen  $\hat{n}_{1,t}$  a technikai elemzést használóké pedig  $\hat{n}_{2,t}$ .

Emellett be kell vezetni még egy „stabilizáló egyenletet”. Ez az egyenlet abból adódik, hogy amennyiben az ár nagyon eltér a fundamentálistól, akkor a befektetők egy idő után már nem hiszik el, hogy tovább is növekedhet ez a különbség. Ezért egyre több befektető érzi úgy, hogy bár elvileg érdemesebb lenne a technikai elemzést használnia, nem tartja valószínűnek a különbség további emelkedését, ezért mégis fundamentális elemzést alkalmaz. Vagyis például az internet-részvények esetén – amennyiben létezett ilyen stabilizáló hatás – amint a részvények ára egyre valószínűtlenebb magasságokba emelkedett, egyre több befektető várta azt, hogy a részvények ára visszatér fundamentális értéke közelébe, és ez erősen hozzájárult a piac összeomlásához. Az egyenlet tehát olyan, hogy minél nagyobb az ár (négyzetes) eltérése a fundamentálistól, annál kevesebben választják a technikai elemzést:

$$n_{2t} = \hat{n}_{2t} \exp\left(-(\rho_{t+1} - p^*)^2 / \alpha\right)$$

$$n_{1t} = 1 - n_{2t}$$

ahol  $p^*$  a fundamentális ár,  $\alpha$  egy paraméter,  $n_{1t}$  és  $n_{2t}$  a két típusú elemzést használó befektetők aránya. Az  $\alpha$  paraméter azt mutatja, hogy milyen gyorsan ijednek meg a befektetők, amikor az ár eltávolodik a fundamentálistól.

Már csak annak vizsgálata van hátra, hogy milyen módon alakul az ár. Amennyiben a részvények mennyisége nem változik az adott időszakban, vagyis a vállalat nem bocsát

ki új részvényeket a vizsgált időszakban, akkor a részvény árát csak a keresleti oldal befolyásolja, a kínálati oldalt figyelmen kívül hagyhatjuk. A részvények összereslete egyenlő a két típusú elemzést alkalmazó befektetők keresleteinek összegével. Tegyük fel, hogy a fundamentális befektetők által a  $t+1$  időszakra várt ár,  $p_{1,t+1}^e$  és a technikai elemzők által várt ár,  $p_{2,t+1}^e$  a következőképpen alakul:

$$p_{1,t+1}^e = p^* + v(p_{t-1} - p^*)$$

$$p_{2,t+1}^e = p_{t+1} + g(p_{t-1} - p_{t-2})$$

ahol  $v$  és  $g$  paraméterek. Mennyit hajlandók fizetni a befektetők ezért a részvényért a  $t$  időszakban? Annyit, amennyi pénzt a bankba téve  $p_{t+1}^e$  összeget kapnának a  $t+1$  időszakban.<sup>7</sup> Ha ennél kevesebbet érne nekik a részvény, akkor megérné a pénzüket egy részét kivenni a bankból, és a részvénybe fektetni, amellyel magasabb hozamot érnének el. Ha ennél többet volnának hajlandók fizetni a részvényért, akkor pedig több pénzt lenne érdemes a bankba tenniük. Tehát a részvényért

$$\frac{p_{t+1}^e}{1+r}$$

-t érdemes fizetni, ahol  $r$  a kamatláb. Mivel az összeresletet a két típusú befektető keresleteinek összege adja, a piaci egyensúly feltétele a következő:<sup>8</sup>

$$Rp_t = \sum_{n=1}^2 n_{nt} p_{n,t+1}^e$$

Ezzel a modell építését befejeztük. Érdeemes azonban a jobb érthetőség kedvéért áttekinteni a modell időbeli felépítését. A  $t$  időszak előtt a befektetők először is eldöntik,

<sup>7</sup> Ez az érvelés nem igaz pontosan, mert a részvény kockázata nagyobb, mint a bankbetété. Ezért a használt kamatláb magasabb a banki kamatlábnál, viszont az érvelés ugyanez, csak figyelembe kell venni a befektetők viszonyát a kockázathoz.

<sup>8</sup> Ha az adott évben a vállalat nem fizet osztalékot.

hogyan ki melyik típusú elemzést fogja alkalmazni. Ehhez a döntéshez a  $t$  időszak előtti adatokat tudják vizsgálni, és eldöntik, hogy melyik fajta elemzést lett volna érdemes használniuk. Miután ezt mindenki eldöntötte, megbecsülik a  $t+1$  időszakra általa várt árat. Ezek alapján kialakul az összkereslet és a  $t$  időszak ára.

A modell, mint említettem a GHW modell módosított változata. A különbség abban áll, hogy a befektetők milyen módon döntenek el azt, hogy melyik típusú elemzést alkalmaznak. GHW modelljében minden befektető számára ugyanakkora a két típusú elemzés költségének különbsége. Viszont náluk nem választja mindig mindenki azt a típusú elemzést, amely neki a múltban előnyösebb lett volna, hanem csak fokozatosan váltanak. Ezt a feltevést nevezik korlátozott racionalitásnak. Természetesen a valóságban ez a feltevés reális lehet, azonban a szokásos pénzügyi irodalomban inkább a teljes racionalitást szokták feltenni. A nemlinearitás forrása a GHW modellben ezt a fokozatos váltást leíró ún. evolúciós egyenlet, az itt ismertetett modellben pedig a költségkülönbséget leíró, nemlineáris haranggörbe (integrálja). Az itt ismertetett modell fő erénye az, hogy megmutatja: egy ilyen jellegű modell nem csak akkor viselkedik kaotikusan, ha feltesszük a korlátozott racionalitást, hanem e nélkül is – vagyis a kaotikus viselkedés egyszerűbb modellben is előfordul. Mivel az ilyen heterogén költségek szinte mindenütt előfordulnak a valóságban, ezért a kaotikus viselkedés is előfordulhat. Ez a feltétel talán egyszerűbb, mint a racionalitás feltevése. Ami viszont sokkal fontosabb, az az, hogy empirikusan sokkal jobban ellenőrizhető: ha egy elemzési költségről kiderül, hogy nemlineáris, akkor azon a piacon, amelyet ez befolyásol előfordulhatnak bonyolult dinamikák.

Vizsgáljuk meg, milyen elveken működik a modell. Amikor az ár a fundamentálishoz közel ingadozik, akkor megéri technikai

elemzőnek lenni, mert ilyen módon elég pontosan meg tudja mondani az ezt használó befektető a következő időszak árát, és e pontosságért cserébe nem kell kifizetnie az elemzés költségét. Emiatt viszont kevés fundamentális elemző marad, nincs ami stabilizálja az árat, az tehát egyre távolabb kerül a fundamentálistól. Amint azonban a rendszer távolodni kezd a fundamentális ártól, megint csak egyre kevésbé éri meg a fundamentális elemzést használni, hiszen az ár ekkor távolodik  $p^*$ -tól, tehát egyre több lesz a technikai elemző. A technikai elemzők nagy aránya miatt egyre távolabb kerül az ár a  $p^*$ -tól, ezért egyre több lesz a technikai elemző és így tovább. Ez a folyamat nem is állna meg, ha ennek nem vetne gátat a befektetők féltelme, hogy az ár teljesen elszakad a részvény valós értékétől, konkrétan pedig a stabilizáló egyenlet működésbe lép: amint az ár már nagyon messze jár a  $p^*$ -tól, a technikai elemzők aránya erőteljesen csökken, ezért az ár behúzza a fundamentális közelébe. A modellel kapcsolatban három dolgot érdemes hangsúlyozni:

- A modellben eddig felírt formájában semmilyen véletlenszerű elem nincs. Vagyis a modell által – a későbbiekben bemutatott – bonyolult viselkedés előáll anélkül, hogy akár új információ kerülne napvilágra (a rendszer által generált determinisztikus folyamatoktól eltekintve) vagy valamilyen más külső hatás érné azt. Tehát az ilyen jellegű determinisztikus, kaotikus rendszerek képesek a valóságos folyamathoz viszonylag hasonló alakzatokat produkálni, részben ez indokolja felhasználásukat a pénzügyekben.

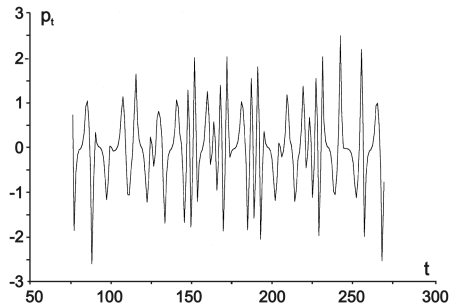
- A modellben az ár alakulásának alapvető mozgatórugóját a várakozások képezik. Nem igazán szokásos, hogy a várakozások önmozgása ennyire mozgassa egy modellben az árakat, viszont a pénzügyi piacokon ez nem elképzelhetetlen, mint erre az internet kapcsán is utaltam. A modellben sze-

replő várakozások olyan értelemben nem racionálisak, mint ahogy ezt az újklasszikus közgazdaságtan használja, vagyis nem felelnek meg annak a követelménynek, hogy nagyságuk megegyezzen az adott ár várható értékével. Az újklasszikus típusú befektetők figyelembe vennék azt is, hogy a következő időszakban a többi befektető várhatóan milyen módon alakítja várakozásait. Első látásra úgy tűnik, mintha az ilyen várakozással rendelkező befektetők kiszorítanák a többieket a piacról. Azonban Brock és Hommes (1997) egy egyszerű kereslet-kínálat modellben bemutatja, hogy a racionális várakozásokat alkalmazó termelők nem szorítják ki a naiv várakozásúakat, vagyis azokat, akik azt feltételezik, hogy az ár változatlan marad. A racionális várakozásokkal van azonban egy filozófiaibb jellegű probléma is: a kaotikus rendszerek alapvető tulajdonsága a megjósolhatatlanság, ezért nem feltételezhetjük azt, hogy a benne szereplők ki tudják számítani a következő időszakok árait.

- A harmadik megjegyzés az előzőhöz kapcsolódik. Az ilyen típusú modellek létrehozásának egyik célja az volt, hogy be lehessen mutatni: nem törvényszerű a technikai elemzők kiszorulása a piacról. Az általam ismertett modell vizsgálata jól mutatja ezt. Észre kell venni azonban azt is, hogy bizonyos értelemben ez a demonstráció túl jól sikerült: a stabilitási feltétel nélkül bizony a rendszer legtöbbször felrobban, vagyis az ár végtelenre nő, miközben a chartisták aránya 1 lesz.

Most pedig vizsgáljuk meg azt, konkrétan milyen az ár alakulása a modellben (1. ábra). Az ábrán nem az ár konkrét értéke látható a függőleges tengelyen, hanem az ár és a fundamentális ár különbsége.

Láthatjuk, hogy a paraméterértékek mellett a mozgás kaotikus: nincs ciklus, a folyamat bonyolultabb, mint amit az egyszerű determinisztikus mozgásoktól megszoktunk. Azonban elég komoly szabályosság figyelhető meg: a ciklusokhoz hasonló, vi-



1. ábra • Az ár alakulása a heterogén szereplős modellben, ha  $g = 2,8$ , szigma  $c = 0,1$ ,  $a = 0,5$ , szigma  $= 2,25$ ,  $m = 1$ ,  $v = 0,3$ ,  $\epsilon_a = 0$ ,  $\alpha = 0,8$

szonylag szabályos árhullámmás látható, amely viszont igen kiszámíthatatlan. Az ár viszonylag hosszabb időt tölt a fundamentális ár közelében, majd egy öngerjesztő spekulációs folyamat eredményeképpen általában eléggé elrugaszkodik tőle. Láthatjuk, hogy bizonyos ponton, a fundamentális ártól valamiféle kritikus távolság után a folyamat meredeksége erősen megnő, majd csúcspontot ér el. Itt lép igazán működésbe a stabilizáló egyenlet: a befektetők úgy érzik, hogy már nagyon elrugaszkodott az ár a vállalat eszközeinek valós értékétől, és egyre többen várják az ár visszatértét a fundamentálishoz, ami igen gyorsan be is következik. A dinamika tehát bonyolult és kiszámíthatatlan, akár csak a pénzügyi piacokon.

Érdemes még egyszer hangsúlyozni, hogy ezt a bonyolult mozgást egy olyan modellben figyelhetjük meg, ahol egyáltalán nincsen véletlenszerűség. A valóságban a pénzügyi piacokat természetesen érik véletlenszerű külső sokkok, és az ezek által generált zaj beépítése a modellbe még inkább kiszámíthatatlanná teszi a viselkedését, és élethűen szimulálja a piac működését.

A másik fontos dolog az, hogy a kezdőfeltétel kis különbsége teljesen megváltoztathatja az idősor viselkedését. Ez nagyon nagy hatással van a pénzkeresési lehetősé-

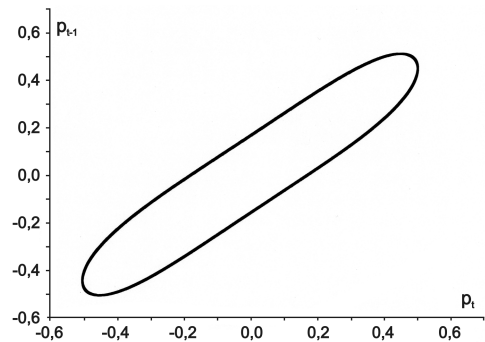
gekre: mivel a kezdőfeltételt sohasem lehet pontosan megfigyelni, még ha tökéletesen ismerjük is az egyenletek alakját, akkor sem tudjuk hatékonyan megjósolni a jövőbeli árat. A kezdőfeltétel ismeretének hiánya adódhat a tőzsdéken alkalmazott kerekítésekéből, abból, hogy a papírral csak régen kereskedtek, és ezért nem tudjuk megfigyelni az aktuális árat vagy abból, hogy a piac nem tökéletes, és egy nagyobb tétel eladása nagy hullámzásokat okozott. Mindezek miatt, még ha ismernénk is a tökéletes modellt, azzal se mennénk sokra. Nem beszélve arról, hogy amennyiben valaki felfedezné a mozgás-egyenletet, akkor – amennyiben az illető megpróbálna pénzt keresni – saját magatartásával megváltoztatná a nagy erőfeszítéssel felfedezett egyenletet. Ezen okok miatt egy kaotikus modellre is teljesül a megjósolhatatlanság, amelyből a pénzügyi piacok hatékonyságának hipotézisét le szokták vezetni.

#### Az attraktor

A kaotikus mozgások vizsgálatára azonban nem a fentihez hasonló egydimenziós ábrák a legjobbak, hiszen ezeken nem látható különösebb struktúra. Ezek helyett célszerűbb a mozgást a *fázistérben* megvizsgálni, amelynek tengelyeit a rendszer különböző független változói adják. A fázistérben vett ábra vizsgálatokor megállapítható a rendszer dinamikájának típusa. Elképzelhető, hogy a rendszernek stabil fixpontja (spirális fixpont) van, ekkor a rendszer a fixpont felé történő mozgást végez. Ez a fázistérben is látható, ahol e felé az egy pont felé halad a folyamat, mégpedig spirál alakban. A modellünkben ez például akkor következik be, ha (a többi paraméter *1. ábrán* látható értékei mellett)  $g=1$  esetén vizsgáljuk a rendszert, tehát akkor, ha a technikai elemzők azt várják, hogy az árváltozás pontosanakkor lesz, mint az előző időszakban. Ekkor a rendszer konvergál a fundamentális árhoz, és majdnem mindenki technikai elemzést használ, mert az

jól működik ilyen dinamika mellett, ráadásul olcsóbb is.

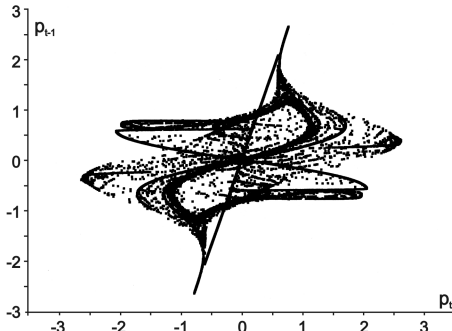
A másik lehetőség az, hogy a rendszer periodikus viselkedésű, vagyis ciklus vagy kváziciklus alakul ki. Ciklus esetén a fázistérben csak néhány pontot látunk, kváziciklusnál pedig egy összefüggő alakzatot. Erre példa a *2. ábra*.



*2. ábra* • Kváziciklus a heterogén szereplős modellben. (A paraméterek mint az *1. ábrán*, csak  $g=1,1$ )

A fázistér vizsgálata akkor válik igazán érdekessé, ha az adott paraméterértékek mellett a rendszer kaotikusan viselkedik. Ebben az esetben – ha a fázistérben elég sok pontot ábrázolunk – kirajzolódik a rendszer dinamikájára jellemző különös attraktor. Ez az objektum fraktál, ami azt jelenti, hogy önhasznós, vagyis bármilyen nagyításban hasonló jellegű struktúra rajzolódik ki. Ez persze praktikus az ábrázolt pontok és felbontás vége miatt nem teljesen igaz, de az attraktor nagyításával meggyőződhetünk arról, hogy azt ez a szerkezet jellemzi (*3. ábra*).

Modellünkben négy független változó van, vagyis a  $t$  időszak ára az előző négy ártól függ. Azért ilyen soktól, mert amikor a befektetők eldöntik, melyik típusú elemzést használják, akkor azt mérlegelik, hogy legutóbb melyik vált be a legjobban. Ennek során megvizsgálják az előző idősakra becsült árat, amely az azelőtti két vagy három ártól



3. ábra. Különös attraktor vetületi képe.  
(A paraméterek mint az első ábrán.)

függ, attól függően, hogy technikai vagy fundamentális elemzésről van szó. Tehát a fázisteret ez a négy ár (mint dimenzió) feszíti ki, és ebben kellene vizsgálni az attraktort. Mivel azonban ezt lehetetlen ábrázolni, meg kell előznedünk kétdimenziós képével.

Az attraktor szabályossága mellett másik fontos tulajdonsága az, hogy véges területen helyezkedik el ez a kétdimenziós vetülete, és az egész attraktor is korlátos részét foglalja el a négydimenziós hipertérnek. Ez az eredmény nem az ábra pontatlanságából következik, hanem a kaotikus mozgások univerzális tulajdonsága. Esetünkben, a pénzügyi piacokon ez azt jelenti, hogy az ár nem mozdulhat el egy véges tartományból, ami azzal magyarázható, hogy a stabilizáló egyenlet bizonyos eltérésnél már mindig visszahúzza az árat a fundamentális ár közelébe. Ennek alapvető jelentősége van: amennyiben modellünk igaz volna, akkor lenne olyan nagyságú árzuhanás vagy áremelkedés, amelynél nagyobb biztosan nem következne be. Egy ilyen állítás beigazolódása jelentősen átalakítaná a világ pénzpiacait (ezzel valószínűleg meg is szűnne az érvényessége).

Vegyük észre azonban azt a két alapelvet, amelyeket fel kellett állítani ennek az állításnak a kimondásához. Az egyik az, hogy a fundamentális ár változatlan. Amennyiben a fundamentális ár változhat, akkor az ár ennek

megfelelően változik. A vállalati csődök túlnyomó többségében a fundamentális ár is el szokta érni a nullát, bár ezt a folyamatot gyorsíthatja a befektetői pánik. Ha az ár eltérését a fundamentálistól egy tisztán determinisztikus kaotikus folyamat írja le, és a fundamentális ár is egy determinisztikus folyamatot követ, akkor viszont még mindig igaz az, hogy ez az eltérés csak egy korlátos halmazon vehet fel értékeket.<sup>9</sup>

A másik feltevés nagyobb problémát okoz: amennyiben a modellben véletlenszerűség van, akkor ez bármennyire<sup>10</sup> kilendítheti az eddigi véges tartományból az árat. Ekkor már nem tudjuk megjósolni az áresés vagy áremelkedés legnagyobb mértékét.

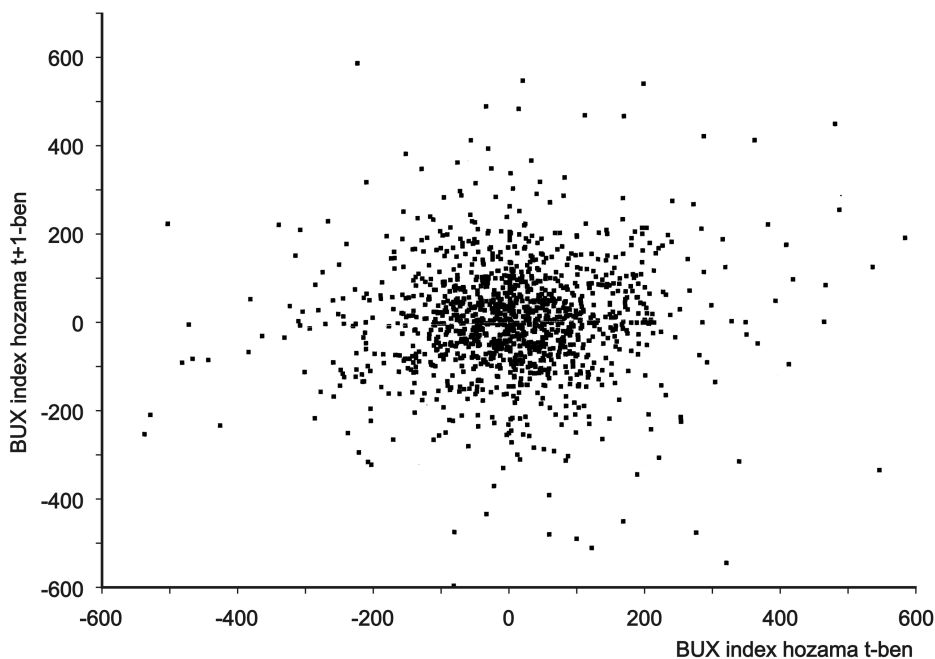
A valóságos tőzsdei adatokat is lehet ugyanilyen koordináta-rendszerben ábrázolni, és összevethetjük őket az attraktora-inkkal. Nem meglepő, hogy a valós adatok egy elkent pontfelhőt rajzolnak ki, amelyben nyoma sincs az ilyen jellegű szabályosságnak. Ha a modellünkbe zajt is helyezünk, akkor viszonylag kis véletlenszerűség hatására a valóságos adatokhoz teljesen hasonló pontfelhőket kapunk. Ez az eredmény egészen egyszerűen előáll akkor is, ha egy teljesen egyszerű zajból generálunk idősort. Ezért legfeljebb azt lehet megállapítani, hogy a zajos káoszt és az egyszerű zajt empirikusan gyakorlatilag lehetetlen egymástól megkülönböztetni.

#### *A hozamok függetlensége*

A pénzügyi piacok fontos jellemzője az, hogy az egymást követő hozamok függetlenek egymástól. Ez azt jelenti, hogy amennyiben

<sup>9</sup> Amennyiben a fundamentális ár véletlenszerűen változik, akkor ez a várakozásokon keresztül beviszi a zajt a fundamentális ártól való eltérést leíró folyamatba is.

<sup>10</sup> Hogyha a tartója nem véges. Például a  $[0,1]$  intervallumon egyenletes eloszlású zaj esetén még mindig igaz az, hogy az attraktor korlátos halmaz része. Azonban például a normális eloszlású zaj esetén – melynek tartója nem véges – ez már nem igaz.



4. ábra • A BUX-index napi hozamai 1997 február – 2002 február (Ft)

ma felmegy X részvény ára (vagyis X részvény hozama pozitív), abból semmilyen következtetést sem tudunk levonni arra nézve, hogy holnap milyen lesz az X részvény hozama. Ez az állítás a hatékony piacok hipotéziséből következik. Gondoljuk meg, hogy mi történne akkor, ha tudnánk, hogy amennyiben X részvény ára felmegy, akkor 75 % valószínűséggel holnapután is fel fog menni. Mindenki rohanna vásárolni az X részvényből, amelynek még holnap felmenne az ára. Ez a folyamat éppen addig tartana, amíg a részvény ára olyan magas nem lesz, hogy már nem éri meg belőle venni. Ez pedig pont akkor fog bekövetkezni, ha már éppen 50 % annak a valószínűsége, hogy a részvény ára felmegy holnapután. Vagyis minden ilyen megfigyelt összefüggés azonnal eltűnik, mert a befektetők rohama megszűnteti az ilyen profitlehetőségeket.

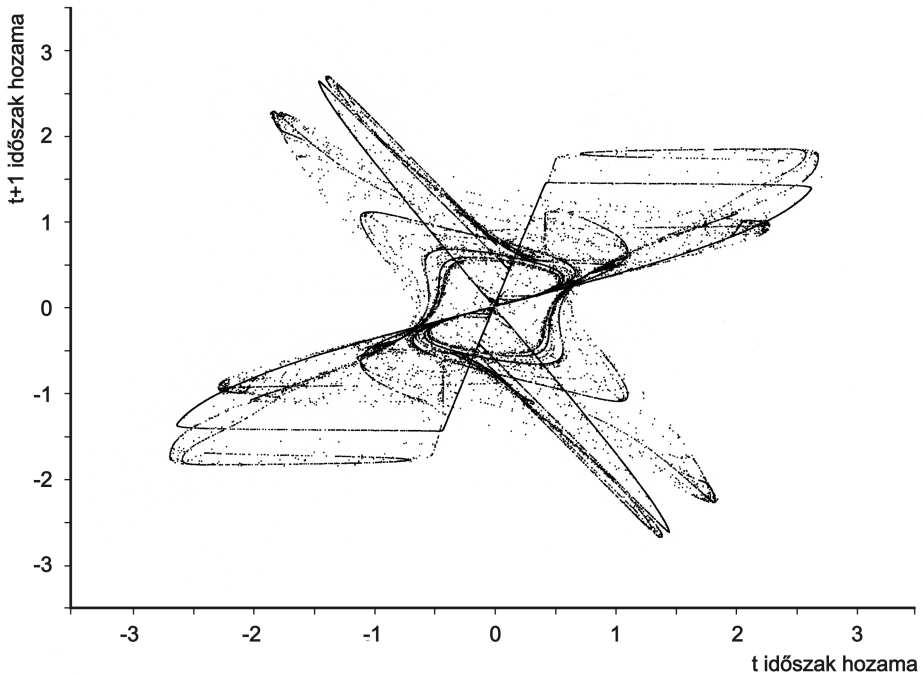
Ez a függetlenség bizonyítható a következő módon.<sup>11</sup> Vegyünk egy olyan ábrát,

amelyen a vízszintes tengelyen a mai, a függőlegesen pedig mindig az egy nappal későbbi hozam van rajta. Erre példa a valóságból a 4. ábra, amelyen a BUX-index napi hozamait láthatjuk 1997 februárja és 2002 februárja között. A hozamot egyszerűen úgy számoltam, hogy kivontam egymásból a két nap BUX-indexét.<sup>12</sup>

Láthatjuk, hogy a pontthalmaz az origó körül sűrűbb és középpontosan szimmetrikus az origóra. Éppen ilyen alakzat jellemzi a véletlenszerűséget. Amennyiben igaz lenne az, hogy az emelkedést általában emelkedés követi, akkor a pontoknak a jobb felső síknegyedben kellene koncentrálniuk, mert az egymást követő napok hozamai po-

<sup>11</sup> Az ábrakészítés e módját Száz 1999-ban találhatjuk meg, 185–188. o.

<sup>12</sup> A hozamot százalékban szokták számolni, de mivel a modell a fundamentális ártól való eltéréseket mutatja, ott százalékkal nincs értelme dolgozni, ezért választottam itt is ezt a módot.

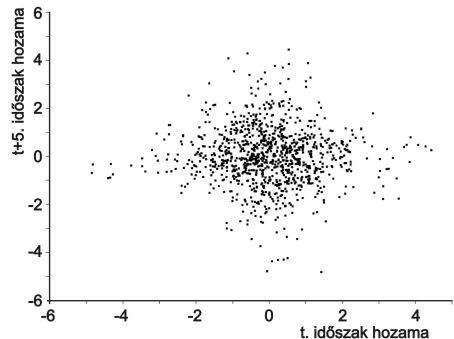


5. ábra • A hozamok ábrája a zaj nélküli modellben. (A paraméterek mint az első ábrán.)

zitivak. Amennyiben az lenne igaz, hogy a csökkenést vagy emelkedést korrekció követi, akkor pedig a bal felső és a jobb alsó síknegyedben találnánk több pontot. Az ábrán azonban a pontok eloszlása egyenletes a különböző síknegyedek között, ami támogatja a hatékony piacok hipotézisét. E meglátást egzaktabban is alá lehet támasztani azzal, hogy egy egyenest illesztünk a pontfelhőre. Amennyiben az egyenes meredeksége 0, akkor nincs lineáris kapcsolat az egymást követő árak között. Az ábrán láthatjuk, hogy az illesztett egyenes enyhén pozitív meredekségű, azonban statisztikailag ez a meredekség nem elég nagy ahhoz, hogy elfogadhassuk azt a feltevést, hogy nullától különbözik.<sup>13</sup> Hangsúlyozni kell azonban, hogy ez az eredmény a napi hozamokra vonatkozik, az ennél rövidebb távú (néhány perces) hozamokra már van összefüggés.

<sup>13</sup> A lineáris regresszióban a meredekség szignifikanciaszintje:  $p=0,27$

Vizsgáljuk meg ezután, hogy a modellünk által generált idősor milyen alakzatot hoz létre! (5–6. ábra)



6. ábra • Az 5-tel késleltetett hozamok ábrája a zajos modellben. (A paraméterek mint az első ábrán.)

Az 5. ábrán a tisztán determinisztikus esetet látjuk. Ezen az ábrán határozott szerkezet rajzolódik ki, amely egy fraktál képe. Ez érthető, mert a különböző árak közötti viszony

egy hasonló jellegű alakzatot rajzol ki a 3. ábrán, ezért ezeknek az áraknak a különbsége is fraktál. Az alakzatra illesztett egyenes szintén kis pozitív meredekségű, de ez sem szignifikáns, ha a 4. ábrán látható adatokhoz hasonló számú adatot generálunk. Ez a határozott alakzat azonban empirikusan elfogadhatatlan.

A helyzet némileg javul, ha a zajos modellt is megvizsgáljuk. A zaj additív és normális eloszlású nulla várható értékkel és 0,3 szórással. Mivel a BUX-indexnél is napi hozamokat vizsgáltunk, érdemes több időszakot tekinteni, ezért 5 időszakos késleltetést ábrázoltam. Az ábrában még felfedezhető valamilyen minta, a fraktál valamilyen halvány lenyomata. Ettől függetlenül egy ilyen jellegű ábra gyakorlatilag megkülönböztethetetlen a 4. ábrától.

Össességében tehát modellünkben az eggyel késleltetett hozamok függetlenek. Ez a függetlenség nem biztos, hogy a hatékony piacok hipotézisét támasztja alá, elképzelhetők olyan káoszelméleti modellek is, amelyek ilyenek. A zajos modellben hosszabb időtávon a valóságtól nyilvánvalóan idegen, tiszta fraktálszerkezet is eltűnik.

### Megjósolhatatlanság

A kaotikus modellek egyik legfontosabb tulajdonsága a megjósolhatatlanságuk. Ez azt jelenti, hogy ha a kezdőfeltétel megállapításában egy kicsit tévedünk, akkor néhány időszak után az ebből adódó becslési hiba nagyon gyorsan nő. Itt azt fogjuk vizsgálni, milyen módon mérhető ennek foka, és hogy modellünkben milyen nagyságrendű ez.

A megjósolhatatlanság jellemzésére használják a Ljapunov-exponenst ( $\lambda$ ). A kaotikus rendszerekben két egymáshoz közeli pont távolsága exponenciálisan nő az időben. Amennyiben a két kezdeti pont  $x_0$  és  $y_0$ , akkor ezek távolsága  $t$  idő elteltével (vagyis  $t$  darab iteráció után):

$$|x_t - y_t| = |x_0 - y_0| e^{\lambda t},$$

ahol  $\lambda$  az ehhez a pontpárhoz tartozó lokális Ljapunov-exponens.

A Ljapunov-exponens értéke bizonyos esetekben kiszámítható analitikusan, de a legtöbb káoszelméleti modellnél nem. Ilyenkor szimulációt kell alkalmazni. Veszünk két egymáshoz nagyon közeli pontot a rendszer hosszú távú viselkedését leíró attraktoron, s megvizsgáljuk, hogy egy bizonyos időszak után mennyire kerülnek távol egymástól. Mikor ez megvan, akkor a fenti képlet segítségével kiszámíthatjuk a Ljapunov-exponenst.

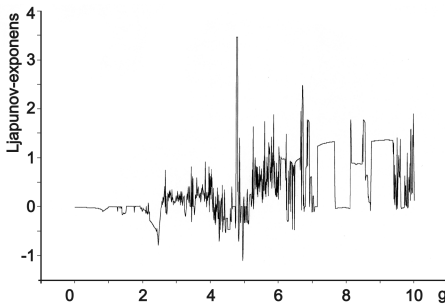
Nekünk azonban az adott paraméterekhez tartozó, adott rendszert leíró átlagos mennyiségre van szükségünk, ezért a lokális Ljapunov-exponensek átlagából kapjuk  $\lambda$  átlagos Ljapunov-exponenst. Ezt pedig úgy számíthatjuk ki, ha az attraktor sok különböző pontjából elindítjuk a rendszert, és az így kapott Ljapunov-exponensek számtani átlagát tekintjük.

A Ljapunov-exponens kiszámítása az általános módszer annak meghatározására, hogy az adott rendszer kaotikus-e a vizsgált paraméterértékek mellett. A kaotikus rendszerben a pontok exponenciálisan távolodnak, tehát ezekre szükségképpen  $\lambda=0$ . Ez a kaotikus rendszerekre általában igaz. Ezért amennyiben ezt más vizsgálatok is megerősítik,<sup>14</sup> akkor a Ljapunov-exponens elég biztosan jelzi, hogy mely paraméterértékeknel jellemző a káosz. Az általunk vizsgált modellekben szerencsére ez a helyzet, mert a stabilizáló egyenlet miatt biztosak lehetünk abban, hogy a rendszer nem száll el.

Vizsgáljuk meg az átlagos Ljapunov-exponenseket mutató ábrát! A 7. ábrán a  $g$  paraméter különböző értékeire vizsgáljuk az átlagos Ljapunov-exponens értékét.

Természetesen a többi paraméterre is érdemes lehet megvizsgálni egy hasonló ábrát, sőt esetleg több paraméterre egyszerre egy 3 dimenziós ábrát. Ennek azonban ese-

<sup>14</sup> Mint például az attraktor vagy a bifurkációs diagram vizsgálata



7. ábra • A Ljapunov-exponens értéke  $g$  függvényében. (A paraméterek mint az első ábrán.)

tünkben nem túl nagy a jelentősége. Az ábrán láthatjuk, hogy bizonyos régiókban teljesül a káosz feltétele, például az általunk eddig általában vizsgált  $g = 2,8$  értékre. A kaotikus tartomány nem egybefüggő terület, hanem szigeteket alkot a paraméterterben. A kaotikus régiókban tipikusan 0 és 3 között van a Ljapunov-exponens értéke, ami azt jelenti, hogy ha például  $p^e_{1,t+1}$ , akkor egy időszak alatt -szeresére növekszik a két pont közötti távolság, vagyis tíz időszak alatt  $e^{10} = 22026$ -szorosára növekszik a kezdeti megfigyelési hiba a teljesen determinisztikus rendszerben. Az azért megnyugtató, hogy az alacsony, a valóságban inkább megjelenő paraméterértékekre a rendszerben vagy nincs káosz, vagy pedig nem ennyire nagy a Ljapunov-exponens. Ez a megjósolhatatlanság tényleges mértéke, amiből látjuk, hogy egy olyan időtávon, amely például egy opció lejáratá, gyakorlatilag fogalmunk sem lesz arról, mekkora lesz az értékpapír ára, csak abban lehetünk biztosak, hogy a pont az attraktoron (vagy ahhoz nagyon közel) fog elhelyezkedni.

### *Összefoglalás*

A dolgozat egy olyan modellt mutatott be, amely a pénzügyi piacokon jól alkalmazható. Sok empirikus és elméleti tény szól amellett, hogy a véletlen bolyongást feltételező

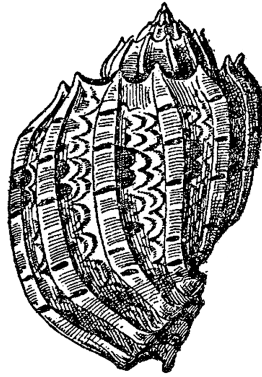
modellek nem írják le tökéletesen a pénzügyi piacok viselkedését. A sztochasztikus modellek alkalmazását általában az indokolja, hogy az árak megjósolhatatlanok. A káoszelméleti modellekre is igaz ez, és a többi megfigyelhető jelenséget is reprodukálni lehet velük. Az ilyen modellek által előállítható alakzatok között vannak tényleg reménykeltőek is, amelyeket érdemes továbbfejleszteni. A káoszelméleti modellek mellett szól az is, hogy ezek nemlineáris folyamatokat tételeznek fel, míg a hagyományos pénzügyi modellekben egy lineáris folyamatra rakódik rá a zaj. Nem valószínű, hogy bármi is biztosítaná, hogy a pénzügyi folyamatok lineárisak legyenek, sőt ez ellentmond a bonyolult rendszerrel kapcsolatos intuíciónknak is.

A nemlinearitás létezését nem sikerült még minden kétséget kizáróan bizonyítani a pénzügyi piacokon, bár számos teszt – és ezeket alkalmazó – tanulmány készült ebből a célból. A probléma valószínűleg nem az, hogy nem létezik nemlinearitás, hanem az, hogy a zajos kaotikus modelleket szinte lehetetlen megkülönböztetni a tisztán csak zajos modellektől. Ez a probléma feltehetően nem fog megoldódni a közeljövőben.

Káoszelméleti modellekkel foglalkozni ezért egyelőre inkább elméleti, mint gyakorlati szempontból érdekes, valószínűleg nem lehet velük sok pénzt keresni. Az ebben a tanulmányban ismertetett modell jelentősége is az, hogy megmutatja: a kaotikus viselkedéshez egyáltalán nem szükséges az, hogy a szereplők csak fokozatosan alkalmazkodjanak, hanem elegendő azt feltennünk, hogy a szereplők heterogének. Amennyiben ez kimutatható, és még az is, hogy ez a heterogenitás egy nemlineáris függvényvel írható le, akkor könnyen lehet, hogy a piaci viselkedés bonyolult, esetleg kaotikus. Ilyen értelemben ez egy lehetőség arra, hogy megkeressük a nemlineáris piacokat és a nemlinearitás okait.

**IRODALOM**

- Barnett, W. A. és Serletis, A. (2000). Martingales, Nonlinearity, and Chaos; *Journal of Economic Dynamics and Control*, **24**, 703-724
- Brock, W. A. és Hommes, C. H. (1998). Heterogeneous beliefs and routes to Chaos in a Simple Asset Pricing Model, *Journal of Economic Dynamics and Control*, **22**, 1235-1274
- Carter, R. B. és Van Auken H. E. (1990). Security Analysis and Portfolio Management: A Survey and Analysis, *Journal of Portfolio Management*, Spring 81-85.
- Chiarella, C. (1992). The Dynamics of Speculative Behavior. *Annales of Operations Research* **37**, 101-27
- Gaunersdorfer, Hommes és Wagener (2001). Bifurcation Routes to Volatility Clustering, Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2001-015/1; <http://www.tinbergen.nl>
- Hommes, C. H. (2001). Financial Markets as Nonlinear Adaptive Evolutionary Systems; Research Paper, *Quantitative Finance I*: 149-167. <http://www.quant.iop.org>
- Hoover, Kevin D. (1988). *The New Classical Macroeconomics: A Skeptical Inquiry*, Basil Blackwell
- Litterman, R. és Scheinkman. J. (1991). Common Factors Affecting Bond Returns, *The Journal of Fixed Income*, June 1991, 54-61
- Malkiel (1992). *Bolyongás a Wall Streeten*, Bankárképző
- Száz János (1999). *Tőzsdei opciók vételre és eladásra*, Tanszék Kft.
- Taylor, M. P. és Allen H. (1992). The Use of Technical Analysis in The Foreign Exchange Market, *Journal of International Money and Finance*, **11**, 304-314



# NEMLINEÁRIS IDŐSOROK – A TŐZSDE KÁOSZA?<sup>1</sup>

Fokasz Nikosz

szociológus, egyetemi docens, ELTE BTK Szociológia Intézet  
e-mail: fokata.bt@chello.hu, fokasz@ludens.elte.hu

## Bevezetés

Hogy életünk kaotikus keretek közt zajlik, oly panasz, amelyben mindnyájan osztozunk. Tökéletes retorikai telitalálatnak bizonyult ezért, hogy két amerikai tudós (Li és Yorke, 1975) a hetvenes évek közepén a *nemlineáris rendszerek* kutatásával kapcsolatban formálódó új és sok tekintetben meghökkentő jelenségegyüttesnek a *káosz* nevet adta.

E gazdag jelentésárnyalatú és igen hatásos kifejezés keltette asszociációk, valamint a káosz tudorai és ismeretterjesztői által reklámozott szokatlan tulajdonságok találkoztak egy amúgy is kuriózumokra éhes nagyközönség nap mint nap átélt tapasztalatával. Csoda-e, hogy a hetvenes évek közepén megjelent káoszelmélet a nyolcvanas évek divatjává vált?

Sikeres és rendkívül szuggesztív ismeretterjesztő művek (Gleick, 1988; Stewart, 1989; Stewart és Golubitsky, 1992), valamint szaktudományos munkák (például Ruelle, 1991) egész sora fokozta a várakozásokat. Szerzőik a káoszelmélet legfontosabb tanulságaként találták azon meggyőződésüket, hogy a világ úton-útfélen megfigyelhető bonyolultsága, végső soron néhány, a háttérben meghúzódó igen egyszerű szabály működésének következménye.

<sup>1</sup> A tanulmány a T33030 számú OTKA-kutatás keretében készült.

Mindez a társadalomtudósok öszinte érdeklődését is kiváltotta. Lehetséges – kérdezték – hogy a káoszelmélettől remélhetjük a természetieknél sokkal bonyolultabb társadalmi jelenségek megértésének kulcsát? Egy ilyen, általánosságban feltett kérdésre a válasz persze csakis tagadó lehet. A modern káoszelmélet azonban csakugyan képes volt újat állítani az *egyszerű* rendszerek *bonyolult* időbeli viselkedésének lehetőségéről. Megértéséhez tehát a továbbiakban elsősorban ezt az *egyszerű – bonyolult* kapcsolatot kell elemeznünk.

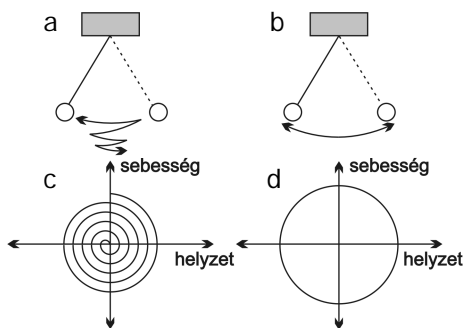
## Az egyszerű és a bonyolult

Előbb azonban lépünk eggyel vissza, s nézzük meg, milyen helyzeteket írhatunk le az *egyszerű – egyszerű* (értsd: egyszerű rendszer egyszerű időbeli viselkedése) párosítással. Ilyen lehet például a középiskolás fizikatanulmányaink során megismert inga esete. Igazán egyszerű rendszer, s időbeli viselkedése, mozgása is az: ha óvatosan meglökjük, egy idő után nyilván megáll (*1/a. ábra*). Továbbra is egyszerű rendszer, egyszerű időbeli viselkedésével lesz dolgunk, ha az ingát játszótéri hinta módjára megfelelő időközönként meglökjük (*1/b. ábra*).

Nem ártana persze pontosítanunk, hogy a fenti példák kapcsán mit kell egyszerűségeen értenünk. Egy inga esetében ugyanis magától értődően mindenekelőtt a berendezés egyszerűsége, hétköznapisága ötlük fel bennünk. Ennél azonban jóval többről van szó. Könnyen

belátható ugyanis, hogy az inga valamely állapotának megadása mindössze két változó – a hely és a hozzá tartozó sebesség – ismeretét igényli. Márpedig, ha mindössze két állapotjellemzőre van szükségünk, akkor ezek értékeit egy síkbeli koordináta rendszer tengelyein felmérve az inga bármely állapotát egy síkbeli ponttal, az inga mozgása során befutott állapotok összességét pedig valamilyen *síkbeli alakzattal, görbével* azonosíthatjuk.<sup>2</sup>

A súrlódás következtében fokozatosan megálló ingának ekkor egy origóba tartó spirál (1/c. ábra), a hinta (vagy mondjuk egy ingaóra) mozgásának pedig egy önmagába visszatérő – a periodicitást szemléletesen is megjelenítő – zárt görbe felel meg (1/d. ábra).



1. ábra • Súrlódó inga és gerjesztett inga mozgása a valódi, illetve a fázistérben

A fenti ábrázolásmód lehetővé teszi, hogy valamely rendszer időbeli viselkedésének vizsgálatában a továbbiakban közvetlenül a szemünkre hagyatkozhassunk. A fázistérbeli pályák ugyanis a súrlódó inga esetében előbb-utóbb egy *(fix) pontban* kötnek ki, míg az ingaóra esetében lassan ráhúzódnak egy *zárt görbére*. Igazán egyszerű geometriai alakzatok – egy pont és egy zárt görbe – szemléltetik tehát azokat az állapotokat, amelyek mintegy magukhoz vonzzák a leg-

különfélébb (lehetőleg közeli) kiinduló állapotokból elindított pályákat. A rendszer időbeli viselkedését ezért a továbbiakban éppen ezen alakzatok, az úgynevezett *attraktorok* szerint osztályozhatjuk. Ha az attraktor egyetlen (fix) pontból áll, akkor a rendszer előbb-utóbb állandósult egyensúlyi állapotban, zárt görbe esetén pedig valamilyen periodikus mozgásnál köt ki. Az általunk vizsgált inga tehát kettős értelemben is egyszerűnek tekinthető. Egyrészt mert állapotát kevés, mindössze két változó jellemzi, másrészt mert mozgása, időbeli viselkedése is egyszerű. Ez utóbbi tulajdonsága pedig mindennél meggyőzőbben fejeződik ki abban a tényben, hogy ingánk esetében igen egyszerű szerkezetű attraktorokkal van dolgunk.

### Különös attraktorok

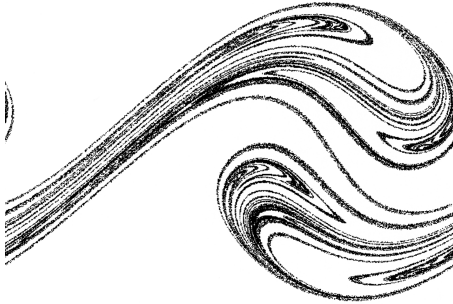
Az attraktorok vizsgálatát nyilván más dinamikus rendszerekre is érdemes kiterjesztenünk. A továbbiakban ezért valamely rendszer időbeli viselkedését attraktorának geometriai tulajdonságaival fogjuk jellemezni. Egyszerű attraktor egyszerű, bonyolult attraktor bonyolult dinamikát fog képviselni, bármit jelentsenek is ebben az összefüggésben az egyszerű vagy bonyolult szavak.

Ehhez persze újabb és újabb dinamikus rendszereket kellene szemügyre vennünk. Mi lenne, ha először az eddig vizsgált ingán módosítanánk egy keveset? Ezt nyilván többféleképpen is kivitelezhetjük. Megtehetjük például, hogy az ingát a megszokottól eltérő módon nem egy rúdra, hanem rugóra erősítjük, vagy mondjuk egy másik ingára lógatjuk föl, esetleg magát a felfüggesztési pontot kezdjük el vízszintesen rezegtetni.

Az elrendezés alig változott, a rendszer továbbra is egyszerű maradt. Állapotát ezúttal is kevés változó írja le, a rendszer hosszú távú viselkedését meghatározó attraktorok azonban – lásd például a periodikusan gerjesztett inga esetét – látványosan eltérnek az eddig megszokottaktól (2. ábra). Már

<sup>1</sup> A fázistér most bevezetett fogalma természetesen nem korlátozódik az általunk bemutatott kétdimenziós esetre. Csupán a síkbeli szemléltetés szempontjai miatt ragaszkodtunk ehhez a példához.

ránézésre is világos, hogy e különös alakzat geometriai szerkezete összehasonlíthatatlanul bonyolultabb, mint az 1. ábrán látott attraktoroké. Ez a geometriai bonyolultság pedig, mint tudjuk, az eddigiekhez képest szokatlanul bonyolult dinamikus viselkedés legbiztosabb jele.



2. ábra • Periodikusan gerjesztett inga attraktora a fázis térben

A periodikusan gerjesztett inga tehát egyszerű, kevés változóval jellemezhető rendszer, amely azonban rendkívül bonyolult időbeli dinamikát követ. Miből fakadhat ez a különösség? Azon tulajdonságaiból nyilván nem, amelyekben osztoznak az egyszerű ingával. Márpedig tudjuk, hogy mindkettő egyszerű, kevés változóval és ezek kapcsolatát megragadó, kevés egyenlettel megadható determinisztikus rendszer. Persze ha mindkét esetben kevés változós determinisztikus rendszerekkel van dolgunk, azaz mozgásuk jól definiált matematikai egyenletekkel kapcsolatos, akkor különbségük is csak a matematikában lehet elrejtve.

A hetvenes évek közepének újszerű felismerése, hogy egyszerű egyenleteknek is lehet rendkívül bonyolult megoldásuk, már amennyiben az egyenletek nemlineárisak (lásd például May, 1976). Matematikailag ez azt jelenti, hogy a dinamikus rendszert megragadó mozgásegyenletekben az ismeretlen változók és időbeli változásaik nem csak első hatványon fordulhatnak elő. A matematikai

forma, az egyenletek nemlineáris jellege pedig arra utal, hogy ezekben a rendszerekben a „következmény (a rendszer reakciója) nem áll egyszerű arányosságban a kiváltó okkal”. (Muraközy, 1997) Más szóval ezek a rendszerek nem arányosan reagálnak az őket ért hatásokra. A káosz pedig nem egyéb, mint kevés változós, s ennyiben egyszerű rendszereknek az egyenletek nemlineáris jellegéből fakadó, bonyolult időbeli viselkedése. A gerjesztett inga azért lehetett a káosz első szemléletes példája, mert mozgásegyenletei az egyszerű ingáéval ellentétben nemlineárisak!

### Nemlineáris rendszerek

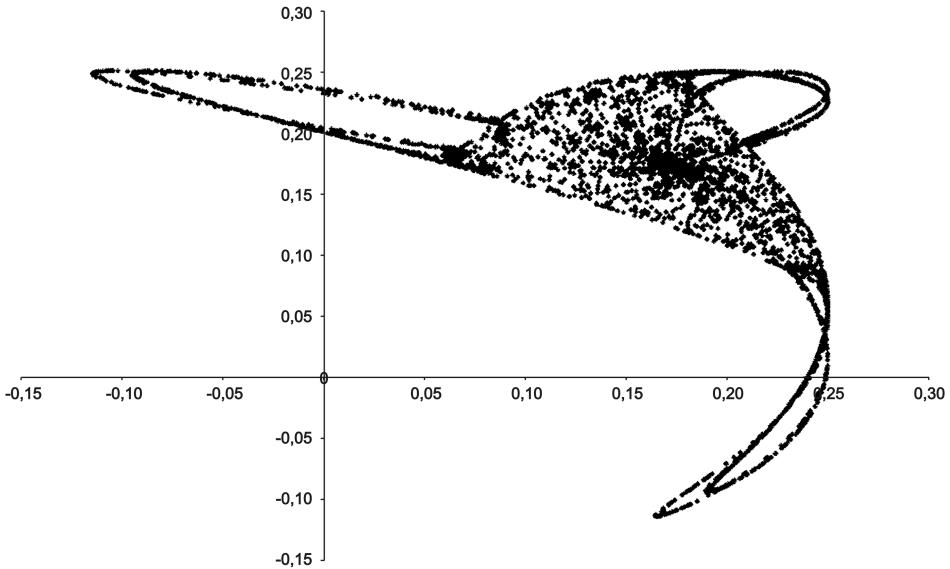
A fentiek alapján a káosz előfordulása utáni nyomozás nyilván egyszerű nemlineáris rendszerek felkutatását igényli. Ilyen egyszerű, egyváltozós nemlineáris rendszer például a mindenki által jól ismert

$$x_{t+1} = ax_t(1-x_t)$$

logisztikus leképezés, amellyel azonban itt nem kívánunk érdemben foglalkozni. Egyrészt, mert amúgy is unos-untalan ezzel szokás példalózni, másrészt, mert másutt ezt már részletesen megtettük. Tanulmányunk közvetlen céljai szempontjából több hasznát vesszük a kétváltozós nemlineáris egyenletrendszereknek, mivel ezek attraktora eddigi példáinkhoz hasonlóan síkban ábrázolható. Elemzésükben tehát a legtöbb információt szolgáltató érzékszervünkre, a szemünkre támaszkodhatunk. Ilyen lehet például az *F. R. Marottótól* (1978) származó

$$\begin{aligned} x_{t+1} &= (1-ax_t-by_t)(ax_t+by_t) \\ y_{t+1} &= x_t \end{aligned}$$

kétváltozós egyenletrendszer, amely egyébként  $b=0$  esetén visszaadja a most éppen leszólt logisztikus elképzelést, és amelynek attraktora különböző  $a$  és  $b$  paraméterek mellett igen változatos, bonyolult formájú struktúrákba rendeződik (3. ábra).



3. ábra • Marotto modelljének attraktora  $a=2,5$   $b = 2,0$

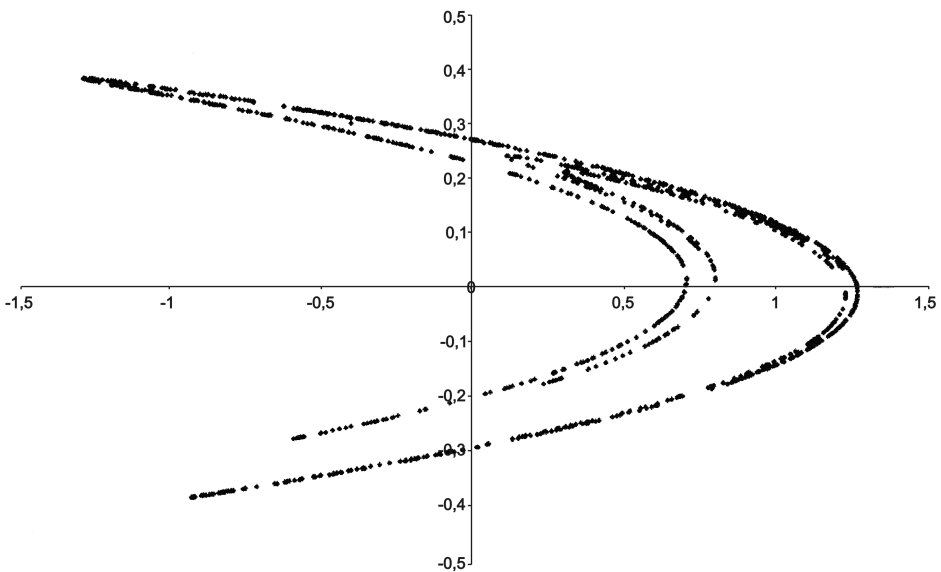
Végül, hogy szemünket végleg hozzá-  
szoktassuk a kaotikus rendszerek *különös*  
*attraktorainak* látványához, tekintsük az

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= 1 + y_t - ax_t^2 \\ y_{t+1} &= bx_t\end{aligned}$$

egyszerű nemlineáris egyenletrendszert,  
amely a káoszelmélet egyik emblemikus  
példáját, a Hénon-attraktort állítja elő (4. ábra)

Jól tudjuk, hogy az attraktorok a dinami-  
kus rendszerek hosszú távú időbeli viselke-

4. ábra • Az Hénon-attraktor



dését határozzák meg. Elég ezért egy gyors pillantást vetnünk a 2-4. ábrákra, hogy megállapíthassuk, az adott esetek mindegyikében rendkívül bonyolult időbeli dinamikával van dolgunk. Ezek a dinamikus rendszerek semmi jelét nem mutatják annak, hogy valamilyen egyensúlyi állapothoz közelítenének, vagy mondjuk valamilyen könnyen felismerhető szabályos időbeli dinamikát követnének. Az attraktorok szerkezete alapján az a benyomásunk támadhat, hogy e dinamikus rendszerek véget nem érően szabálytalan, véletlenszerű, s ennyiben kiismerhetetlen pályákat futnak be. Annyiban persze a kaotikus dinamikus rendszerek viselkedése is előre jelezhető, hogy pályáik előbb-utóbb mindenképpen az attraktoron kötnek ki. Egy ilyen előrejelzés valódi értékét azonban az dönti el, mennyire fontos nekünk az általa szolgáltatott információ. Mint ahogy a „*jön a dagály*”, illetve a „*decemberben hidegebb lesz, mint augusztusban volt*” típusú előrejelzések értékét is eszerint ítéljük meg.

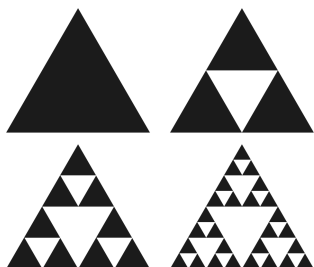
Kaotikus dinamika esetén is biztosak lehetünk tehát abban, hogy a lehetséges pályákat valamilyen attraktor fogja magához vonzani. Adott esetben azonban annak előrejelzése is fontos lehet számunkra, hogy a rendszer az attraktoron belül éppen melyik állapotban található. Erről viszont csak valószínűségi kijelentéseket tehetünk, pontosan sosem tudhatjuk. Az sem segítene ezen, ha egyre pontosabb megfigyeléssel, növekvő nagytámasban próbálnánk meg a rendszer pozícióját az attraktoron belül lokalizálni. A különös attraktorok egymást követő nagytámasokban megjelenő szerkezetek ugyanis, mind finomabb és finomabb formában, de az eredetihez nagyon hasonló struktúrát mutatnak. Az ilyen geometriai alakzatokat *Benoit Mandelbrot* nyomán *fraktáloknak* nevezzük.

### *Káoszjáték*

A kaotikus dinamika tehát fraktálokon történő véletlenszerű mozgást jelent. Ezt a típusú mozgást ezért sajátos kettőség, egyrészt az attraktor szerkezetiségében megnyilvánuló *makroszintű determinizmus*, másrészt a pálya egymást követő lépéseiben tetten érhető *mikroszintű véletlen* jellemzi. Determinizmus és véletlen együttélésének illetően lehetőségét a legvilágosabban talán az alábbiakban bemutatott, úgynevezett *káoszjáték* (Barnsley, 1988) segítségével szemléltethetjük.

Tekintsünk a síkon egy  $A, B, C$  csúcús egyenlő oldalú háromszöget. Válasszunk ki ugyanezen a síkon egy tetszőleges  $P_1$  pontot, majd valamilyen véletlen módon (mondjuk urna alkalmazásával) sorsoljuk ki az  $A, B, C$  pontok valamelyikét. Ha elsöre – mondjuk – a  $B$  pont jött ki, akkor  $P_1$ -ből  $B$  irányába lépünk eggyel tovább, mégpedig éppen  $P_1B$  távolság felével. A továbbiakban az így kapott  $P_2$  ponttal, mint kiindulóponttal ismételjük meg az egész eljárást. Ha a sorsolásnál ezúttal az  $A$  pont kerülne sorra, akkor a  $P_2A$  távolság megfelelésével állítjuk elő a  $P_3$  pontot, majd hasonló módon, a sorsolás állandó közbeiktatásával juthatunk el lépésről lépésre a  $P_4, P_5, P_6$  stb. pontokhoz. Kérdés: milyen pályát fognak leírni a  $P_1, P_2, \dots, P_n \dots$  pontok, ha a fenti eljárást a végtelenségig folytatjuk?

Az nyilvánvaló, hogy mivel a lépések mindenkori irányát a sorsolásra bíztuk, véletlenszerű pályát fogunk befutni. Annál meglepőbb, hogy az egymást követő  $P_1, P_2, \dots, P_n \dots$  pontok végül is egy igen karakteres és ismert fraktálstruktúra, az úgynevezett Sierpinski-háromszög sziluettjét rajzolják ki (5. ábra). Az általunk követett pálya tehát előbb-utóbb biztos, hogy ráhúzódik a Sierpinski-háromszögre, az viszont a véletlenszerűen múlik, hogy e háromszögon belül éppen hol fogunk tartózkodni.



5. ábra • Káoszjáték

*Ugyan...*

Káoszjáték? Sierpinski-háromszög, fraktálok vagy különös attraktorok?... Mi köze mindennek a társadalomtudományokhoz?! Ugyan melyik társadalomtudós szokott azon morfondírozni, hogy az általa vizsgált jelenségeket megadó kevés változós egyenletrendszer vajon nemlineáris-e? Ennek nyilván elemi feltétele, hogy legyenek egyáltalán elemzésre érdemes matematikai modelljei. A történésznek? Az antropológusnak, netán a politológusnak?

Nem véletlen, hogy a káoszelmélet eredményeinek felhasználásában, a társadalomtudományok közül eddig egyedül a matematikai gondolkodásmódot és a matematika alkalmazását több mint egy évszázada meghonosító közgazdaságtan mutathat fel igazi eredményeket. A gazdasági szereplők valamiféle racionalitásának feltételezése valamint a pénzben történő mérés lehetősége miatt a közgazdászoknak a matematikai modellek alkotása terén összehasonlíthatatlanul könnyebb dolguk volt, mint társadalomtudós kollégáiknak. A közgazdaságtan esetében ezért döntően már korábban is létezett és elemzett matematikai modellek vagy csekély mértékben korrigált, javított változataik kaotikus dinamikájának felismeréséről, s nem e modellek semmiből történő megalakításáról van szó.

Tán még a demográfia, a humánökológia vagy a szociológia és a szociálpszichológia egyes igen specializált részterületein

tudnánk elképzelni hasonló modelleket. De a fősodor nyilván itt sem ebbe az irányba megy, s akkor még nem is beszéltünk a történettudomány, a kulturális antropológia vagy mondjuk a politológia legkülönfélébb változatairól.

Matematikai modellek? Na hiszen!...

*Idősorok*

Talán ha fordítanánk egyet a dolgon! Mi lenne, ha nem kész modellek alapján próbálnánk az esetleg kaotikus időbeli dinamikát rekonstruálni, hanem megfordítva: az időbeli dinamika ismeretében kísérelnénk meg eldönteni, hogy kaotikus rendszerrel van-e dolgunk. Persze ez az igény még mindig túlságosan ambiciózusnak tűnik. Társadalmi folyamatok esetében az időbeli dinamika teljes ismeretét többnyire nem garantálhatjuk. Inkább számíthatunk arra, hogy meghatározott időközönként elvégzett mérések eredményei, tehát lényegében egy idősor adatai álljanak rendelkezésünkre. Viszonylag hosszú idősorok ugyanis szinte valamennyi társadalomtudományban előfordulhatnak. Itt vannak például a születési és a halálozási ráták, az öngyilkosok számának alakulása, a könyvtári állomány növekedése, a GDP vagy a kamatlábak több mint százéves idősorai, a közvélemény-kutatási vagy különféle piackutatási eredmények, hogy csak néhány példát említsünk, s a sor még nyilván hosszan folytatható.

A nyilvánvalóan egyszerű, szabályszerű mozgást mutató idősorok persze nem érdekelnek bennünket. A GDP alakulása például számos országban nagyon egyértelmű tendenciát követ, a néhány évenként megfigyelhető erőteljes ingadozások ellenére a csecsemőhalandóság is stabil tendenciát mutat, a születési ráták esetében pedig az évről évre tapasztalható szezonális képviseli a szabályszerű mozgást. Ezen idősoroknak is lehet azonban olyan véletlenszerűen viselkedő része, amelyben nem könnyű valami-

féle szabályszerűséget felismerni. Megállapításaink érvényességi körét tekintve nem jelent tehát érdemi korlátozást, ha a továbbiakban feltesszük, hogy van valahonnan, valamilyen véletlenszerű idősorunk.

Az eddigi felvezető jellegű fejtegetések után végre eljutottunk a jelen tanulmány legfőbb problémájához. Kérdésünk, amelyre választ remélünk a következő: ha van egy minden szabályszerűséget nélkülöző, láthatóan *véletlenszerű* mozgást mutató *idősorunk*, vajon miként dönthetjük el, hogy kevés változós *kaotikus*, azaz nemlineáris *determinisztikus* rendszerből származik-e?

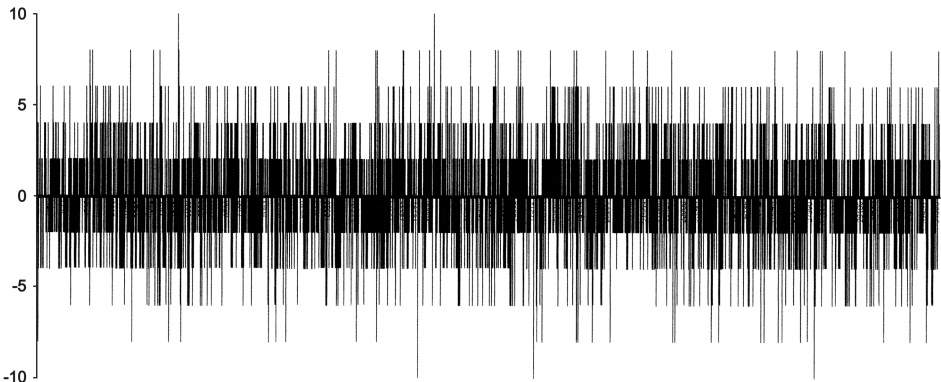
### *Véletlen bolyongás*

A fenti bekezdésben a „véletlenszerű idősor” fogalmát nyilvánvalóan a hétköznapi értelemben vett „szabálytalan” szinonimájaként használtuk. Csakhogy ami kérdés formájában még megteszi, az a válaszhoz már korántsem elegendő. Nyilvánvaló, hogy a véletlen fogalmát a továbbiakban mindenképpen pontosítani kell. A véletlent ugyanis tanulmányunkban eddig egyedül a káoszjátékban alkalmazott sorshúzás képviselte. És még ebben az esetben sem beszélhetünk a véletlen mindenféle korlátozás nélküli érvényesüléséről, hiszen a  $P_1, P_2, \dots, P_n, \dots$  pontok által befutott pálya lehetséges mozgási irányait az előre rögzített  $A, B, C$  pontokhoz igazítottuk. Mi lenne, ha ezt a szabályszerűséget is kiiktatnánk, és a haladási irányokat teljesen szabadon sorsolnánk ki? Hogy ez miként lehetséges, még nem tudhatjuk, de vélelmezhető hogy ebben az esetben olyan jellegű szabálytalan mozgást kaphatunk, amilyent például a levegőben lebegő füst-részecske pályája ír le.

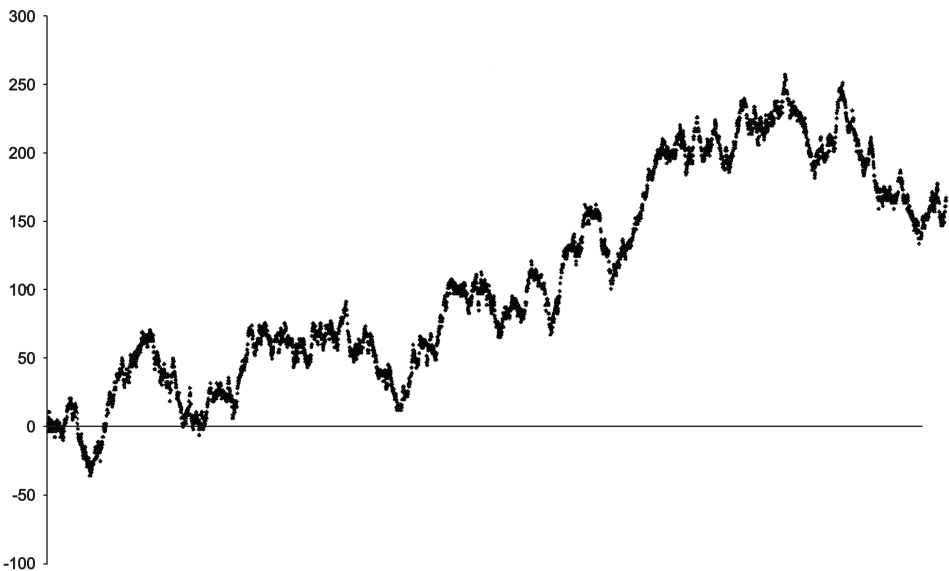
Az ilyen jellegű szabálytalan mozgást szokás Brown-mozgásnak nevezni. Az elnevezés Robert Brown angol botanikusnak állít emléket, aki 1827-ben elsőként figyelte meg a vízben lebegő növényi spórák szabálytalan

mozgását. Ezt követően még csaknem száz évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy kiderüljön, adott esetben nem apró élőlények mozgásával, tehát nem biológiai, hanem fizikai jelenséggel van dolgunk. A *nyugvó folyadékban lebegő részecskék* mozgásának ugyanis csak 1905-ben adta meg Albert Einstein a *hő molekuláris elméletéből következő* magyarázatát. Úgy gondolta, hogy a spórák, a füst-részecskék és egyéb mikroszkopikus nagyságú részecskék mozgását a náluknál sokszorta kisebb víz- vagy levegőmolekulákkal – másodpercenként talán milliószor is – bekövetkező ütközések okozzák. Mivel nincs okunk azt feltételezni, hogy az ütközések száma bármely irányból tartósan meghaladná az egyéb irányból érkező ütközések számát, arra számíthatunk, hogy a részecskéket a különböző irányokból *átlagosan* azonos nagyságú impulzusok érik. Ugyanennyire biztosra vehető azonban, hogy a különböző irányokból érkező ütközések *ténylegesszáma* eltér egymástól. Az eltérő ütközésszám miatt a kérdéses részecske véletlenszerű irányban és véletlenszerű mértékben fog elmozdulni.

A Brown-mozgás esetében tehát a nagyon nagy számú és valószínűsíthetően egymástól függetlenül bekövetkező ütközés tekinthető a véletlen forrásának. Ne feledjük azonban, hogy a Brown-mozgáshoz a káoszjáték módosításának szándékával jutottunk el. Az volt az elképzelésünk, hogy valamely részecske által befutott pálya irányát lépésről lépésre véletlenszerűen sorsoljuk ki. E véletlenszerű mozgás szimulációja különösen egyszerűvé válik, ha a kérdéses részecske mozgását egy dimenzióra, azaz valamely egyenes mentén történő oda-vissza lépésekre korlátozzuk. Ezt az úgynevezett *egydimenziós bolyongást* a legkönnyebben úgy állíthatjuk elő, ha az egymást követő lépések irányát érmedobással sorsoljuk ki. Ha a fej oldal kerül felülre, akkor, mondjuk eggyel fölfelé, ha az írás, akkor eggyel lefelé lépünk.



6. ábra • Egydimenziós bolyongás, egymást követő lépések



7. ábra • Egydimenziós bolyongás, a részecske pozíciója

A Brown-mozgásra még inkább jellemző változó lépéshossz szimulációjára is mód nyílik, ha nem egy, hanem egyszerre mondjuk tíz érmevel dobunk, és az érme két oldalának különbsége adja meg a mindenkor lépés nagyságát és irányát. Ezeknek az egymás utáni lépéseknek egy szimulációját mutatjuk be a 6. ábrán, míg a részecske mindenkor pozícióját a 7. ábrán közöljük.

Ha a vizsgált időtartam, illetve a részecske által befutott teljes távolság rendre jóval nagyobb, mint az egymást követő lépések közt

eltelt idő, illetve mint az egyes lépésközök, akkor a fenti véletlen bolyongás jó közelítése lesz a Brown-mozgásnak. A kettőt ezért a továbbiakban akár egymás szinonimájaként is kezelhetjük.

A fentiek ismeretében azt is megtehetjük, hogy a Brown-mozgás szimulációját közvetlenül a káoszjátékban alkalmazott sorshúzásra alapozzuk. Jól ismert, hogy érmedobás során a fej-, illetve írásdobások száma – ha nagyon sok kísérletet végzünk – megközelítően normális eloszlást követ. Megte-

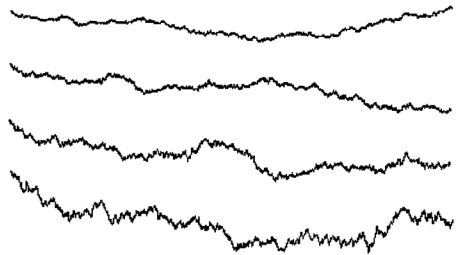
hetjük ezért, hogy a lépéshosszt normális eloszlású valószínűségi változókból választjuk. Képzeljünk el például egy 52 lapból álló kártyapaklit, amelynek lapjaira a  $-1, +1, -3, +3, -5, +5, -7, +7$  számokat írjuk fel, rendre 13-13, 8-8, 4-4, 1-1, gyakorisággal. Könnyen ellenőrizhető, hogy a különböző számmal ellátott kártyák gyakorisága haranggörbét formál, tehát normális eloszlást követ. Ha a továbbiakban ebből a pakliból véletlen húzással sorsoljuk ki az egyes lépéseket, akkor szintén Brown-mozgáshoz jutunk.

### Skálázás és önhasonlóság

A fentiekből világosan látható, hogy a bolyongási folyamat egymástól független és azonos eloszlású véletlen változók – az ilyen folyamatot szokás *fehér zajnak* nevezni – jelen esetben az egymást követő lépések *kumulált összegeként* áll elő. Ebből következően a részecske az idő múlásával fokozatosan egyre inkább eltávolodik kiinduló pozíciójától. Ez a diffúzió azonban természetesen lassúbb, mintha mindig ugyanabba az irányba lépnénk. Ha valaki  $t$  lépést tesz meg egy bizonyos irányba, és a lépések hossza  $l$ , akkor nyilvánvalóan  $tl$  távolságra juthat a kiindulási ponttól. A távolodás tehát ebben az esetben a lépések  $t$  számával, vagyis az idő múlásával arányos. Ha viszont a részecske folytonosan változtatja mozgásának irányát, akkor nyilván nem juthat el ilyen messzire, a terjedés lassúbb lesz. A bolyongási folyamat egyik legfontosabb jellemzője, hogy a kiindulóponttól mért átlagos távolság az idő négyzetgyökével,  $t^{1/2}$ -vel arányos.

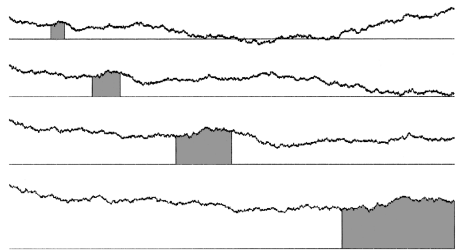
A Brown-mozgásnak ezt a tulajdonságát legkönnyebben a folyamat időbeli lefutását ábrázoló diagram skálázási tulajdonságaival szemléltethetjük. Ennek érdekében a 8. ábrán mindkét tengelyen egymás után többször is megdupláztuk az alkalmazott léptéket. A görbe jellege szemmel láthatóan szisztematikusan megváltozott, egyre szabálytalanabbá vált. Világos, mindez annak követ-

kezménye, hogy a skála megváltoztatása a függőleges tengelyen túlságosan sok volt a vízszintesen tengelyen alkalmazott lépték-változáshoz képest.



8. ábra • A véletlen bolyongás grafikonjának változása azonos skálázás mellett

Ha meg akarjuk őrizni a görbe jellegét, akkor a függőleges tengelyen az eddigi kétszereshez képest valamivel kisebb léptékváltást kell alkalmaznunk. A 9. ábráról jól látható, hogy amennyiben a vízszintes időtengelyen továbbra is megduplázzuk a léptéket, a részecske diffúzióját jelző függőleges tengelyen pedig  $\sqrt{2}=2^{1/2}$ -szeresére növeljük a léptéket, akkor a diagram kinézete nem változik meg, statisztikai tulajdonságai ennyiben tehát változatlanul maradnak.



9. ábra • A véletlen bolyongás időgrafikonjának önaffin jellege

A véletlen bolyongás grafikonjának most feltárt tulajdonsága a fraktalokat jellemző önhasonlóság általánosításának tekinthető. Ebben az esetben az önhasonlóság jellegét ga-

rantáló skálázás léptéke az egyes tengelyek irányában eltérő lehet. Az ilyen alakzatokat *önaffin* alakzatoknak nevezzük. A fraktál dimenzió különböző változatai közül azonban néhány, például az úgynevezett dobozszámláló (box-counting) dimenzió ekkor is alkalmazható.

Valamely szabálytalan síkbeli alakzat dobozszámláló dimenziójának meghatározásához mindenekeelőtt egy rácsot kell az alakzatra helyezzünk. Számoljuk meg ezek után, hogy a rács hány cellája szükséges az alakzat lefedéséhez, más szóval nézzük meg, hogy szabálytalan síkbeli alakzatunk a rács hány cellájába képes eljutni! Nyilván minél többbe, annál síkszerűbb alakzattal van dolgunk, a lefedések száma tehát valamiféle dimenzió-fogalommal áll kapcsolatban. Finomítsuk a felosztást, használjunk, mondjuk, fele akkora méretű cellákból álló rácsot. Mi történik az alakzat lefedéséhez szükséges cellák számával? Nyilván nő, csak az a kérdés, mennyivel. Úgy véljük, hogy ha egyszerű vonallal lenne dolgunk, akkor fele akkorából kétszer annyi, míg ha egy szokásos síkidomot vizsgálunk, akkor négyszer annyi cella kellene a lefedéshez. Általában, ha valamely alakzat esetében a lefedéséhez szükséges cellák  $N$  száma, valamint az alkalmazott  $r$  cellaméret között egy

$$N = r^{-D_B}$$

alakú kifejezéshez jutunk, akkor a kitevőben szereplő  $D_B$  a kérdéses alakzat dobozszámláló dimenzióját szolgáltatja, amelyre nyilván fennáll a

$$D_B = \frac{\log N}{\log \frac{1}{r}}$$

összefüggés. Belátható, hogy a Brown-mozgás diagramjának dobozszámláló dimenziójára

$$D_B = 2 - \frac{1}{2} = 1,5$$

adódik, ahol a kivonásban szereplő  $1/2$  éppen a  $t^{1/2}$ -vel arányos diffúzió kitevőjéből adódik.

### *R/S – analízis*

A Brown-mozgás, illetve a véletlen bolyongás bevezetésével meghatározott módon specifikáltuk a „*véletlenszerű*” folyamat korábban meglehetősen körvonalazatlanul használt fogalmát, a legutóbb feltárt „*négyzetgyökös*” terjedési szabállyal pedig konkrét kvantitatív kritériumot is szolgáltatunk e folyamat jellemzéséhez. Ezek után már empirikus kérdés, hogy bizonyos természeti vagy társadalmi folyamatokkal kapcsolatos idősorok a véletlenszerű folyamatoknak a Brown-mozgással reprezentálható kategóriájába tartoznak-e vagy sem. E kérdéskör vizsgálatában *H. E. Hurst* angol vízmérnök példáját követjük, aki völgyzáró gátak tervezőjeként egy életet töltött el a Nílus vízjárásának elemzésével.

Elvben nem zárható ki, hogy a Nílus mindenkori vízállása nagyszámú, egymástól független hatás eredőjeként áll elő. Ennyiben tehát akár véletlen bolyongásként is viselkedhetne. A kérdés persze a Nílus esetében nem annyira elvi, mint inkább empirikus probléma. Hurst kidolgozott egy olyan eljárást, amelynek segítségével a vízállási adatok ismeretében eldönthetővé vált, hogy a Nílus vízállása milyen típusú véletlen folyamatnak tekinthető.

Képzeljünk el egy tavat, amely időről időre kiönt. Nyilván víztározót kellene építenünk a katasztrófa elhárítására. Mekkora legyen a víztározó, hogy a szélsőséges vízjárásnak is megfeleljen? Jelölje  $\xi_t$  a víztárolóba évről évre beérkező vízmennyiséget, és tegyük fel, hogy a vízszint szabályozása céljából évről évre a víztárolóból meghatározott fix vízmennyiséget engednek le. Vizsgáljunk egy meghatározott, mondjuk  $T$  éves időszakot. Ekkor

$$\bar{\xi}_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \xi_t$$

jelöli az adott időszakban évente átlagosan a tárolóba érkező mennyiséget. Célszerűnek

tűnik, hogy évente magunk is éppen ennyit eresszünk le a víztárolóból. Ebben az esetben az

$$X(t, T) = \sum_{u=1}^T \{ \xi_u - \bar{\xi}_T \}$$

idősor, azaz a  $\xi_t$  változónak a saját átlagától való kumulált eltérése a víztárolóban lévő mindenkori mennyiséget jelöli. tekintsük ezen idősor legnagyobb és legkisebb értékének

$$R_T = \max_{1 \leq t \leq T} X(t, T) - \min_{1 \leq t \leq T} X(t, T)$$

eltérését, az idősor úgynevezett terjedelmét. Nyilvánvaló, hogy az itt is érvényesülő diffúzió miatt a vizsgált időszak növelésével az  $X(t, T)$  kumulált értékek lassan „szétmáznak”. Az idő függvényében nő az  $R_T$  terjedelem. Kérdés, hogy miként. Még érdekesebb, ha nem is  $R_T$ , hanem helyette az

$$S_T = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \{ \xi_i - \bar{\xi}_T \}^2}$$

szórással standardizált, dimenzió nélküli  $R_T/S_T$  hányados alakját vizsgáljuk az idő függvényében. Ebben az esetben ugyanis a legkülönfélébb természeti és társadalmi folyamatok összehasonlítására is mód nyílik. A véletlen bolyongásról megállapított négyzetgyökös szabály ismeretében nem meglepő, hogy Brown-mozgás esetén ez a függés az idő négyzetgyökével arányos, tehát

$$R_T/S_T \approx T^{1/2}$$

alakú lesz. A továbbiakban ezért valamilyen ismeretlen tulajdonságú véletlen folyamat esetében célszerű

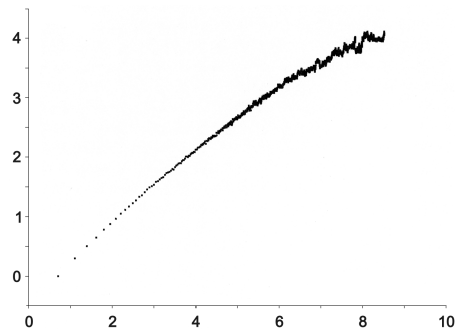
$$R_T/S_T = T^H$$

alakú összefüggésre számítanunk. Az empirikus vizsgálatok számára ez a  $H$ , amelyet érthető okokból Hurst-exponensnek nevezünk, sokkal könnyebben előállítható, ha a fenti formula helyett annak

$$\ln(R_T/S_T) = H \ln T$$

alakú logaritmikus változatával számolunk. Eszerint ugyanis elég, ha a különböző  $T$  időtartamokhoz tartozó  $R_T/S_T$  értékeket az idő függvényében mindkét tengelyén logaritmikus beosztású koordináta-rendszerben ábrázoljuk. A Hurst-exponenst az így kapott diagram meredeksége szolgáltatja.

A módszert a véletlen bolyongás klasszikus példájának segítségével tesztelhetjük. Számítógépen szimulálva a tíz értével történő dobásokat, ötezer „dobást” végeztünk el. Az így előállított bolyongást a 7. ábrán egyszer már bemutattuk. A kapott idősorra elvégzett  $R/S$  analízis  $R=0,0994$  illeszkedés mellett az elméleti értékhez nagyon közeli  $H=0,512$  exponenst szolgáltatott (10. ábra).



10. ábra • Véletlen bolyongás  $R/S$  analízise

### Hatékony piacok?

Az egyes részvényárfolyamok, illetve a tőzsdeindexek alakulása mindennapjaink részévé, az időbeli lefutásukat ábrázoló grafikonok látványa pedig leghétköznapibb vizuális élményünké vált. Már ránézésre is világos, hogy a tőzsdeindexek véletlenszerű mozgást végeznek, velük kapcsolatban is felvethető tehát tanulmányunk alapvető kérdése, nevezetesen az, hogy vajon kaotikus determinisztikus rendszerből származnak-e. Ezt megelőzően azonban érdemes megvizsgálnunk, hogy a tőzsdeindexek esetében pontosan milyen típusú véletlennel, például véletlen bolyongással van-e dolgunk.

A hatékony piac hipotézise szerint a pénzügyi piacokon minden nyilvános információ azonnal asszimilálódik. Mivel az érvényes árak már minden nyilvánosságra került információra reflektáltak, a jövőbeni árváltozásokat már csak a befutó új információk befolyásolhatják. Ennek következtében az árak tehát csak akkor változnak, ha új információ érkezik. A mai árváltozásokat csak a ma befutott váratlan események okozhatták. A tegnapi hírek ma már nem fontosak. A pénzügyi piacok fontos jellemzője tehát, hogy a mai hozamok függetlenek a tegnapiaktól. A hatékony piac hipotézisének valamennyi változata feltételezi, hogy ha már egyszer az információ általánosan ismertté vált, akkor a múlt nem befolyásolja a mindenkori piaci aktivitást. A függetlenség e feltételezésének nem egyedüli, de egyik lehetséges következménye, hogy a hozamok véletlen bolyongást követnek.

A befektetők reakciói szempontjából a hatékony piac hipotézise azt jelenti, hogy a pénzügyi piacok résztvevői nem kumulatív módon, hanem azonnal, tehát lényegében arányosan reagálnak a beérkező információkra. A pénzügyi piacok ezért lineáris rendszereknek tekinthetők. Mindez persze döntően empirikus kérdés. Az alábbiakban ezért az ezekkel kapcsolatos első eredményeinket mutatjuk be.

Jelölje  $P_t$  az adott időpontbeli részvényárfolyamokat. Az elemzést döntően az

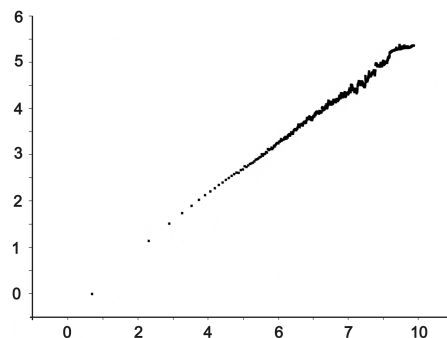
$$\eta_t = \log \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

logaritmikus hozamokra támaszkodva végeztük el, bár az

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

növekmények segítségével minden esetben ellenőrző számításokat is végeztünk. A Dow Jones ipari index esetében például az 1928. október és 2000. február közti idő-

szakra, gazdaságstatisztikus szemmel nézve óriási mennyiségű, 18 972 adat állt rendelkezésünkre. Elemzésünket az index napi *nyitó* és *záró* értékeire, valamint *maximumaira* és *minimumaira* egyaránt elvégezhetjük. Minden eredményünket nem áll módunkban részletesen bemutatni, illusztrációként a Dow Jones-index napi záró árfolyamai *R/S* analízisének eredményét mutatjuk be (11. ábra).



11. ábra • A Dow Jones-index napi záró árfolyamainak *R/S* analízise

Megjegyezzük, hogy a Hurst-exponens meghatározása érdekében a fentiekhez hasonló diagramokra regressziós egyenest illesztettünk. A szokásos eljárás mellett egyfajta súlyozott illesztést is kipróbáltunk. Mivel ez megbízhatóbbnak bizonyult, e tanulmányban mindenütt ennek eredményeit közöljük. Az 1. táblázatban összefoglaltunk néhányat a Dow Jones-indexre vonatkozó legfőbb eredményeink közül.

Általában elmondhatjuk, hogy csekély egyedi eltérésekkel a Hurst-exponensre 0,51 és 0,58 közötti értékeket kaptunk. Vizsgálódásunk jelenlegi, kezdeti szakaszában ezért a Dow Jones napi árfolyamai elég jó közelítéssel véletlen bolyongásnak tekinthetők. Hasonló, a véletlen bolyongást jól közelítő eredmény adódott a világ számos nagy tőzsdéje, valamint jelentős indexe: a hongkongi tőzsde, a Dax, a Nikkei, a Nasdaq és az S&P, valamint számos jelentős részvény,

Árfolyamok	Logaritmikus hozamok		Növekedési ütemek		Növekmények	
	$p^*$		$\eta_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$		$kt = P_t - P_{t-1}$	
	H	$R^2$	H	$R^2$	H	$R^2$
Nyitó	0,540	0,975	0,557	0,996	0,589	0,996
Maximum	0,504	0,992	0,549	0,98	0,602	0,996
Minimum	0,515	0,998	0,537	0,978	0,588	0,998
Záró	0,604	0,998	0,537	0,978	0,588	0,998

1. táblázat • Az R/S analízis eredményei a Dow Jones-index esetében

Árfolyamok	DAX		Logaritmikus hozamok Nikkei		S&P	
	H	$R^2$	H	$R^2$	H	$R^2$
	Nyitó	0,556	0,997	0,546	0,995	0,529
Maximum	0,556	0,997	0,562	0,996	0,529	0,994
Minimum	0,536	0,996	0,529	0,993	0,521	0,994
Záró	0,535	0,996	0,534	0,994	0,527	0,994

2. táblázat • Az R/S analízis eredményei néhány tőzsdeindex esetében

például az American Express, az IBM, a General Electric vagy a Coca Cola stb. esetében is. Az itt bemutatónál jóval több számítást végeztünk, a 2. és 3. táblázatban csak izelítőt tudunk adni eredményeinkből.

Napi záró árfolyamok	Logaritmikus hozamok	
IBM	0,567	0,999
General Electric	0,528	0,979
Hewlett-Packard	0,535	0,998
General Motors	0,458	0,979
Coca Cola	0,501	0,995
Walt Disney	0,5	0,99

3. táblázat • Az R/S analízis eredményei néhány ismert részvény esetében

Természetesen nem kerülheti el figyelmünket, hogy bár többnyire 0,5-höz közeli értékeket kaptunk, túlnyomórészt 0,5-nél valamivel nagyobb Hurst-exponens adódott. E kérdések azonban további kutatást igényelnének és meghaladják e tanulmány kereteit. Annyit azért e pillanatban is kijelenthetünk, hogy a vizsgált esetekben eredményeink

semmiképpen sem cáfolják, inkább megerősítik a hatékony piac hipotézisét.

### Hosszú távú memória

Az eredmények tükrében különösen figyelemreméltó, hogy a természet sokszor akkor sem a fent modellezett eljárás szerint viselkedik, amikor logikai megfontolások alapján erre számítanánk. Hurst a folyók áradásától kezdve az esőzések vagy a fák évgyűrűinek vizsgálatán keresztül egészen a tavak vízállásának elemzéséig számos természeti jelenséget tett ki alapos vizsgálatnak. Szinte kivétel nélkül 0,5-től szignifikánsan eltérő, mégpedig tipikusan  $H \approx 0,7$  értéket kapott

Maga Hurst annak idején számítógép híján rendkívül szellemes simulációs eljárást alkalmazott a fenti jelenség megértésére. Tekintsük ugyanazt az ötvenkét lapból álló kártyapaklit, amelyet a Brown-mozgás simulációjára használtunk! Emlékeztetek arra, hogy az egyes kártyalapokra 13-13, 8-8, 4-4, illetve 1-1 gyakoriságokkal, rendre a -1, +1, -3, +3, -5, +5, -7, +7 számokat írtuk fel.

Alapos keverés után húzzunk ki egy kártyát! Legyen ez a példa kedvéért a +3-as. Jegyezzük meg ezt a számot, majd visszatérve a kártyát keverjük meg ismét a paklit! Ezután osszuk két egyenlő részre a paklit, majd emlékezve arra, hogy a kihúzott szám éppen +3-as volt, a három legnagyobb pozitív számot az egyik részpakliból helyezzük át a másikba, ahonnan ezzel egyidejűleg eltávolítjuk a három legnagyobb abszolút értékű negatív számot. Ezzel egy olyan, huszonhat kártyából álló paklihoz jutottunk, amelynek eloszlása éppen egy véletlen húzás eredményeként és mértékében vált aszimmetrikussá. Tegyük ebbe a pakliba a jokert is, majd ebből kezdjük egy bolyongás lépéseit kisorsolni. A sorsolás egészen addig tart, amíg a jokert ki nem húzzuk. Ekkor a jokert eltávolítva és a két részpaklit újraegyesítve az eljárást előlről kezdjük.

Nagyon figyelemreméltó, hogy ezzel az eljárással olyan idősort állíthatunk elő, amelynek Hurst-exponensére  $H=0,7$  adódik. Tehát jelentősen meghaladja a véletlen bolyongásnál megfigyelt értéket. A szimulációs eljárás ismerete azonban most már azt is lehetővé teszi, hogy értelmezzük a Hurst-exponens jelentését. Az világos, hogy  $H=0,5$  azt jelenti, hogy az idősort azonos eloszlású és független valószínűségi változók segítségével állítottuk elő. A véletlen bolyongás során az egyes lépések függetlenek egymástól. A legegyszerűbb változatban például a korábbi lépésektől teljesen függetlenül mindig 50-50 % annak valószínűsége, hogy előre vagy visszafelé lépünk.

Más a helyzet azonban, ha a Hurst-exponensre  $H=0,5$  teljesül. Minden egyes húzás a fél pakliból továbbra is független egymástól. Az egyik húzás nem befolyásolja a másikat. A rendszerben azonban mégis létezik egyfajta *hosszú távú memória*. Maga a részpakli az, amely magán viseli létrehozásának körülményeit. Azt mondhatjuk, hogy a rendszer ebben a sajátos értelemben „emlékszik”

a múltjára.  $H>0,5$  esetén tehát olyan úgynevezett *trendtartó idősorral* van dolgunk, amelyben növekedést 0,5-nél nagyobb valószínűséggel szintén növekedés követ, csökkenést pedig csökkenés. Mindez persze addig tart, amíg a joker elő nem kerül. Ez is természetesen a véletlennek van kitéve, tudjuk azonban, hogy átlagosan huszonhét húzást kell kivárnunk, hogy ez bekövetkezzék. Az újrakeverés új helyzetet teremt, de csak annyiban, hogy a sorsolás alapjául szolgáló részpakli aszimmetriájának mértéke, esetleg iránya megváltozik, de az aszimmetria maga megmarad.

Könnyű belátni:  $H<0,5$  a fentieknek éppen a fordítottját képviselné. Itt egy felfelé irányuló lépés után 0,5-nél nagyobb valószínűséggel számíthatunk arra, hogy csökkenés fog bekövetkezni, és megfordítva.

#### *Nemlinearitás a Budapesti Értéktőzsdén*

Ugyan miért érdekes, hogy a Nílus vízállása a Hurst-exponens szempontjából ilyen különösen viselkedik, ha épp az imént állapítottuk meg, hogy a legtöbb tőzsdeindex időbeli dinamikája a véletlen bolyongáshoz hasonló? Lehet, hogy meglepő, mégis igaz, hogy a Budapesti Értéktőzsde indexének, a BUX-nak viselkedése – az általunk elemzett 1991. január 2. és 2000. május 18. közti időszakban – inkább a Nílus vízállásának, semmint a világ nagy tőzsdéinek viselkedésére emlékeztet. Tipikusnak tekinthető a napi záróárfolyamok esete, amelyekre az *R/S* analízis eredményeként 2350 megfigyelésszámra  $R=0,987$  lineáris korrelációs együttható mellett  $H=0,7$  Hurst-exponens adódott (12. ábra).<sup>4</sup>

A 4. táblázatból pedig az is kiderül, hogy minden általunk alkalmazott mutató esetében lényegében ugyanilyen eredményt kapunk.

<sup>4</sup> Az ábra és a táblázat eredményeinek csekély eltérése abból adódik, hogy a 12. ábrán a súlyozás nélküli, míg a 4. táblázatban a súlyozott illesztés eredményeit mutattuk be.

Árfolyamok 1991.01.012 - 2000.05.18	Logaritmikus hozamok		Növekedési ütemek		Növekmények	
	$n_t = \log \frac{P_t}{P_{t-1}}$		$n_t = \log \frac{P_t}{P_{t-1}}$		$kt = P_t - P_{t-1}$	
	H	$R^2$	H	$R^2$	H	$R^2$
Záró	0,6686	0,999	0,68	0,998	0,68	0,999

4. táblázat • Az R/S analízis eredményei a Dow Jones-index esetében

A BÉT persze nyilvánvalóan nagyon fiatal tőzsde. A BUX-index alakulása alapján azonban már eddigi történetében is a stagnálás, gyors növekedés, illetve hektikus viselkedés különböző szakaszait különíthetjük el. Eredményeink érvényességének ellenőrzése érdekében még egy ilyen kezdetleges szakaszolási kritériumot alkalmazva is érdemesnek tűnt a különböző időszakokra külön-külön is meghatározni a Hurst-exponenst.

Az 5. táblázatból felsejlik néhány érdekes eredmény. Figyelemreméltó, hogy az utolsó időszakban a Hurst-exponens értéke a korábbiakhoz képest feltűnően csökkent. Ennek értelmezése azonban további elemzést igényelne. Ráadásul még erre az időszakra is igaz marad, hogy a BUX-index Hurst-exponense továbbra is igen magas. A BÉT tehát minden korábban elemzett nagy tőzsdétől eltér abban, hogy a 0,5-től nyilvánvalóan szignifikánsan eltérő Hurst-exponenst szolgáltat.

A BUX-index időbeli alakulása tehát véletlenszerű, de nem Brown-mozgás. A diffü-

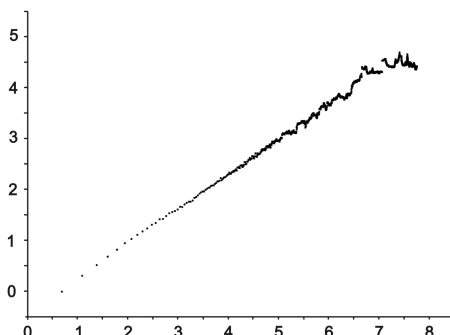
zióra véletlen bolyongás esetében érvényes  $T^{0.5}$  „négyzetgyökös” szabály helyett ezúttal  $T^H = T^{0.7}$  összefüggés érvényesül. Az ilyen idősorokat Benoit Mandelbrot nyomán *fraktál Brown-mozgásnak* nevezhetjük. Ezek diagramjai vizuálisan is utalnak e véletlen folyamatok *trendtartó* jellegére – simábbak, mint a Brown-mozgás diagramja, s annál simábbak, minél nagyobb a Hurst-exponens mértéke, amit megerősít az is, hogy a diagram dobozszámláló dimenziója ezúttal a Brown-mozgásnál kapott  $D_B = 2 - 1/2$  helyett általában  $D_B = 2 - H$ , míg a BUX-nál konkrétan  $D_B = 2 - 0,7 = 1,3$  összefüggés érvényesül.

Záró árfolyamok	Logaritmikus hozamok	
	$n_t = \log \frac{P_t}{P_{t-1}}$	
	H	$R^2$

1999.01.02 - 1994.02.02	0,673	0,996
1994.02.02 - 1995.12.29	0,703	0,998
1995.12.29 - 1997.08.06	0,688	0,997
1997.08.06 - 2000.05.18	0,613	0,993

5. táblázat • Az R/S analízis eredményei a BUX-index esetében, különböző időszakokra

A befektetői reakciók szempontjából eredményünk azt jelenti, hogy a BÉT-n a reakció nem azonnali. A befektető inkább kívár, és mindaddig figyelmen kívül hagyja a beérkező információkat, amíg nem rajzolódik ki valamilyen világos trend. A befektetők tehát kumulatív módon reagálnak az őket ért ha-



12. ábra • A BUX-index napi záró árfolyamainak R/S analízise

tásokra. Márpedig tanulmányunk elején említettük, hogy ha a „következmény (a rendszer reakciója) nem áll egyszerű arányosságban a kiváltó okkal”, az a nemlineáris rendszerek megkülönböztető jegye. Ebben az értelemben tehát, a BUX-index idősorának R/S analízise alapján, a BÉT-n nemlineáris viselkedést detektáltunk.

Napi árfolyamokról<sup>5</sup> lévén szó, gondot okozhat, hogy eddig nem szűrtük ki az autokorreláció lehetséges hatását. Az exponenciális trendtől, valamint az elsőrendű autoregressziótól megtisztított idősorral elvégzett elemzés azonban pontosan ugyanazokat az eredményeket szolgáltatta, mint korábbi számításaink a logaritmikusság hozamok esetében. A Hurst-exponensre  $R^2 = 0,999$  pontosságú illeszkedés mellett  $H = 0,686$  adódott.

Többféle egyéb ellenőrző számítás eredménye is azt mutatta tehát, hogy a BUX-index nem véletlen bolyongásként viselkedik, hanem erős trendtartó jelleggel bír. Az eredmény annál is inkább figyelemreméltó, mivel a napi árfolyamokról azt szokás feltételezni, hogy azok „zajosak”, s ezért Hurst-exponensük eleve alacsonyabb, mint a heti vagy havi bontású árfolyamoké.

#### A fázistér rekonstrukciója

A BUX-indexre kapott magas Hurst-exponens *nemlineáris* viselkedésre utal. Ettől persze még mindig származhatna nagy szabadságfokú, sok változós, sztochasztikus rendszerekből. Felmerülhet annak lehetősége is, hogy esetleg kevés változós, *kaotikus* dinamikus rendszerrel van dolgunk. Ennek eldöntéséhez tudnunk kellene, miként lehet egy alacsony dimenziójú, kaotikus és egy magas dimenziójú, nemlineáris, sztochasztikus folyamatot megkülönböztetni egymástól. A kérdésnek rendkívüli hordereje van a

<sup>5</sup> Megjegyezzük, hogy számos tőzsdeindex, így a BUX esetében is végeztünk a heti, illetve havi indexekkel, de ezek elemzése ugyancsak kívül esik jelen tanulmányunk keretein.

tőzsdeindexek esetleges előre jelezhetősége szempontjából.

Tudjuk, hogy kaotikus dinamikáról akkor beszélhetünk, ha a véletlenszerű, bonyolult időbeli viselkedést a Brown-mozgástól eltérően kevés változós determinisztikus rendszer állítja elő. Ehhez a dinamika mögött egy alacsony, maximum 3-5 dimenziós attraktort kell feltételeznünk. Ez azt jelentené, hogy létezik egy 3-5 változós determinisztikus rendszer, amely a tőzsdeindex mozgását meghatározza. A modellt azonban nem ismerjük. Ráadásul csak egyetlen idősor, jelen esetben a tőzsdeindex tényleges alakulása áll rendelkezésünkre. Ebből biztosan nem tudjuk előállítani magát az attraktort.

Előállíthatunk azonban valami hasonlót, amit igen egyszerű példával fogunk illusztrálni. A modern káoszelmélet egyik leggyakrabban hivatkozott példája a 4. ábrán átalunk is bemutatott Hénon-attraktor. Tegyük fel, hogy valamilyen oknál fogva az attraktort előállító

$$\begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{n-2} & x_{n-1} & y_n \\ y_1 & y_2 & y_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & y_{n-2} & y_{n-1} & y_n \end{matrix}$$

adatpárok helyett csak az  $x$  változóra vonatkozó

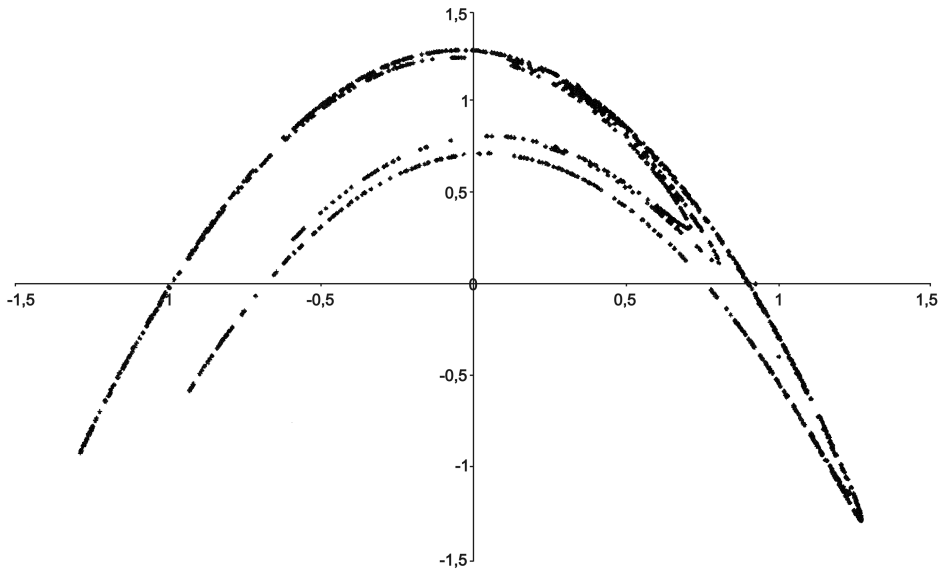
$$x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad x_{n-2} \quad x_{n-1} \quad x_n$$

adatok állnak rendelkezésünkre. Amennyiben ez a változó valamilyen módon függ  $y$ -től, akkor feltételezhető, hogy ez a térbeli kapcsolat az  $x$  adatok időbeli egymásutáni-ságában is felismerhető. Toljuk el az  $x$  adatsort önmagához képest eggyel. Az így előállított

$$\begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{n-2} & x_{n-1} & x_n \\ x_2 & x_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{n-2} & x_{n-1} & x_n & x_{n+1} \end{matrix}$$

adatpárokat ábrázolva világosan látszik, hogy a kapott alakzat nem azonos, de sokban emlékeztet az eredeti attraktorra. (13. ábra)

Általában is elmondhatjuk, hogy ezen az úton egy olyan alakzatot tudunk előállítani, amelynek fraktáldimenziója megegyezik az



13. ábra • A fázistér rekonstrukciója az Hénon-attraktor esetében

eredeti attraktoréval. Egy alakzat dimenziójára kapott eredmény persze függhet attól, hogy hány dimenziós a tér, amelyben a vizsgálatot elvégeztük. Síkban vizsgálódva egyetlen kockát sem láthatunk háromdimenziósnak. A Hénon-attraktor rekonstrukciójakor könnyű dolgunk volt, mivel tudtuk, hogy a második dimenzióval megállhatunk. Általában azonban nincs a birtokunkban ilyen információ, s az idősort az

$$\begin{array}{cccccccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n \\ X_2 & X_3 & X_4 & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n & X_{n+1} \\ X_3 & X_4 & X_5 & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-1} & X_n & X_{n+1} & X_{n+2} \end{array}$$

vagy akár az

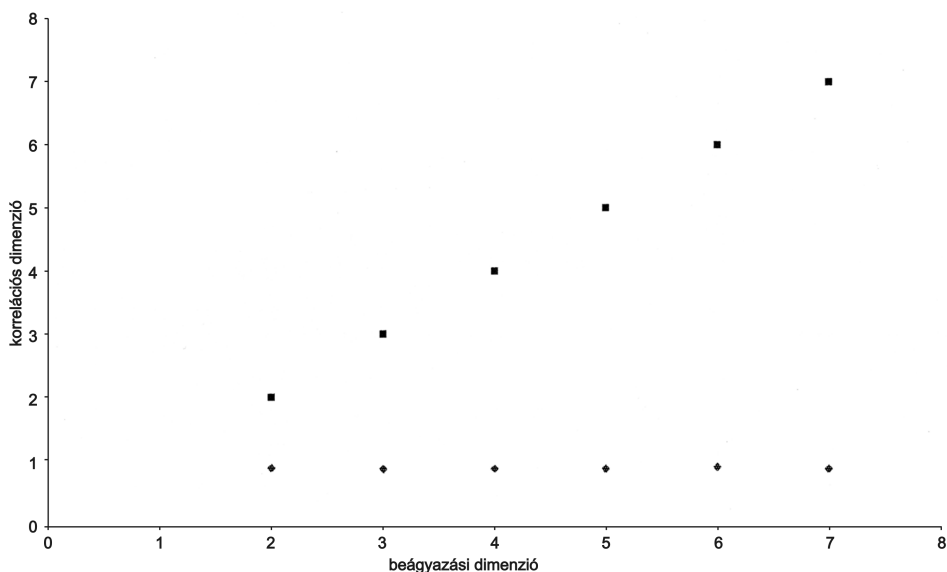
$$\begin{array}{cccccccccccc} X_1 & X_2 & X_3 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n \\ X_2 & X_3 & X_4 & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n & X_{n+1} \\ X_3 & X_4 & X_5 & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-1} & X_n & X_{n+1} & X_{n+2} \\ X_4 & X_5 & X_6 & \cdot & \cdot & \cdot & X_{n-1} & X_{n+1} & X_{n+2} & X_{n+3} \end{array}$$

stb. adatok segítségével egyre magasabb és magasabb dimenziójú térbe kell *beágyaznunk*. Ha az attraktor dimenziója egy ponton túl már nem nő együtt a beágyazási dimenzióval, akkor ott egy alacsony dimenziós attraktor, következésképpen kaotikus determi-

nisztikus rendszer sejthető. Az Hénon-attraktor esetében a *korrelációs dimenzióra* kettes beágyazási dimenzió mellett *1,11* adódott, és ez még négyes beágyazási dimenzió mellett is csak *1,37*-re emelkedett. Az alacsony dimenziójú káosz jelenléte tehát ezúton is igazolódott.

Ugyanezzel a módszerrel a hosszú távú trendtől megtisztított BUX-index esetében a feltételezett attraktor dimenziójának a beágyazási dimenziótól való függése a *14. ábrán* látható módon alakult.

Szembevetendő, hogy miközben a beágyazási dimenziót kettőtől hétre emeltük, az attraktor dimenziója gyakorlatilag változatlan maradt, és alig tér el az egytől. Elhamarkodott dolog lenne azonban ebből máris egy egydimenziós determinisztikus rendszer létrehozásához következtetni. Egyáltalán nem magától értetődő ugyanis a fázistér rekonstrukciója során alkalmazott késleltetések nagysága. Mi csak az egyszerűség kedvéért döntöttünk úgy, hogy az  $x$  változót mindig egyesével léptetjük odébb. Márpedig a túl kicsi késleltetés azt eredményezheti, hogy az attraktornak csak egy egészen kis területén vizsgálódunk,



14. ábra • Az attraktor korrelációs dimenziójának beágyazási dimenziótól való függése a BUX-index esetében

amiből félrevezető következtetéseket vonhatunk le az attraktor egészének szerkezetére vonatkozóan. A kettes beágyazási dimenzió esetében például az

$$\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & \dots & \dots & \dots & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n \\ X_2 & X_3 & \dots & \dots & \dots & \dots & X_{n-1} & X_n & X_{n+1} \end{matrix}$$

helyett alkalmazhattunk volna valamilyen

$$\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & \dots & \dots & \dots & X_{n-2} & X_{n-1} & X_n \\ X_{1+L} & X_{2+L} & X_{3+L} & \dots & \dots & \dots & X_{n-1+L} & X_{n+L} & X_{n+1+L} \end{matrix}$$

párokat is. Hogy az  $L$  mekkora legyen? Nos,

ez azoknak a rendkívül fontos és igen nehezen eldönthető technikai részletkérdéseknek az egyike, amelyek megoldása nélkül a módszer pontos kivitelezése elképzelhetetlen, s amelyek miatt részletes tárgyalását egyelőre későbbre halasztjuk.

Kulcsszavak: *dinamikus rendszerek, káosz, véletlen bolyongás, nemlineáris idősorok, R/S analízis, fázis tér rekonstrukció*

### IRODALOM

Barnsley, M. (1988). *Fractals Everywhere*, San Diego, CA, Academic Press

Einstein, A. (1905). Nyugvó folyadékban lebegő részecskéknek a hő molekuláris elméletéből következő mozgása, In: Albert Einstein, *Válogatott tanulmányok*, Gondolat, Budapest, 1971.

Fokasz N. (1999). *Káosz és fraktálok*, Új Mandátum Kiadó, Budapest

Gleick, J. (1988). *Chaos. Making a New Science*, Penguin Books, (magyarul: Káosz, Göncöl Kiadó, Budapest, 1999.)

Li, T. Y. és Yorke, J. A. (1975). Period Three Implies Chaos, *American Mathematical Monthly*, **82**, 985-92

Marotto, F. R., (1978). Snap-Back Repellers Implies Chaos in,  $R^n$  *Journal of Mathematical Analysis and Applications* **72**, 199-223

May, R. M. (1976). Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics, *Nature*, **261**, 459

Muraközy Gyula A káosz elmélete és tanulságai. In: Fokasz Nikosz (szerk.): *Rend és káosz*. Replika Könyvek, Budapest, 1977

Ruelle, D. (1991). *Chance and Chaos*, Princeton University Press, Oxford

Stewart, I. (1989). *Does God Play Dice?*, Blackwell Publishers

Stewart, I. és Golubitsky, M., (1992). *Fearful Symmetry. Is God a Geometer?* Blackwell Publishers

# NAGY IDŐFELBONTÁSÚ ÖNGYILKOSSÁGI IDŐSOROK NEMLINEÁRIS VISELKEDÉSE<sup>1</sup>

Bozsonyi Károly

KSH Népesedés-egészségügyi  
és Szociális Statisztikai Főosztály  
e-mail: bozsonyi@yahoo.com

Veres Előd

e-mail: elod.veres@office.ksh.hu

## *Bevezetés*

Elemzésünkben Hurst-analízis<sup>2</sup> segítségével vizsgáljuk 31 év napi felbontású öngyilkossági adatait. A nemlineáris idősorok elemzési technikáit társadalomtudományi területen viszonylag ritkán alkalmazzák, ugyanis ezek az elemzési módszerek csak nagymennyiségű (több ezer) adat esetén működnek igazán megbízhatóan. A társadalomtudományi szempontból releváns jelenségek idősoros adatbázisai általában ennél nagyságrendekkel kevesebb adatot tartalmaznak.

Kutatásunk során először az idősorok elemzés klasszikus, a társadalomtudományokban jól ismert módszereit – exponenciális simítás, szezonális dekompozíció, ARIMA modellek – alkalmazzuk, hogy az idősorokat stacionáriussá tegyünk és megtisztítsuk a környezet változásából adódó hatásoktól, majd a reziduális valamint differenciált idősorokat elemezzük Hurst-analízissel.

Számításainkat a nemek szerint bontott adatokon végeztük, de mivel (a jelentős mennyiségi eltéréseken kívül) jelentős különb-

ségeket nem tapasztaltunk, helytakarékosági okokból a közölt grafikonok mindig a nemi bontást nem tartalmazó, egyesített adatokra vonatkoznak.

## *Adatelőkészítés – klasszikus idősorok elemzése*

A vizsgált idősorok az öngyilkosságok napi gyakoriságait tartalmazzák nemek szerinti bontásban 1970. január 1-től 2000. december 31-ig. Mivel a 31 évben 8 szökőév volt, az idősorok 11 323 napot fognak át. A KSH adatai szerint ebben a 31 évben összesen 127 877 öngyilkosság történt, egy napra átlagosan 11 esemény jutott. A teljes esetszámból 15 esetben nem lehetett megállapítani az öngyilkosság pontos idejét, ezért a nemek bontása nélküli idősor 127 862 öngyilkosság napokra lebontott gyakoriságaiból áll. A vizsgált 31 évben 90 912 férfi és 36 965 nő követett el öngyilkosságot, ebből 11 férfinak és 4 nőnek nem ismert a pontos halálozási ideje. A teljes idősorban egy nap kivételével (2000. december 13.) minden nap előfordult legalább egy eset, a 0 esetszámú napok száma a férfiaknál 15, a nőknél 619. A vizsgálat megbízható adatokat tartalmaz; forrását azok a halottvizsgálati bizonyítványok és halálozási lapok adják, amelyek a KSH halálozási statisztikájának legfontosabb dokumentumai.

Napi gyakoriságokat bemutató idősorainkon az események általános, valamiféle természeti rendhez igazodó alakulásának fel-

<sup>1</sup> A tanulmány az OTKA T33030 számú kutatás támogatásával készült. A szerzők köszönetet mondanak továbbá a Központi Statisztikai Hivatalnak (a Népesedés-egészségügyi és Szociális Statisztikai Főosztály vezetőjének, Gárdos Évának, valamint Szvitcz Zsuzsanna osztályvezetőnek), amiért a tanulmány alapját képező adatok elemzéséhez hozzájárult.

<sup>2</sup> A Hurst-exponens legfontosabb tulajdonságai és részletes definíciója megtalálható többek között Fokasz Nikosz: *Nemlineáris idősorok – a tőzsde káosza?* című tanulmányában, a jelen kiadványban.

tárása önmagában is érdekes kérdés, de a vizsgálat más kérdésre kereste a választ: van-e a vizsgált idősorokban olyan tényező, amely a rendszer belső logikájából következően hat az eseményekre. Az idősorokra vonatkozó egyik megfogalmazható kérdés tehát a rendszerre kívülről ható tényezőkkel foglalkozik, a másik a rendszer belső elemeinek egymásra hatásával.

Az alábbiakban röviden ismertetjük a vizsgált idősorok bemenő változókká alakításának módszerét és azok fontosabb tulajdonságait. Az idősorok nemi bontás nélküliek, de a vizsgálatban természetesen elkülönítetten is kezeltük a férfiak és a nők idősorait.

Jól ismert, és a hazai öngyilkossági statisztikák publikált nyers adataiból is világosan látszik, hogy 1970-től 2000-ig az öngyilkosságok számszerű alakulásának van egy felszálló és egy leszálló ága. A pontos fordulópontot nehéz meghatározni, de a trend egyértelmű: az 1980-as évek második feléig emelkedett, azt követően pedig csökkent az öngyilkosságok száma (1. ábra). A későbbiekben szerephez jutó nyers havi gyakoriságok idősorára illesztett polinomiális trendvonal ezt jól szemlélteti.

Az idősorokban levő trendhatásokat különböző aggregáltsági szinteken különböző statisztikai módszerekkel lehet vizsgálni, de a modell kiválasztását és az idősor felépítését alapvetően a szezonális komponensekre tett előfeltételezések határozzák meg.

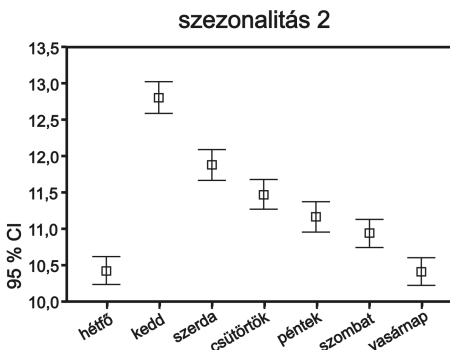
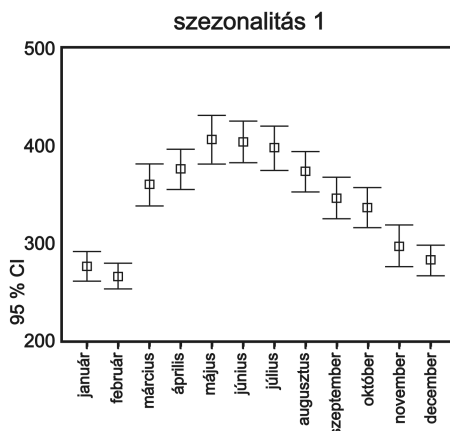
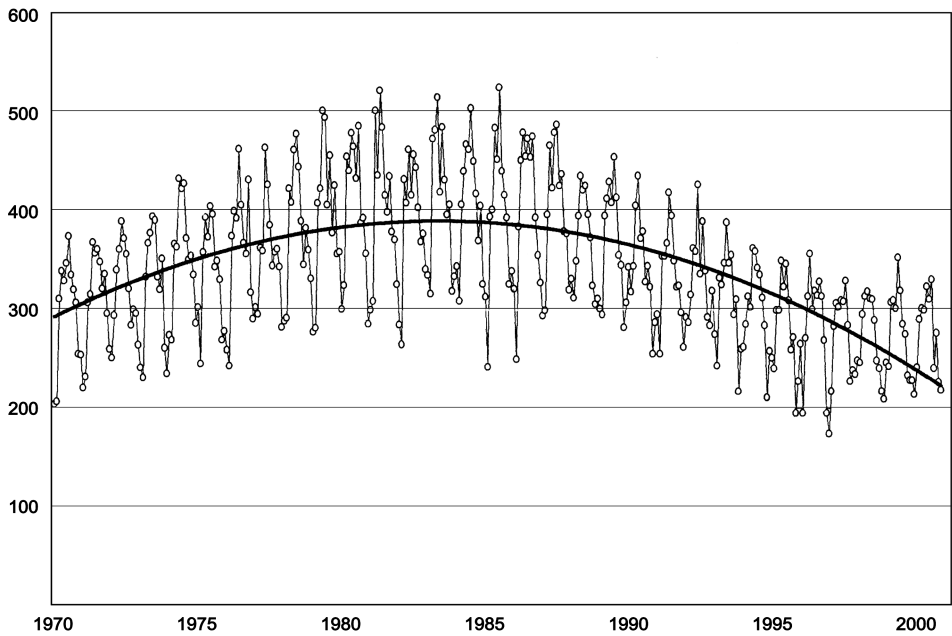
A vizsgálat trendhatásoktól mentesített idősorát a hónapokra aggregált nyers napi gyakoriságok egyszerű exponenciális simító eljárással képzett reziduálisáiból állítottuk össze. A hosszú távú trend eltávolítása után kapott idősorban évek szerint ismétlődő szabályos ingadozások terhelik. A diagramon azt a sajátosságot lehet megfigyelni, hogy a hónapok váltakozásának szabályos rendje valamilyen úton-módon hat az idősor megfigyelt adataira. Az öngyilkosságok ilyen szezonálisága jól ismert a nemzetközi szakiro-

dalomban, és nemrégiben hazai vizsgálatok is igazolták azok megállapításait: „*Egyértelmű és konzekvens az a tapasztalat, hogy az öngyilkosság sajátos szezonálisással rendelkezik: a tavaszi hónapokban kezd a tragikus események száma emelkedni, a május-június-július hónapokban éri el a tetőpontját, míg a téli hónapokban a gyakoriság számottevően visszaesik (december-január-február).*” (Zonda, Bozsonyi, 2001) Ezt a jelenséget az öngyilkosságok havi átlagai mutatják a 2. ábrán.

A detrendelt, havi szezonális hatásoktól mentes idősor előállításához a 31 év havi gyakoriságaiból álló idősor dátum változóját 12 hónapos periodicitással definiáltuk, és a szezonális dekompozíciós idősorelemző eljárás additív modellje alapján elkülönítettük az idősor egyes szezonális komponenseit. A havi szezonálisitást leválasztó szezonális index-komponens egyértelműen igazolja a havi szezonálisról mondottakat, a modell reziduális változója pedig egyértelműen olyan stacionárius idősorot mutat, amely mentes a havi szezonális ingadozásoktól.

Az öngyilkosságok idősorában kimutatható rövidebb távú szabályos ingadozások közül a havi szezonális ingadozás csak az egyik, mondhatnánk jobban ismert általános jellegzetesség. A környezet társadalmi rendjéhez tartozó heti ciklikusság kevésbé látható és észrevehető módon, de statisztikailag igazolhatóan befolyásolja az öngyilkosságok alakulását. A heti ciklusok alakulását vizsgálhattuk idősorainkon, hiszen azok napi gyakoriságokból épülnek fel. Az idősorokra illesztett dátum változó heti periódusának definiálásával 1617 periódust megkülönböztető idősorhoz jutottunk. A 3. ábra mutatja az öngyilkosságoknak a hét napjai szerinti átlagait.

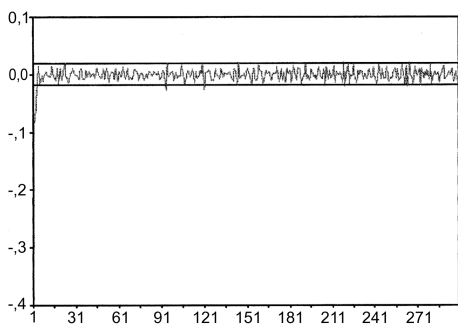
Az idősor meghatározó komponenseit ez esetben is a szezonális dekompozíciós idősorelemzés additív modellje alapján különítettük el egymástól. Az eljárás eredményeként kapott szezonális index értékei egyér-



telmüen mutatják a hétfői csúcsot és a hétvégére eső visszaesést, a reziduális változó pedig vizsgálatunknak a heti szabályos ingadozásoktól mentes idősort adta.

Említettük már, hogy a szezonális dekompozíciós eljárással elkülöníthető komponensek az idősor aggregáltsági szintjétől függenek: havi szabályos ingadozást csak havi, heti szabályos ingadozást csak napi gyakoriságokból álló idősorokon lehet vizsgálni. Vizsgálatunkban a napi gyakoriságokból álló idősróról úgy választottuk le a havi szezonális index értékeit, hogy abból kivontuk a hónapok hosszával normált havi szezonális index értékeit. Az így képzett változóval megismételtük a heti periodicitással definiált szezonális dekompozíciós eljárást. A kapott teljes reziduális idősor változóknak kitüntetett jelentősége van, hiszen az most már majdnem megfelel a vizsgálat bemenő változóival szemben támasztott legfontosabb követelményeknek: az idősor alakulását biztos, hogy nem befolyásolják a trend- és szezonális hatások.

Fentről lefelé • 1., 2. és 3. ábra



4. ábra

Az idősoron ekkor azonban még lehetnek egy lineáris valószínűségi folyamatból származó hatások. Ezeket egy Autoregressive Moving Average (ARIMA) modell specifikálásával szűrtük ki. Az adatokra legjobban illeszkedő folyamat egy másodrendű autoregresszív és egy másodrendű mozgóátlag tagot tartalmazó [AR(2)MA(2)] modell volt. Ennek a folyamatnak a reziduálisa már a lineáris folyamatok „rövid távú memória” hatásait sem tartalmazta, így teljesen megfelelt nemlineáris idősorelemzésünk céljaira.

Az autokorrelációs és parciális autokorrelációs függvényeket bemutató 4. ábrán jól

látszik, hogy a lineáris folyamatok és a szezonális komponensek leválasztása után is szignifikáns hosszú távú korrelációk vannak az idősorban (melyek nem csengenek le exponenciálisan), ez önmagában is jelzi egy nemlineáris „hosszú távú memória” jelenlétét az idősor generáló folyamatban.

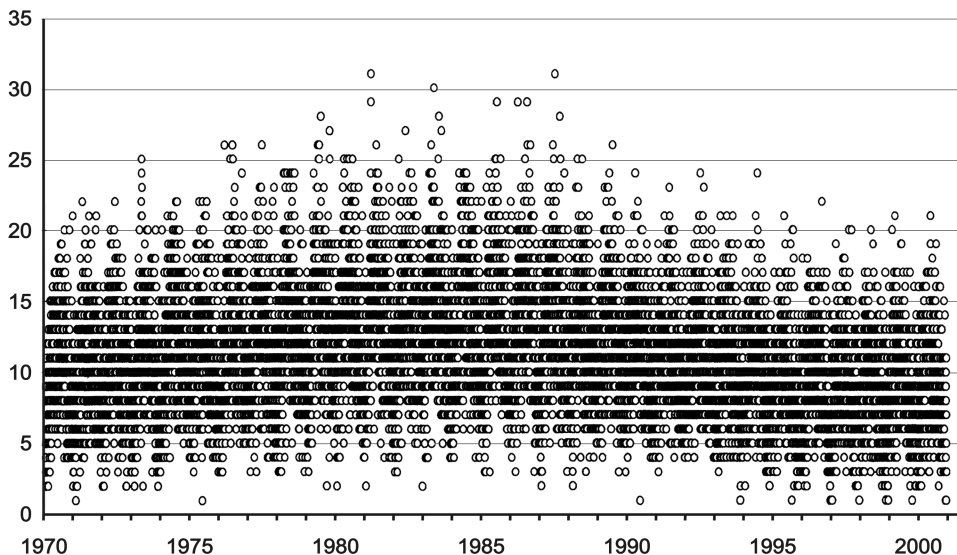
Az eredeti idősorokat egyszerű differenciálással is stacionáriussá tehetjük.

Az autokorrelációs függvények a differenciált idősorok esetén is a reziduális folyamat autokorrelációs függvényeihez hasonlóan viselkednek, ezért közlésüktől eltekintünk.

#### Hurst-analízis – nemlineáris idősor-elemzés

Mind az eredeti idősorok, mind a reziduális, mind a differenciált idősorok Hurst-exponenseit (H) meghatároztuk. Ezt közöljük az alábbi táblázatban nemek szerinti bontásban, megadva az exponens becslésének megbízhatóságát kifejező  $r^2$  értéket is. A nyers adatok esetén nem túl meglepő módon 1-hez közeli<sup>3</sup> Hurst-exponenst kaptunk, ami az erős trend- és szezonális hatások következménye. Ez a magas érték mintegy igazolja,

5. ábra



	férfi		nő		együtt	
	H	r <sup>2</sup>	H	r <sup>2</sup>	H	r <sup>2</sup>
nyers	0,979	0,957	1,07	0,952	1,03	0,955
nyers detrendelt	0,202	0,822	0,189	0,871	0,217	0,839
differenciált						
10 – 21 nap	0,4	0,97	0,40	0,97	0,4	0,97
22 – 1825 nap (5475)	0,13	0,96	0,110	0,92	0,14	0,96
1826 (5476) –11318 nap	0,09	0,5	0,020	0,03	0,1	0,55
ARIMA reziduális						
0 – 21 nap	0,53	0,97	0,51	0,98	0,44	0,97
22 – 1825 (5475) nap	0,16	0,96	0,17	0,91	0,14	0,88
1826 (5476) –11318 nap	0,39	0,86	0,14	0,16		

1. táblázat

miért volt szükséges az a rengeteg erőfeszítés a trend- és szezonkomponensek eltávolítására.

Mondanivalónk szempontjából a reziduális és a differenciált idősorok részletes elemzése az érdekes. Megállapítható, hogy mind a férfiak, mind a nők esetében a 31 éves időszak három szakaszra bomlik. Ezeknek a szakaszoknak a határai azonban különbözőnek nemek szerint. A Hurst-exponens viselkedése az egyes szakaszokon belül már nem mutat jelentős eltérést a nemek között. Általánosságban elmondható az is, hogy a reziduális és a differenciált idősorok hasonlóan viselkednek, attól eltekintve, hogy az utolsó periódus exponense a differenciált idősorok esetén már nem becsülhető megbízhatóan.

Az első periódus hossza 21 nap körüli (de az egyenes illesztésének bizonytalansága és az eljárás robusztussága miatt nyugodtan mondhatjuk azt is, hogy néhány hét nagyságrendű), ahol a Hurst-érték 0,5 körül van, ami véletlen bolyongást jelez. Az egyes napok

reziduális öngyilkossági adatai tehát néhány héten át nem mutatnak egymással kapcsolatot, véletlenszerűen változnak: nőnek vagy csökkennek egymástól függetlenül.

Sokkal érdekesebb a középső szakasz. Ez férfiaknál a 21 és 1825 nap között van, ami 5 év körüli periódust jelent, a nőknél viszont 15 év körüli ezen periódus hossza. Ezekben a középső periódusokban 0,15 körüli az exponens értéke mindkét nem esetén. Az alacsony érték úgynevezett „rózsaszín zaj” jelenlétére utal. Ilyen zajfolyamat esetén nagyon erősek a trendet fordító hatások, ami a mi esetünkben pontosan azt jelenti, hogy a folyamat nem tud messze eltávolodni a trend és a szezonális ciklusok által meghatározott pályától.

Az alacsony Hurst-értékkel jellemezhető folyamatok másik jellegzetessége a relaxációs idő jelenléte. A relaxációs idő az az átlagos időtartam, amely alatt a rendszer egy külső zavar után visszaáll eredeti állapotába. Esetünkben ezt az időtartamot mindkét nem esetén néhány hétre becsülhetjük, hiszen átlagosan 21 nap véletlen ingadozás után megjelennek az eredeti pályától való további eltávolodást gátló, visszatérítő hatások.

A rózsaszín zaj öt éves tartománya a férfiaknál azt jelenti, hogy igazából öt éves intervallumon belül van jó előrejelzési lehetőség.

<sup>3</sup> A Hurst-exponens elméleti értéke ugyan nem lehet nagyobb 1-nél, de mivel becslését egy regressziós egyenes meredeksége adja, ezért a becslési hiba jelenléte miatt az adatokból számított érték lehet egynél nagyobb is. Az eltérés azonban esetünkben megnyugtatóan kicsi.

günk az öngyilkosságok alakulására, hiszen addig intenzíven a trend felé törekszik az idősor, öt év után pedig ismét 0,5 körüli (0,39) értékkel inkább a véletlen bolyongáshoz hasonlít jobban a viselkedése.

A nők esetén a trendhez visszatérő viselkedés időtartama 15 év, tehát ott sokkal hosszabb előrejelzéseink lehetnek, mint a férfiak esetén. A harmadik periódusra azonban a nők esetén már nem tudjuk az exponenst megbízhatóan becsülni, hiszen már csak az idősor második fele áll rendelkezésünkre, ezt a bizonytalanságot egyébként az alacsony (0,14)  $r^2$  is mutatja.

### *Összefoglalás*

Megállapítottuk, hogy a trend- és szezonális komponensek leválasztása után kapott (valamint a differenciált) magyarországi öngyilkossági adatok erősen nemlineáris jellegűek. Kvalitatíve hasonlóan viselkednek a férfiakra és a nőkre vonatkozó idősorok is. A jellemző

nemlineáris zajfolyamat a férfiak és a nők esetén egyaránt „rózsaszín zaj” jellegű 0,15 körüli Hurst-exponenssel. A rendszerre jellemző relaxációs idő néhány hét nagyságrendű, ezen belül véletlenbolyongás-szerűen távolodik a rendszer a trend- és szezonkomponenstől, ezen az időtartamon túl viszont tartani próbálja a korábbi pályához viszonyított állapotát. A férfiak esetén a rózsaszín zaj által meghatározott szakasz 5, a nőknél 15 év körüli.

További kutatási irány az idősort generáló folyamat fázisterének rekonstruálása és a Ljapunov-exponensek meghatározása az alacsony dimenziós káosz esetleges kimutatása érdekében. E vizsgálatok azonban az eddigieknél több és bonyolultabb számítást igényelnek.

---

Kulcsszavak: *idősorelemzés, Hurst-exponens, nemlineáris folyamatok, rózsaszín zaj, R/S-analízis.*

---

### **IRODALOM**

Adatok az öngyilkosságokról 1980–1999 / Gárdos Éva, Szvitecz Zsuzsanna; közrem. Veres Előd. Budapest: KSH, 2000. 17 p.

Zonda Tamás – Bozsonyi Károly: A magyarországi öngyilkossági adatok szezonálisáról, Szenevedély (Addictologia Hungarica, 2001. április)

# LÉGKÖRI KÁOSZ: AZ IDŐJÁRÁS-ELŐREJELZÉSEK BIZONYTALANSÁGÁNAK BIZONYOSSÁGA

Götz Gusztáv

a földrajztudomány doktora, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott elnökhelyettese

Bevezetés

A 20. század nagy természettudományi felfedezéseinek kétségtelenül egyike volt az a felismerés, hogy determinisztikus rendszerek is tanúsíthatnak irreguláris, látszólag véletlenszerű viselkedést. A háromszáz éves klasszikus mechanika az időbeli folyamatoknak csak három állandósuló formáját ismerte: a változatlan (stacionárius) állapotot, a periodikus állapotváltozást, valamint az egyidejűleg több, egymástól lineárisan független alapprofrendenciával jellemezhető kváziperiodikus állapotváltozást. Azután kiderült, hogy e három reguláris („jól viselkedő”) változás mellett létezik az említett negyedik forma is: az idő múlásával önmagát soha pontosan nem ismétlő, aperiodikus állapotváltozás: ez a nemlineáris rendszerekre jellemző „különös viselkedés” a *determinisztikus káosz* nevet kapta. Fény derült arra is, hogy a kaotikus viselkedés lehetősége meglepően széles körben áll fenn: folytonos idejű dinamikai rendszereknél már három szabadsági fok elegendő a káosz kialakulásához, míg diszkrét idejű leképezések esetében egyetlen szabadsági fokú rendszer viselkedése is lehet kaotikus, ha a leképezés nem invertálható (tehát a  $(k+1)$ -edik időponthoz tartozó  $x_{k+1}$  állapot két korábbi, egymástól eltérő  $x_k$  állapotból is létrejöhet).

A kaotikus viselkedés alapvető sajátossága a *kezdőfeltételekre mutatott érzékeny-*

*ség*. Tekintsünk két, egymáshoz közeli (méréseink pontatlansága miatt egyformán valószínű)  $x_1(0)$  és  $x_2(0)$  kezdeti állapotot, amelyek a fázis térben az idő múlásával a rendszert kormányzó determinisztikus egyenleteknek megfelelően változnak. Valamely  $t$  idő elteltével e két állapot eltérése  $|x_2(t) - x_1(t)| / |x_2(0) - x_1(0)| \sim \exp(\lambda t)$  lesz, ahol kaotikus rendszer esetében a Ljapunov-exponensnek nevezett kitevő  $\lambda > 0$ . A mérési pontosság korlátozott volta révén ez az exponenciális ütemű hibanövekedés eleve behatárolja a rendszer jövőbeli állapotának előrejelezhetőségét még abban az esetben is, ha a rendszer viselkedését tökéletesen tudjuk szimulálni.

A determinisztikus rendszerek előrejelezhetősége évszázadokon keresztül a tudomány egyik alapvető elve volt. E nézőpont korlátozott érvényességének felismerését az 1980-as évek végén sok neves kutató paradigmaváltásként értékelte. Kijelentették, a 20. század tudományát három dolog teszi majd emlékezetessé: a relativitáselmélet, a kvantummechanika és a káosz. Állították, hogy a relativitáselmélet végzett az abszolút tér és idő létezésének newtoni illúziójával, a kvantumelmélet megsemmisítette az ellenőrizhető mérési eljárás lehetőségének szintén newtoni álmát, a káoszelmélet pedig leszámolt a determinisztikus előrejelezhetőség laplace-i képzetével. Más tudósok sokkal visszafogottabban fogalmaztak,

mondván, hogy a káosz felismerése mindössze egy több évszázados tévedést korrigált, amely nem nyújt teljesen új világképet; új törvények felfedezése nem kapcsolódik hozzá, hanem csak az ismert törvények eddig el sem képzelt bonyolultságú megnyilvánulásával szembesít.

Bárhogyan értékelünk, az tény, hogy a meteorológia – amelynek egyik legfontosabb gyakorlati feladata az időjárás előrejelzése – arra kényszerült, hogy teljesen új alapokra fektesse a prognosztikához történő elméleti hozzáállását. Az időjárás-előrejelzések hibáinak bizonyossága kötelező elvé tette, hogy *egyetlen prognózis sem tekinthető teljesnek a prognózis megbízhatóságának egyidejű prognosztizálása nélkül*. Más megfogalmazásban ez az elv azt jelenti, hogy időjárás-előrejelzéseket csak *valószínűségi formában* szabad kibocsátani. Az elv gyakorlati érvényesítésének technikája az ún. *ensemble prognosztika*: amikor egyetlen előrejelzés helyett az egyformán lehetséges kezdőfeltételek halmazából több előrejelzés *együttesét* készítjük el, és az eredmények szóródásának mértékéből következtetünk az adott léggöri állapot előrejelezhetőségére.

A káosz gyakran definiálják az alacsony dimenziójú rendszerek bonyolult állapotváltozásaként. Ezért mielőtt az ensemble prognosztika részleteire térünk, tisztázunk kell: a léggör mint sok szabadsági fokú geofizikai folyadék *valóban* a kaotikus viselkedésű dinamikai rendszerek családjába tartozik-e?

### *Kaotikus viselkedésű-e a léggör?*

A  $t \rightarrow \infty$  során aszimptotikusan beálló  $\mathbf{x}(t)$  állandósult viselkedés (végső állapot) különböző formáinak elemzése során feltételezzük, hogy  $\mathbf{x}(t)$  értéktartománya korlátos, az állapotváltozást definiáló dinamikai rendszer pedig vagy autonóm:  $d\mathbf{x}/dt = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  vagy  $T$  periódusidővel periodikus nemautonóm:

$d\mathbf{x}/dt = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t)$  ahol  $\mathbf{f}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t+T)$ . Az állandósult viselkedés geometriájának ábrázolására az  $\mathbf{x}$  állapotvektor összetevői által kifeszített absztrakt tér, a fázistér (vagy állapottér) szolgál, amelyben egy pillanatnyi  $\mathbf{x}$  állapot pontként, az  $\mathbf{x}(t)$  állapotváltozás pedig folytonos idejű dinamikai rendszerek esetében görbeként, diszkrét idejű  $\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{M}(\mathbf{x}_k)$  leképezéseknél diszkrét pontok sorozataként jelenik meg. Az idő múlásával e görbék vagy pontsorozatok (pályák) a fázistérnek egy meghatározott alterében elhelyezkedő vonzó halmazra, az ún. attraktorra húzódnak rá, majd örökre azon maradnak. Jól viselkedő rendszereknél ezek a halmazok hagyományos euklideszi alakzatok: stacionárius állapotok esetében egyensúlyi pontok (ún. fixpontok), periodikus állapotváltozásoknál zárt görbék (ún. határciklusok),  $q$  számú alappfrekvenciával jellemezhető kváziperiodikus viselkedésnél pedig egy  $q$ -dimenziós törús felületére ráfonódó görbék. Ezzel szemben a kaotikus rendszerek attraktorai különös, tört dimenziójú fraktál alakzatok: véges térre korlátozódó, végtelen hosszúságú, önmagukat sehol nem érintő görbeseregek, „lehetővé téve”, hogy az állapotváltozás ne ismétlje magát. Mindezek a megállapítások olyan rendszerekre alapozódtak, amelyek mögött egyszerű törvények álltak, a dinamikai rendszerek szabadsági fokainak száma kevés (az  $\mathbf{x}$  állapotvektor dimenziója alacsony) volt. Lorenz (1963) például egy disszipatív determinisztikus rendszerben a kaotikus végső állapot lehetőségét elsőként a Rayleigh-Bénard-féle konvekció olyan egyszerű modelljével demonstrálta, amelyben az  $\mathbf{x}$  állapotvektornak mindössze három összetevője volt.

A globális léggör semmiképpen nem tartozik azok közé a kevés összetevőből álló rendszerek közé, amelyek elemzéséből a káosztudomány felépült. A világ nagy meteorológiai központjai az időjárás előrejel-

zéséhez mintegy 600 000 megfigyelés alapján, 12 óránként a háromdimenziós légkör  $10^7$  diszkrét pontjára interpolálva írják elő 6–8 állapotjelző kezdeti értékeit. Noha az állapotváltozásokat alapvetően a fizika megmaradási törvényei kormányozzák, a különböző skálájú folyamatok között kialakuló kölcsönhatások, valamint a felszíni geoszférák által kifejtett termikus és mechanikai kényszerek figyelembevételére arra vezet, hogy egy-egy 10 napra szóló számszerű előrejelzés elkészítése  $2 \times 10^{14}$  számú matematikai művelet elvégzését igényli. A légkör tehát nem alkot autonóm rendszert, sőt időfüggő termikus gerjesztése (például a naptevékenység vagy a vulkántevékenység révén) véletlenszerű összetevőt is tartalmaz. Ezért a légkörnek a valóságban is megfigyelhető időbeli viselkedése a részleteket tekintve szükségszerűen *lényegesen bonyolultabb a káosznál*.

Tél és Gruiz (2002) meghatározása szerint „... egyjelenséget *csak akkor tekinthetünk kaotikusnak, ha sikerült olyan egyszerű modellt is találni, amely a szabálytalan viselkedést kellő pontossággal visszaadja*”. Légköri káoszról éppen e kijelentés alapján, nevezetesen az alacsony dimenziójú autonóm dinamikai modellekkel végzett kísérletek eredményei nyomán beszélhetünk. Ezek a modellek a nagy prognosztikai modellek drasztikus egyszerűsítésével állnak elő: dimenziójukat a kutatók 100, sőt 10 alá redukálták. Ilyen modellekkel természetesen nem lehet az aktuális folyamatok részleteit hűen reprodukálni, ezzel szemben megbízhatóan szimulálhatók a légköri folyamatok *alapvető dinamikai jellemvonásai*: a legfontosabb energiaátalakulási és hőátviteli mechanizmusok, valamint a folyamatok aperiodikus jellege. Az elmúlt évtizedek során nagyon sok ilyen, az oksági összefüggések feltárására kiválóan alkalmas alacsonyrendű általános légköri modellt szerkesztettek. Mindegyikük azt tanúsította, hogy a

kontrollparaméterek értékeinek a térben differenciált hőközlés és a sűrűdésos disszipáció megfigyelt szintjét reprezentáló megválasztása esetén a rendszer kaotikusan viselkedik. Ez arra utal, hogy a véletlenszerű jelenségekkel is terhelt (a prognosztikai egyenletekben sztochasztikus tagok beépítésével kezelt) valóságos folyamatok mögött – meghatározó tényezőként – *a szigorú értelemben vett determinisztikus káosz áll*. Alátámasztani látszik ezt a megállapítást a nemlineáris dinamika egyik érdekes eljárása, amely lehetővé teszi, hogy az  $x$  állapotvektor egyetlen  $x$  összetevőjének hosszú idősora alapján következtetéseket vonjunk le a rendszer (számunkra ismeretlen) attraktorára vonatkozóan. Az 1980-as években az időjárási és éghajlati attraktorok keresésére számos kísérlet történt, és ezek közül több is arra az eredményre vezetett, hogy ezek a légköri attraktorok káoszra utaló fraktálok, dimenziójuk pedig 10 alatt van. Az eljárás (amelynek meteorológiai alkalmazhatóságát többen is vitatják) természetesen nem árul el semmit arról, hogy a rekonstruált attraktorhoz milyen alakú kormányzó egyenletek tartoznak, mindössze annyit sejtet, hogy a légkör dinamikája talán sokkal egyszerűbb annál, ahogyan azt a mai világrépünkhöz igazodva látjuk. És – Teller Ede gondolatát idézve – éppen ez adja a fizika szépségét: *„Az a szép, amikor valamiről, ami komplikáltnak tűnik, kiderül, hogy nagyon egyszerű. Ha induláskor hajlandók vagyunk elfogadni egy bizonyos komplexitást, magasabb szintre jutva egyszerűség lesz a jutalmunk.”* (Marx, 2000)

Az alacsony dimenziójú modellekkel elvégzett numerikus kísérletek eredményei arra tanítanak meg bennünket, hogy az *időjárás* aperiodikus ingadozásainak nem szükségszerű feltétele a légkörre ható külső kényszerek szabálytalan váltakozása, de még az sem, hogy valamelyik külső kényszer egyáltalán megváltozzék. Ennek az ún. *szabad változékonyságnak* a során előfor-

dulnak szélsőséges időjárás események is, amikor a rendszer különös attraktorán bolyongó állapotpont a fázistér ritkábban látogatott tartományait keresi fel. Szabad változékonyság jellemzi a hosszabb időszakokra átlagolt léggöri állapotok (az *éghajlati állapotok*) ingadozásait is: az általános léggörzés heteken át fennmaradó két fő metastabilis egyensúlyi helyzetének (a mérsékelt földrajzi szélességek zonális és meridionális áramlási képeinek) a váltakozását, az éghajlati állapotok évek és évtizedek közötti ingadozását, sőt a geológiai időskálákon jelentkező *klímaátmeneteket* is, amilyenek például a földtörténeti negyedidőszak eljegesedési és interglaciális szakaszai voltak. A klímaátmenetek ténye arra mutat, hogy az éghajlati rendszernek *több* attraktora létezik, a vonzási tartományait pedig – a numerikus kísérletek szerint – fraktál medencehatár választja el. Ezzel belép a klímadinamika problémakörébe az a jelenség, amelyet a nemlineáris rendszerek elméletében a *konzolidálódott végső állapot érzékenysége* neveznek: a medencehatár közelében nehéz eldönteni, hogy az állapotpont melyik attraktor vonzási tartományában helyezkedik el, és kis külső hatás is elegendő lehet, hogy az állapotpontot a medencehatár átlépésére kényszerítse. A közel periodikus jellegű glaciációs ciklusok esetében a feltételezések szerint ilyen indító szerephez juthattak a Föld orbitális paramétereinek periodikus változásai (Götz, 1995).

Az extrém időjárás események halmozódásának vagy az éghajlati idősorokban jelentkező, tartósabban egyirányú trendeknek oka tehát nem feltétlenül külső eredetű. Ennek a ténynek napjainkban különös aktualitást ad az *antropogén klímaátváltozás* ma még megválaszolatlan dilemmája: vajon elkezdődött-e már az emberi tevékenység okozta globális felmelegedés, vagy az elmúlt évtizedekben megfigyelt tendenciák még beleférnek a szabad változékonyság keretei közé?

### *Ensemble előrejelzések*

Az elméleti alapok lefektetésével és az elektronikus számítástechnika kibontakozásával az időjárás objektív előrejelzésének feltételei a 20. század közepére teremtődtek meg. A nagytérségű léggöri folyamatokat kormányzó parciális differenciálegyenletek numerikus integrálásával, *Neumann János* közreműködésével, 1950 tavaszán készült el az első négy 24 órára szóló számszerű prognózis. E sikert követően az előrejelzések elkészítésének százéves hagyományát – ami főként tapasztalati módszereken, az időjárás térképeken analizált léggöri képződmények (ciklonok, anticiklonok, frontok) áthelyeződésének szubjektív becslésén alapult – egyre nagyobb mértékben váltották fel a léggör dinamikájára építő objektív eljárások. Az időjárás-előrejelzések ma már szinte a világon elsősorban hidro-termodinamikai modellek segítségével, a szubjektív elemek kizárásával készülnek.

A fejlesztés útja napjainkban három fő irányban jelölhető ki. Először állandó kutatómunkát igényel a valóságos folyamatok és a felszíni kölcsönhatások minél tökéletesebb matematikai leírása: a „modellfizika” javítása, a felbontóképesség növelése. Mivel a léggöri jelenségek a térbeli nagyságrendek igen széles skáláját ölelik fel, második irányként fontos feladat az előrejelzési modellel még felbontható folyamatok, valamint az ennél kisebb méretű fizikai folyamatok (a domborzati hatások, a planetáris határrétegben kialakuló folyamatok, a sugárzásátvitel, a felhőképződés, a hidrológiai ciklus) egymásra gyakorolt hatásának szimulálása. Például egy zivatarfelhő fejlődését a nagytérségű léggöri állapot határozza meg, a zivatarfelhőben lezajló függőleges tömegátrendeződés pedig módosítja nagytérségű környezetének állapotát. Az ilyen típusú módosulásokat ún. parametrizációs eljárásokkal vesszük számításba, amelyek véletlenszerű

elemeket („sztochasztikus fizikát”) is tartalmaznak. Végül a harmadik fejlesztési irány az előrejelzés kezdeti feltételeinek adekvát, a prognosztikai modell dinamikájához igazított megadása: az inicializálás. A hatalmas költséggel kiépített globális meteorológiai megfigyelő rendszer a tér különböző pontjaiból és különböző időpontokból szolgáltat információt. Kezelésének legfejlettebb módszere az ún. négydimenziós variációs adat-asszimiláció, amelynek számítási igényére jellemző, hogy pár évvel ezelőtt egymagában meghaladta volna sok fejlett meteorológiai központ teljes számítógépes kapacitását.

Am minden erőfeszítés ellenére a *kezdeti feltételek abszolút pontos meghatározása irreális absztrakció*, a kis hibák exponenciális ütemű növekedése pedig azt eredményezi, hogy még egy fizikailag tökéletes modellel sem tudnánk a 2–4 hétnél távolabbi jövőre a légkör állapotát egy „vakprognózisnál” pontosabban előre megadni: a beválás átlagosan nem lenne jobb, mint egy véletlenszerűen kiválasztott állapot előrejelzésésként történő értelmezése. Következésképpen az időjárás-előrejelzések nem lehetnek kategorikusak, azokat – anélkül, hogy tagadnánk a jövőbeli állapotok determinált voltát – valószínűségi formában kell előállítani. Ennek az elvnek a szemléjében született meg – és vált pontosan tíz esztendővel ezelőtt az európai és az amerikai hivatalos előrejelzések operatív gyakorlatává – az *ensemble prognosztika*. Nevét onnan nyerte, hogy (a korábbiakkal ellentétben) nem egyetlen, a legjobbnak vélt kezdeti feltételből számított előrejelzés készül, hanem emellett a „kontroll előrejelzés” mellett még több párhuzamos előrejelzés *együttese* is, amelyek mindegyike ennek a „legjobb” kezdeti feltételnek a hibahatáron belüli módosításaiból (tehát ugyancsak lehetséges kezdőállapotokból) indul ki.

A kutatókat napjainkban is foglalkoztató kérdés, hogy miként történjen a módosított kezdeti feltételek együttesének kiválasz-

tása. Az egyik, mégpedig a legegyszerűbb eljárás a legjobbnak ítélt kiinduló állapot *véletlen perturbálása*. Ennek a technikának a követése eredményezi az ún. Monte Carlo-előrejelzéseket, mivel ez az eljárás áll a legközelebb a Monte Carlo-módszer eredeti jelentéséhez. A válogatásnak ez a módja azonban nem feltétlenül hatékony, aminek a következő magyarázata van. A hibák kaotikus rendszerekre jellemző exponenciális növekedésének oka az állandóan jelen levő dinamikai instabilitás, és a fázistérben 10 és 100 közé tehető azoknak az irányoknak az  $N$  számossága, amelyekben ennek az instabilitásnak a különböző formái lényeges hatással vannak a nagy térségű légköri folyamatok fejlődésére. Ugyanakkor a globális prognosztikai modellek dimenziója,  $n = 10^6 - 10^7$  (erre az  $n \gg N$  választásra a nemlineáris kölcsönhatások, a domborzati és más fizikai kényszerek adekvát leírása, továbbá a lokális megfigyelési adatok nagyobb interpolálási hibáktól mentes asszimilálása érdekében van szükség). Mármost felettébb valószínűtlen az, hogy ebben a  $10^6 - 10^7$ -dimenziós fázistérben néhány, véletlenszerűen kiválasztott perturbációnak lényeges vetülete esik a 10–100 instabilis irányra. Előfordulhat, hogy a véletlen perturbációk többsége stabilis irányokban képeződik le, ezért gyorsan csillapodik, és ezáltal az előrejelzések együttesének a bizonytalanságot jellemző szóródása irreálisan kicsi lesz.

Az instabilis fázistérbeli irányokba mutató, és ezért a leggyorsabban (optimális ütemben) növekedő perturbációk (hibák) kijelölésének ma két módszere ismert. Az egyiket az Egyesült Államok nemzeti időjárás szolgálatánál dolgozták ki; ennek lényege az, hogy a kontroll előrejelzés kezdeti feltételét véletlenszerűen perturbálják, majd ezeknek a perturbációknak a viselkedését több napon át figyelik. Ilyenformán 3-4 nap elteltével természetes úton szelektálódnak a leginkább életképes perturbációk – mondhatjuk azt is,

hogy az eljárás „kitenyészti” az optimális hibákat, ezért arra a *breeding módszer* néven szokás hivatkozni (Tóth és Kálnay, 1997).

Az Európai Középtávú Időjárás-előrejelző Központ (az ECMWF, amelynek produktumai az Országos Meteorológiai Szolgálat 12–48 órás és 3–10 napos prognózisainak is egyik alapjául szolgálnak) a lineáris algebrát alkalmazva azonosítja az optimálisan viselkedő hibákat (Molteni *et al.*, 1996). A Központban a referencia előrejelzés fázistérbeli nemlineáris  $\mathbf{x}(t)$  pályájára érintőlegesen egy kis kezdeti  $\mathbf{y}(t_0)$  perturbáció időbeli fejlődését a linearizálással nyert  $\mathbf{y}(t) = \mathbf{A}(t, t_0)\mathbf{y}(t_0)$  egyenlet segítségével írják le, ahol az  $\mathbf{A}$  tangens operátor a perturbációnak az  $\mathbf{x}(t_0)$  ponthoz tartozó lineáris vektortérét az  $\mathbf{x}(t)$  ponthoz tartozó lineáris vektortérre képezi le. A perturbációk növekedése az  $\mathbf{A}$  operátor *szinguláris szerkezetéhez* kapcsolódik: előállítva az  $\mathbf{A}$  operátor  $\mathbf{A}^*$  adjungáltját, az  $\mathbf{A}^*\mathbf{A}$  operátorszorzatnak a legnagyobb sajátértékekhez tartozó sajátvektorai (tehát az  $\mathbf{A}$  operátor szinguláris vektorai) azok, amelyek a maximális növekedés fázistérbeli irányait kijelölik.

Az ECMWF-ben a referencia előrejelzés mellett ötven perturbált előrejelzést készítenek el, ami természetesen igen hatékony számítástechnikai háttérrel igényel. *Lewis F. Richardson*, aki nyolcvan évvel ezelőtt hosszú hónapokig tartó manuális számolással megalkotta az első számszerű előrejelzést, hatalmas, színházteremhez hasonlító időjárási központot képzelt el, amelyben egymást váltva 64 000 ember dolgozik kézi kalkulátorokkal, hogy az eseményeket az időjárás folyamatát megelőzve *előre* jelezze. „*A ködös jövő egy napján talán lehetséges lesz a számításokkal az időjárás haladásánál gyorsabban előre jutni. De ez álom...*” – írta. Richardson álma az elektronikus számítógépek megjelenésével még a tudós életében elindult a beteljesülés útján, majd felülmúlt minden korábbi elképzelést. Az

ECMWF legnagyobb, 100 processzoros számítógépe például egymagában  $288 \times 10^9$  lebegőpontos műveletet képes elvégezni másodpercenként. A központ az 50+1 ensemble előrejelzés szóródását az ábrázolás különböző szemléletes formáit alkalmazva térképeken és diagramokon juttatja el a tagállamok meteorológiai szolgálataihoz. Az alkalmazott meteorológiai kutatásoknak világszerte az egyik fontos témája most az, hogy miként lehet az objektív bizonytalanságot, a beválás várható valószínűségét a médiában közérthetően nyilvánosságra hozni. A jelenleg követett gyakorlat még az, hogy konkrét valószínűségi szintek közlése helyett a meteorológus a megfogalmazás módjával igyekszik érzékeltetni egy-egy időjárás-előrejelzés megbízhatóságát.

*Célzott megfigyelések: az ensemble előrejelzések tökéletesítésének lehetőségei*

A célzott megfigyelések végzésének gondolatát az a feltételezés motiválta, hogy az áramlási mezőben egy-egy szignifikáns alakzat (például egy trópusi vagy mérsékelt övi ciklon) kialakulásának, áthelyeződésének és életciklusának rövid távú (10 napon belüli) előrejelzése számottevően javítható járulékos speciális mérések végrehajtásával, a kezdeti állapot analízisének pontosításával.

A kérdést kissé közelebből megvilágítva tekintsünk egy légköri képződményt, amely a  $t_0$  kezdeti időpont és egy későbbi  $t$  időpont között fejlődik, és amely a  $t$  időpontra a  $\Sigma_0$  földrajzi tartományba (az ún. *verifikációs tartományba*) helyeződik át. A *célzott (járulékos vagy adaptív) megfigyeléseket* a  $t_0$  időpontban azokban a  $\Sigma_0$  földrajzi tartományokban (az ún. *érzékenységi tartományokban* vagy *céltartományokban*) kell elvégezni, amelyek elhelyezkedése a légköri képződmények áthelyeződését meghatározó „vezető áramlás” irányától függ, továbbá ahol az analízis hibái valószínűleg jelentősek és gyors ütemben növeked-

nek. Az így nyert többletinformációtól elvárjuk, hogy megbízhatóbbá tegye a kezdeti feltételeket, és ennek eredményeként a  $\Sigma_t$  területen növekedjék a  $t$  időpontra szóló előrejelzés bevalási valószínűsége. A céltartományok kijelölésére szubjektív és objektív eljárásokat egyaránt kidolgoztak (Götz, 2001); az objektív eljárások egyike azon az adjungált módszeren alapszik, amely segítségével az ECMWF-ben a leggyorsabban növekedő kezdeti perturbációk kiválogatása is történik.

A rutinmegfigyelések járulékos összetevőit alkotják a többi között ejtőernyővel ellátott rádiószondákat indító repülőgépek és programozott útvonalakon haladó, pilóta nélküli repülőgépek, mobil rádiószondázó állomások (általában hajók), amelyekről csak akkor eresztenek fel műszeres ballonokat, ha az érzékenységi tartományban vannak, továbbá mesterséges holdakra telepített távérzékelő berendezések, amelyeket csak akkor kapcsolnak be, amikor a céltartományokra irányíthatók. Céltartományokként elsősorban az Atlanti-óceán és a Csendes-óceán északi részei jönnek számításba, mivel ezek a körzetek a leginkább adatszegény területek, továbbá mivel az e területek fölött gyakran képződő ciklonok és frontok a felső-troposzférikus vezető áramlás mentén kelet felé vonulva alapvetően meghatározzák Európa, illetve Észak-Amerika napokkal későbbi időjárását.

Az elmúlt öt esztendő során több nagyszabású célzott megfigyelési programra került sor. Közülük kiemelendő a Csendes-óceán téli viharainak felderítésére szolgáló *Winter Storm Reconnaissance* (WSR) program, amelyet az Egyesült Államok 1999 óta immár operatív rendszerességgel szervez meg januárban és februárban. A bennünket közelebről érintő észak-atlanti térség időjárási frontjainak és ciklonpályáinak pontos elemzését az 1997. január-februári *Fronts and Atlantic Storm-Track Experiment* (FASTEX) volt hivatott segíteni (Joly *et al.*,

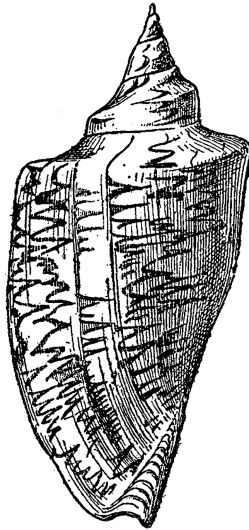
1999). Az így szerzett járulékos megfigyelések hatását napjainkban tanulmányok hosszú sora értékeli. Mind a WSR, mind a FASTEX expedíciók méréseiből levonható következtetések általában pozitívak: a kezdeti feltételek pontosítása az esetek többségében kimutathatóan megbízhatóbb előrejelzések elkészítéséhez vezet. Ám, amint az minden fontos felismerés jellemzője: bővíti tudásunkat, ugyanakkor az új kérdések körét is tágítja. Esetünkben még alapos elemzést igényel, hogy a kezdeti feltételek előállítását végző bonyolult inicializálási eljárás melyik eleme sérül, amikor egy járulékos információ beépítése egy-egy alkalommal kifejezetten rontja a prognózis bevalását. Érdekes, de még nagyrészt megoldatlan probléma az is, milyen fizikai mechanizmus „viszi át” az információt a céltartományból a tőle akár több ezer kilométerre elhelyezkedő verifikációs tartományba (Szunyogh *et al.*, 2002).

Áttekintésünkből kitűnik, hogy a léggör kaotikus viselkedése nyomán az időjárási prognosztika gyakorlatának adekvát kezelése igen hatékony számítástechnikai háttérrel igényel. A kutatóközpontokban az inicializálási eljárásokért, a modellfizika javításáért és az ensemble előrejelzések módszertanáért felelős szakemberek között komoly versengés folyik az állandóan bővülő, de mégis mindig kevésnek bizonyuló számítási kapacitásból való nagyobb részesedésért. Az időjárás-előrejelzések eljárásainak további finomítása ma elsősorban anyagi kérdés, mint ahogyan kizárólag az illetékes döntéshozók elhatározásától függ az is, hogy térségünkben mikor válhat rendszeres gyakorlattá egy-egy veszélyesnek ígérkező időjárási helyzet prognózisának tökéletesítése a nagyon költséges célzott megfigyelések elvégzésével.

Kulcsszavak: *káosz, különös attraktor, kezdeti feltételekre mutatott érzékenység, előrejelezhetőség, ensemble előrejelzések, célzott megfigyelések*

**IRODALOM**

- Götz G. (1995). Az éghajlat szabad és kényszerített változásairól. *Magyar Tudomány* **102**, 1205-9
- Götz G. (2001). *Káosz és prognosztika*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest
- Joly, A. *et al.* (1999). Overview of the field phase of the Fronts and Atlantic Storm-Track Experiment (FASTEX) project. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **125**, 3131-3163
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *J. Atmos. Sci.* **20**, 130-141
- Marx Gy. (2000). *A marslakók érkezése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 263
- Molteni, F., Buizza, R., Palmer, T. N., and Petroliagis, T. (1996). The new ECMWF ensemble prediction system: methodology and validation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **122**, 73-119
- Szunyogh, I., Toth, Z., Majumdar, S. J., and Persson, A. (2002). On the propagation of the effect of targeted observations: The 2000 Winter Storm Reconnaissance Program. *Mon. Wea. Rev.* **130**, 1144-1165
- Tél T. és Gruiz M. (2002). Mi a káosz? (És mi nem az) *Természet Világa* **133**, 296-298
- Toth, Z., and Kalnay, E. (1997). Ensemble forecasting at NCEP and the breeding method. *Mon. Wea. Rev.* **125**, 3297-3319



# KÁOSZ A SZFÉRÁK ZENÉJÉBEN

Kolláth Zoltán

PhD., tud. igazgatóhelyettes, MTA Csillagászati Kutatóintézet – kollath@konkoly.hu

Kepler bolygómozgási törvényeiben az égitestek mozgásában uralkodó rend mutatkozik meg. A tökéletes rendet keresve jutott el Kepler a szférák zenéjének ideájáig is. Ma már tudjuk, hogy az égi mechanika nem csak reguláris pályák létét teszi lehetővé, hanem gyakrabban találhatunk kaotikus mozgásokat. Ha a szférák zenéjéhez keresünk megfelelő hangszereket, nem is kell elhagynunk a csillagászat területét. Kepler még nem tudhatta, de ma már nyilvánvaló tény, hogy egyes változócsillagok fényváltozását a hullámmozgások hasonlósága révén tervezhetünk olyan trombitát, amelynek lehetséges hangmagasságárainyai nagyon jó közelítéssel egyeznek egy csillag sajátrezgéseinek frekvenciaarányaival. Természetesen a frekvenciák értékében több nagyságrendnyi eltérés van, de megfelelő skálázással hallhatóvá tehetők akár a csillagok rezgései is. A csillagászokat sokáig elsősorban a szabályosan lüktető változócsillagok érdekelték, hiszen egyszerűbb volt értelmezni őket, így használhatóvá váltak egyebek között a csillagászati távolságmérés felépítésében. A szférák zenéjének kaotikus dallamaihoz viszont mind elméletileg, mind a megfigyelésekben megtaláltuk a megfelelő hangszereket, azaz a kaotikusan pulzáló csillagokat. A Magyar Tudomány káosszal foglalkozó korábbi számában az első eredményeket ismertettem (Kolláth, 1993). Az elmúlt évtizedben újabb darabkák illeszkedtek a csillagászati események kaotikus kirakójátékába.

A csillagászati adatok feldolgozása különleges kihívást jelent még a nem kaotikus jelenségek elemzésekor is, hiszen sok esetben csak korlátozott időtartamú, erősen zajos idősoraink vannak. Gondoljunk csak el, hogy a kaotikus folyamatok szempontjából érdekes sok változócsillag periódusa éves nagyságrendű, ezért több évtized hosszúságú folytonos megfigyelési sorozatokra van szükségünk. Egy ilyen beláthatatlan végű megfigyelési program megkezdése – különösen a mai tudományfinanszírozási körülmények között – reménytelennek tűnik. Műkedvelő és amatőr csillagászok viszont a kedvükből elvégezték, és napjainkban is folytatják csillagok százainak fénybecslését. Az így megkapható adatsorok hossza és mintavételezése sok esetben megfelel a kívánalmaknak, a jel/zaj viszony azonban már korántsem tekinthető biztónak. Egy másik érdekes jelenség a naptevékenység változása, amelynek domináns periodicitása 11 év. Emberöltök szükségese ahhoz, hogy értelmezhető hosszúságú nyersanyaghoz juthassunk. További nehezítő körülmény, hogy a megfigyelhető jelenségekből kapott számszerűsíthető mennyiségek, például a napfoltszám és a folyamatok háttérben álló fizikai folyamatok között meglehetősen kuszák a kapcsolatok. A megfigyelési zajhoz ráadásul belső, a Nap működéséhez kapcsolódó zajok is társulnak, pl. a konvekció által.

Az égi mechanikához kapcsolódó kaotikus jelenségek majdhogynem a napi sajtó hírei közé is bekerültek a földközeli kisbolygókkal kapcsolatban. Amikor azzal

riogatják az olvasókat, hogy az adott kisbolygó pár száz év elteltével összeütközhet a Földdel, a pontos előrejelzés bizonytalansága a pálya összetettségéből és a jelenlegi pályaelemek pontatlanságából tevődik össze. A nagyközönséget is érdeklő másik terület a más csillagok körül keringő bolygórendszerek, amelyekből az utóbbi években többet is találtak. A jelenlegi megfigyelési technikával csak a nagyobb, Jupiterhez hasonló tömegű bolygók mutathatók ki. Ha ismerjük az ilyen nagyobb bolygók pályáját, akkor viszont ellenőrizhető, hogy a lakható tartományban (ez persze antropocentrikusan definiált) stabilak-e a lehetséges bolygópályák. Ezen a területen hazai kutatások is folynak (Sándor Zsolt és munkatársai, 2000). A vizsgált bolygórendszerek között vegyesen vannak olyanok, amelyekben stabilak és amelyekben instabilak a Föld típusú planéták pályái.

Az előző cikkemben (Kolláth 1993) több egyszerű kaotikus folyamatot ismertettem a csillagok világából, ezek többsége segítséget nyújthat a kaotikus rendszerek folyamatainak megértéséhez. E cikkben az adatfeldolgozásra helyezem a hangsúlyt, talán a csillagászatban elterjedően lévő módszerek így más területeken is használhatóvá válhatnak. Saját kutatásainkban két módszert alkalmazunk rendszeresen a globális fázistér-rekonstrukciót és az idő-frekvencia-eloszlásokat. Mindkettő hatásosnak bizonyult csillagászati adatsorok esetére is.

### *Globális fázistér-rekonstrukció*

Amennyiben egy idősor determinisztikus, kevés szabadsági fokú folyamat eredménye, akkor az adatsort létrehozó dinamikai rendszer legtöbb tulajdonsága rekonstruálható. Elegendő egyszimulációs adatsorból kiindulnunk, hiszen a Takens-tétel, illetve annak kiterjesztései alapján egy  $d$ -dimenziós áramlás definiálható az  $s(t)$  idősorból, ahol  $d$  a beágyazási dimenzió.

A megfigyelésekből előálló fázistérbeli áramlás az  $\mathbf{x}(t)$  vektorral reprezentálható, ami diszkrét mintavételezés ( $t_i = t_0 + i\Delta t$ ) esetén az  $\mathbf{x}^{(i)} = \mathbf{x}(t_i)$  mennyiségekkel adott. A vektor komponensei az általánosan használt időeltolás módszerével adottak:  $\mathbf{x}^{(i)} = \{s(t_i), s(t_i + \tau), \dots, s(t_i + (d-1)\tau)\}$ . Amennyiben az adatsorból rekonstruált fázistér dimenziója elegendően nagy ahhoz, hogy a rekonstrukció egyértelmű legyen, akkor a rendszer determinisztikus volta miatt léteznie kell az áramlást definiáló differenciálegyenlet-rendszernek:

$$dx(t)/dt = f(x(t))$$

– ami ekvivalens egy leképezéssel:

$$\mathbf{x}^{(i+1)} = F(\mathbf{x}^{(i)})$$

Feltételeztük, hogy az  $f$  és  $F$  függvények explicit módon nem tartalmazzák az időt, ami egy pulzáló csillag esetén azt jelenti, hogy a megfigyelések időintervallumán a csillag fizikai paraméterei állandóak, azaz a fejlődési effektusok elhanyagolhatók. Valamilyen funkcionális formát feltételezve a leképezés illeszthető legkisebb négyzetes illesztéssel. Az általunk vizsgált esetekben a leképezés  $F_j$  komponenseit ( $F = \{F_1, F_2, \dots, F_d\}$ ) polinomiális alakban keresve megfelelő eredményeket kaptunk.

A leképezés önmagában még nem jelent használható információt. Az illesztett leképezés jóságáról csak az annak iterálásával kapott szintetikus adatsorok vizsgálatával győződhetünk meg. Az iterálást a kiindulásként használt  $\mathbf{x}^{(i)}$  vektorok valamelyikével mint kezdeti értékkel kezdetjük el. Sikertelen rekonstrukció esetén lehetséges, hogy a leképezés divergens minden kezdeti feltétel esetén, vagy éppen egy konstans értékhez (fixpont) konvergál. Amennyiben oszcilláló szintetikus adatsorokat kapunk, azok is lehetnek minőségükben eltérőek az analízis adatoktól, pl. határciklust kapunk. Mivel objektív kritérium nem létezik az iterált görbék

jóságának megállapítására, az adatsorokat a lehető legtöbb eltérő transzformáció után hasonlítottuk össze: a fázistérbeli trajektóriákat, a Fourier-transzformáltakat, az idő-frekvencia-eloszlásokat és természetesen magukat az idősorokat. Hangsúlyozom, hogy egy az egyben nem hasonlítható össze a szintetikus adatsor a felhasznált változásokkal a kaotikus rendszerek kezdeti feltételekre vonatkozó érzékenysége miatt. Az itt leírtaktól eltérően a leképezést sokszor magán az adatsoron tesztelik. Ehhez az adatokat két részre osztják: az egyikre illesztik a leképezést (ez a tanító rész), a másikon pedig megjósolt és mért adatok közti eltéréssel definiálják a leképezés jóságát.

A rekonstrukció nem végezhető el tetszőleges beágyazási dimenzió ( $d$ ) értékére. A célunk a legkisebb beágyazási dimenzió ( $d^{min}$ ) meghatározása, ami elegendő a sikeres leképezés előállításához. A szükségesnél nagyobb beágyazási dimenzió használata nem célszerű, mivel az illesztendő paraméterek száma szükségtelenül megnövekszik. Matematikailag elég tág határ adható meg a minimális beágyazási dimenzió értékére:  $d^{min} \geq D$ , és  $d^{min} \geq 2D+1$  ahol  $D$  a vizsgált dinamikai rendszer valódi fizikai dimenziója. Több korábbi tanulmányban megkívánták, hogy  $d^{min} = 2D+1$  legyen. Ez teljesen általános esetre garantálja, hogy a rekonstruált fázistérben ne legyenek egymást metsző trajektóriák, azonban a lehetséges adatsorok csak elhanyagolható hányadára kell a legszigorúbb megkövetés szerint eljárni. Mivel  $D$ -t nem ismerjük, az előző egyenlőtlenségek számunkra fontos következménye, hogy  $d^{min}$  felső határt ad a rendszer dimenziójára.

A megfigyelt adatok csak ritkán olyan hosszúságúak, hogy pl. a kaotikus rendszereket jellemző fraktáldimenziót meghatározzuk. A leképezés itt is segítséget nyújt, hiszen segítségével tetszőleges hosszúságú szintetikus adatsorok hozhatók létre, s ezek

kvantitatív jellemzői megadhatók. Az iterált fázistérbeli trajektória és a leképezés együttes ismerete lehetővé teszi az összes Ljapunov-exponens ( $\Lambda_i$ ) meghatározását is. Ezek a mérőszámok adják meg a szomszédos trajektóriák divergenciájának értékét. Legalább egy pozitív exponensnek kell léteznie ahhoz, hogy kaotikus folyamat létrejöheszen, ezért a Ljapunov-exponensek ismerete egyértelmű kritériumot szolgáltat a káosz kimutatásához.

### *A csillagpulzáció kaotikus jelenségei*

Az első kaotikus csillagmodellek másfél évtizede születtek (Buchler és Kovács, 1987), s ezeket a jelenlegi modellszámítások sem tudták jelentősen továbbfejleszteni. Az egyedüli fejlődés az volt, hogy a turbulens konvekció figyelembevételével a pulzációs kódokban kitolta azt a periódusértéket, ahol a szabályos pulzáció kaotikussá válik. Ez a 20 nap körüli periódusérték jobban megközelíti a tapasztalati adatokat, de a hosszabb periódusú csillagok megfelelő modelljeinek elkészítése további kihívás.

A modellszámítások interpretálásában már születtek új eredmények az utóbbi időszakban is. A globális fázistér-rekonstrukció alkalmazásával azt kaptuk, hogy a  $W$  Virginis csillagmodellek kaotikus viselkedése egyértelműen megadható egy 3 dimenziós leképezéssel (Serre és munkatársai, 1995). A leképezés Ljapunov-spektruma alapján a fraktáldimenzió egy 2,0–2,05 közötti érték, hasonlóan a Rössler-rendszerhez. Amikor az attraktor egy közel kétdimenziós felületen helyezkedik el, lehetőség van arra, hogy topológiai szempontból is jellemezzük az attraktort.

A topológiai analízis a periodikus pályák vizsgálatán alapul. Ha elegendő hosszúságú adatsor áll a rendelkezésünkre, akkor abban találhatunk közel periodikus pályákat. Az attraktor topológiája meghatározható abból, hogy a periodikus pályák miként járnak be

azt. Periodikus pálya alatt értek mindent, ami egzaktul ismétlődik valamekkora idő után. Ezek közül csak a legegyszerűbb az, amely egy hullámmal, egy közel szinuszos változással jellemezhető. A többi esetében néhány kissé eltérő „hullám” után ismétlődik megint a folyamat. A továbbiakban az ilyen pályákat az ismétlődő sorozaton belüli nem tökéletes ciklusok száma szerint  $n$ -ciklusoknak nevezem. Egy adott topológia esetén nem létezhetnek tetszőleges  $n$ -ciklusok. A korlátozást az adja, hogy a fázistérben a pályák nem metszhetik egymást. Az attraktort ezen kívül összefüggőnek feltételezve – azaz elvileg bármelyik pontból eljuthatunk az attraktor bármelyik másik pontjába – további periodikus pályák lehetősége kizárható. Amennyiben tisztán kétdimenziós felületben gondolkozunk, egy periodikus pálya azt az előzőek alapján kettészelheti. A hengerpalásthoz hasonló topológia ezek alapján kapásból kiesik a számunkra érdekesek közül. Azt bármelyik egyszerű 1-ciklus kettévágja, bonyolultabb periodikus pályák pedig nem lehetnek, mivel önmagát metszené a trajektória.

A következő érdekes objektum a Möbius-szalag. Aki még nem tette meg, annak érdemes eljátszania vele. Csak egy darab papír, kis ragasztó és egy olló kell hozzá. Egy papírszalag két részét ragasszuk úgy össze, hogy ne hengerpalástot kapjunk, hanem legyen egy félfordulatnyi (180 fokos) csavarodás benne – ezzel létrehoztuk a Möbius-szalagot. Ha hosszában középen elvágjuk a szalagot, akkor ez nem esik két részre (mint egy hengerpalást esetében), hanem egy nagyobb területű gyűrűt kapunk, immár teljes csavarodással. A Möbius-szalagon tehát találtunk egy egyszerű periodikus pályát, ami még nem darabolja azt két részre. Mi a helyzet egy 2-ciklussal? A kísérlet ismét egyszerű: mielőtt összeragasztjuk a papírost, hosszában rajzoljunk rá két vonalat, amelyek éppen harmadolják a téglalapot. Összera-

gasztásnál az egyik vonal vége pontosan a másik vonal végéhez illeszkedik (igazából ehhez átlátszó fóliára kellene rajzolnunk, de a lap másik oldalára is behúvza az egyeneseket, azonos eredményre jutunk). Íme, a papíron mindössze egy zárt vonalunk van, de ez egy 2-ciklusnak felel meg. Az ollóval a kézben ténylegesen tapasztalhatjuk, hogy egy vonal mentén el tudjuk vágni azt úgy, hogy az összes berajzolt vonalnál elhaladtunk. Az eredmény egy nagyobb és egy kisebb területű zárt szalag – azaz a 2-ciklus jelenléte esetén két diszjunkt részre esik szét egyszerű fázistérünk (az egyikből a másikba csak úgy juthatnánk el, ha metszenénk a 2-ciklust).

A Rössler-attraktor nagyon jó közelítéssel megadható két szalaggal. Ehhez két olyan papírcsíkra van szükségünk, amelyek az egyik végén kétszer olyan széles, mint a másikon. Az egyiket csavarodás nélkül illesztjük gyűrűvé, a másikat a Möbius-szalagnak megfelelően 180 fokos csavarodással. Az így létrehozott két alakzatot a csíkok végeinél egymáshoz illeszthetjük. Az együttes felületen a két szalag találkozási vonalánál az egyik irányból érkező pályák két lehetséges útvonalon mehetnek tovább. Az egyes szalagokat jellemezhetjük a rajta lévő 180 fokos csavarodások számával, jelen esetben az egyiket 0-val a másikat 1-gyel. Egy „körbe-körbe” futó pályát így összességében topológiailag megadhatunk egy 1 és 0 karakterekből álló sorozattal. Hasonlóan a  $p$ -ciklushoz egy  $p$ -jegyű, 0 és 1 jelekből álló sorozat, a szimbolikus sorozat tartozik. A tisztán periodikus (1-ciklus) pálya vagy a „0” vagy az „1” egyelemű sorozat, de az előbbi (a korábbi megállapításunkhoz hasonlóan) nem megengedett pálya – itt figyelembe kell venni azt is, hogy csak egy irányba haladhatnak a pályák, s a hengerpalást két fele között csak az egyik irányba lenne lehetséges az átjárás, azaz az egyik oldalon csak egy tranziens idején tartózkodna a rendszer. Így a legegyszerűbb periodikus pálya csak az „1” lehet.

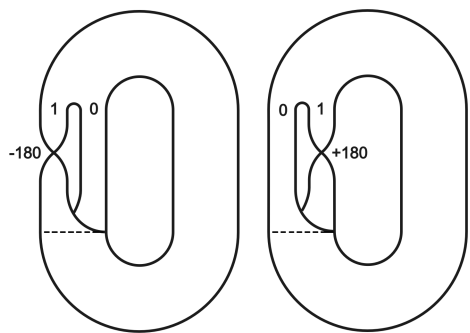
A papíron rajzolgatva talán eljuthatunk néhány további periodikus pályához is, amelyek megfelelnek a kívánalmainknak, de ez már nem egyszerű feladat.

A jelen esetben ismertük a papír alakzatot, amit a továbbiakban *templétnek* hívok. A mérési, megfigyelési adatok feldolgozásakor egy pálya, vagy pályák ismeretében szeretnénk meghatározni a templétet. Egy kaotikus attraktor esetén a periodikus pályák instabilak, de nagyon sokáig követve egy kaotikus trajektóriát, az megközelítheti valamelyik  $n$ -ciklust. Nem kell más tennünk, mint a megfigyelésekből kapott fázis térben keresni az időben távoli, de térben egymáshoz közeli pontokat. Amennyiben ismerjük a rendszerhez tartozó dinamikát (differenciálegyenleteket vagy leképezést), akkor iterációval egyértelműen meghatározhatók az instabil periodikus ciklusok. A következő kérdés, hogy miként azonosíthatjuk, hogy hány szalagból áll a templét, és azok közül éppen melyiken tartózkodik az attraktor. A periodikus pályák a Poincaré-metszeten mindössze néhány ponttal jellemezhetők (a határciklus egy ponttal, míg a  $p$ -ciklusok  $p$  darab ponttal). Minden egyes ponthoz megadható, hogy a szalagok közül melyiken található a Poincaré-metszet alapján gyártott első visszatérések térképe (Poincaré-leképezés alapján).

Ha megtaláltuk az összes periodikus pályát, és meghatározzuk a hozzájuk tartozó szimbolikus sorozatokat, akkor kvantitatív leírást kapunk az attraktorhoz. Kimutatták, hogy ez az információ elegendő lehet az attraktor topológiai jellemzéséhez. A teljes folyamat itt nem mutatható be, de pár lépést, kiindulópontot ismertetek. A szimbolikus sorozatokhoz található egy elv, amellyel sorba rendezhetők, illetve egy transzformáció, amellyel szimbolikus koordináták definiálhatók. Az adott attraktorban talált, a sorrendben a legmagasabb értékű pálya az összes, nála kisebb értékű periodikus pályát is indukálja.

A két szimbolikus koordinátával definiált síkon a véges hosszúságú adatszegmensek egy-egy ponttal jellemezhetők, melyek között a periodikus pályák kitétetett helyzetet foglalnak el. A szimbolikus síkon a periodikus pályák lehetséges hierarchiája jól jellemezhető. Síkra vetítve egy periodikus pályát, a szalagok csavarodásai jellemezhetők azzal, hogy miként keresztezi saját magát a trajektória (a felül lévő milyen irányba halad). Erre egy algebrai módszer is használható, amivel egyszerűvé válik a topológiai szerkezet ellenőrzése.

A W Virginis-modell attraktora a Rössler-rendszerhez hasonlóan közel két szalaggal jellemezhető, de az egyes sávok finom, több-rétegű szerkezete határozottabban megfigyelhető. Az előbbieken ismertetett módon a két szalaggal jellemzett topológia jól definiálja a rendszert. Az attraktoron az 10110 sorozattal jellemzett 5-ciklus indukálja a lehetséges periodikus pályákat. (A periodikus ciklusok szekvenciái 1, 10, 1011, 10111, 101110, 101111 stb.) A topológiára vonatkoztatva az az eredmény adódik, hogy az attraktor hasonló a Rössler-rendszerhez, de még egy csavarodás figyelhető meg az egyik szalagon (1. ábra).

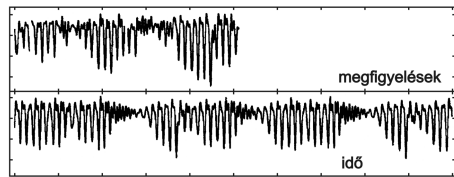


1. ábra • A Rössler-rendszer (bal oldal) és a W Virginis-modell (jobb oldal) attraktora. A templét a szaggatott vonal mentén összeillesztett két szalagból áll

A modell vizsgálatánál kapott legfontosabb eredmény az, hogy attól függetlenül, hogy a csillag sugarát vagy annak teljes fényességét használtuk fel mint megfigyelt egydimenziós változót, azonos eredményhez jutottunk. A csillag dinamikájában a sugár alapvető változó, a luminozitás (teljes fényesség) viszont egy bonyolult leszármaztatott mennyiség. A Takens-tétel majdnem mindig alkalmazható, de lehetségesek a fizikai változók olyan függvényei, amelyekeken keresztül vizsgálva a rendszert torzított képhez jutunk. A topológiai azonosság alapján csillagok esetén a fényesség jól viselkedő mennyiség. Ez azért jelentős, mert a megfigyelések jelentős része csak a fényességet adja meg, csak elhanyagolható mennyiségben léteznek – a számunkra érdekes csillagok esetén – elegendő hosszúságú radiális sebesség-görbék.

Az RV Tauri típusú változócsillag, az R Scuti előzetes vizsgálata (Kolláth, 1993), az adatsor Fourier-transzformációja és a geometriai fázistér-rekonstrukció kaotikus dinamika jelenlétére utalt. A globális fázistér-rekonstrukció újabb lehetőséget adott az előzetes eredmények megerősítésére és kvantitatív vizsgálatára (Buchler és munkatársai, 1995, 1996). Munkánkban az AAVSO (American Association of Variable Star Observers) vizuális megfigyelésekből származó adatbázisát használtuk fel. Az egyedi fényességbecslések hibája nagy (kb. 0,1 magnitúdó), de az adatpontok nagy száma miatt a 2–5 napos átlagok esetén már elfogadható a jel/zaj viszony. A rövid adathiányokat simító interpolációval fedtük le, ami egyúttal aluláteresztő szűrést is jelentett. Az általunk használt spline algoritmusban paraméterként megadható az eredeti adatok és a spline közötti négyzetes eltérés. A globális fázistér-rekonstrukciót a paraméter több értékére teszteltük, a 0,06 értéket találtuk optimálisnak, ami megfelel az adatsor zajszintjének. A legalacsonyabb beágyazási dimenzió,

amely elvileg kaotikus folyamatot eredményezhet:  $d=3$ . Az R Scuti esetében azonban nem találtunk olyan 3 dimenziós leképezést, amelynek iterációjával a megfigyelésekhez közeli szintetikus adatsort kaptunk volna. Eggyel növelve a dimenziót viszont robusztus leképezés adódott. A változás jól modellezhető egy négydimenziós negyedrendű leképezéssel. A megfigyelt és az iterált adatsor egy-egy részét a 2. ábrán láthatjuk.



2. ábra • Az R Scuti megfigyelt fényváltozása (fönt) és az illesztett leképezés alapján kapott szintetikus adatsor (lent)

A sikeres 4-dimenziós leképezés azt jelenti, hogy a fénygörbe leírásához elegendő négy közönséges differenciálegyenlet. A csillagpulzációra alkalmazva azt kapjuk, hogy mindössze két (komplex) pulzációs módus kölcsönhatása szükséges ahhoz, hogy az összetett és szabálytalannak tűnő változást modellezzük. Az illesztett leképezés alapján meghatároztuk a Ljapunov-exponenseket, melyekből egy pozitív, egy nullának tekinthető (folytonos áramlások esetén legalább egy Ljapunov-exponensnek zérónak kell lennie), a fennmaradó kettő negatív. Ez az első erős bizonyíték arra, hogy szabálytalan fénygörbe alacsony dimenziójú káosz eredménye. A Ljapunov-spektrum alapján becslést adhatunk a fraktáldimenzióra, melynek értéke az R Scuti esetén kb. 3,1. Ez azt jelenti, hogy a fázistér dimenziójának legalább 4-nek kell lennie.

A kapott leképezés lineáris stabilitásvizsgálata egy spirálisan növekvő és egy csökkenő amplitúdójú módust mutatott ki (instabil és

stabil fókuszpont), amely a Shilnikov típusú instabilitásokra jellemző. A két módus frekvenciái közel vannak az 1:2 rezonanciához:  $f_1=0,0069 \text{ nap}^{-1}$  és  $f_2=0,0147 \text{ nap}^{-1}$ . A kisebb frekvenciájú módus az instabil. Az ehhez tartozó mozgás növekvő amplitúdójú, kifelé spirálózó. Az amplitúdó növekedését a két módus kölcsönhatása állítja meg, azaz a mozgás átvált az  $f_2$  frekvenciájú befelé spirálózó mozgásba. A két rezgési módus kölcsönhatása megmagyarázza, miért négydimenziós-nak adódott a rekonstruált rendszer, hiszen minden (komplex) rezgési módushoz két szabadsági fok tartozik. A megfigyelések értelmezésével kapcsolatban ez az eredmény azért jelentős, mert a  $2f_1$  és az  $f_2$  közötti frekvenciatartományban a kölcsönhatásból eredő frekvenciamoduláció megfigyelhető lehet. Ilyen jellegű modulációt sem a megfigyelési zajok, sem a csillaghoz tartozó egyéb folyamatok (pl. konvekció, tömegvesztésből származó csillagkörüli anyag változó fényelnyelése) nem hozhatnak létre. Ezért az amplitúdó változásával korreláló frekvencia-csúszkálás a nemlineáris móduskölcsönhatás és az ebből származó kaotikus jelnyomata lehet. Félig szabályosan változó csillagok (RV Tauri, félszabályos és Mira típusú változók) tucatját vizsgáltuk meg az elmúlt évben idő-frekvencia-eljárások segítségével. Többségüknél megfigyelhető az említett moduláció. Az adatsor egyszerű Fourier-transzformációjával nem vehetők észre ezek a modulációk. Ennek fő oka, hogy ezeknél a frekvenciáknál az amplitúdó egyébként is kicsiny, s a periódus változása miatt még inkább elmosódnak ezek a komponensek. A Fourier-transzformált alapján sokszor tévesen szabályosan periodikusnak gondolják ezeket a csillagokat. Ha megfelelő idő-frekvencia-eloszlásokon alapuló módszerekkel vizsgáljuk az adatokat, s a magasabb frekvenciájú tartományt szűréssel felerősítjük, azonnal szembeötünő a valójában komplex viselkedés. Egyes csillagokról egymástól független meg-

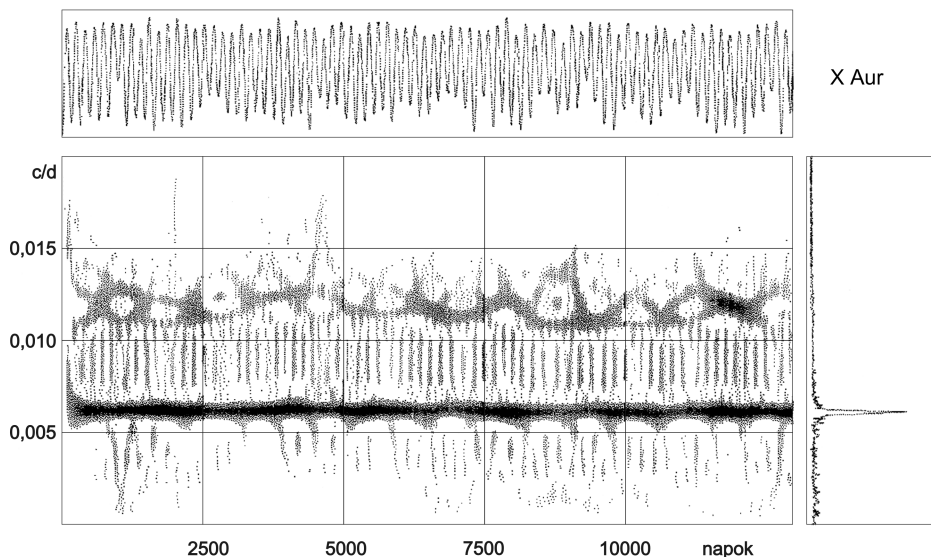
figyelési adatok is rendelkezésre állnak: az egyik professzionális, majd két évtizednyi fotoelektromos észlelési sorozat, a másik pedig amatőr csillagászok fénybecslései alapján. A független és eltérő jellegű megfigyelési zajok ellenére a kapott idő-frekvencia-térképek szinte tökéletesen megegyeznek, azaz a módus-kölcsönhatások fényváltozásbeli lenyomatai szignifikánsak. Példaként az X Aurigae Choi-Williams típusú idő-frekvencia-eloszlását a 3. ábrán mutatjuk be. Jól megfigyelhető az első harmonikus környezetében az erős frekvenciamoduláció, amiről a Fourier-transzformált semmilyen információval nem szolgál.

### *A naptevékenység kaotikus jellege*

A naptevékenység változásai földi hatásokkal is járnak, például a globális klímaváltozásokban fontos szerepet játszhat a jelenség. Schwabe 1843-ban közölte a napfoltszámok 11 éves ciklusát, s mérföldkönek számító munkájában már a maximumok nagyságának változására is bizonyítékkal szolgált. Ma már tudjuk, hogy a naptevékenység változása nagyon összetett jelenség, változó amplitúdóval és periódusokkal. A naptevékenység előre jelezhetősége régi probléma, és manapság is újabb és újabb kísérletek történnek a folyamat modellezésére.

A kaotikus folyamatok itt is fontos szerephez jutnak. Összefoglalónkban csak szemezgetünk az utóbbi években megjelent eredmények közül, amelyek a nemlineáris dinamikai jelenségek és a naptevékenység kapcsolatával kapcsolatosak.

A napfoltok és más aktivitással kapcsolatos jelenségek változásának hátterében egy dinamóeffektus van, amely a Nap differenciális rotációját kapcsolja a mágneses térhez. A dinamómodellek többsége mint nemlineáris dinamikai rendszer képes kaotikus folyamatokat produkálni. A dinamó-elméletből leszármaztatott egyszerűsített



3. ábra • Egy Mira csillag, az X Aurigae fénygörbéje (fent), annak Choi–Williams típusú idő–frekvencia-eloszlása (lent) és frekvenciaspektruma (jobbra)

modellek is jó kiindulópontot adnak a lehetséges kaotikus folyamatok tanulmányozásához. A redukált modellekről Charbonneau (2001) publikált összefoglalót. A dinamóegyenletek alapján több egydimenziós leképezés is felírható, lényegében a logisztikus leképezéshez közeli tulajdonságokkal. Ha a napfoltszám maximumainak adatsorából levonjuk annak megfelelően képzett mozgátlagát, akkor egy olyan sorozatot kapunk, amelyben felváltva kisebb-nagyobb az érték. Az irodalomban páratlan-páros effektusként szerepel ez a folyamat. Ez hasonló a logisztikus leképezés esetén kapható perióduskétszereződési tartományhoz. A redukált dinamómodellekben is hasonló folyamatot figyelhetünk meg. A vizsgálatok szerint a páratlan-páros sorozat akkor is megmarad, ha a leképezést zajjal gerjesztjük. Ez fontos, mivel a Nap esetén jelentősek lehetnek magasabb dimenziójú (a konvekcióhoz kapcsolódó) folyamatok is. Vizsgáltak olyan sztochasztikus leképezést is, ahol  $e$  leképezés kontrollparamétere is véletlenszerűen válto-

zott, például mind  $\epsilon_n$ , mind  $\gamma_n$  véletlen változó az alábbi egyenletben:

$$P_{n+1} = \gamma_n p_n^2 (1 - p_n) + \epsilon_n.$$

Ha  $g_n$  értékeit a  $[4,5, 6,5]$  intervallumból választjuk, akkor ki-bekapcsoló típusú intermittencia jelensége is fellép, azaz a modell szerinti napfolttevékenységnek időszakonként csökken az intenzitása. Hosszan tartó minimumok valóban megfigyelhetők a napaktivitásban, de ezek jellege kissé eltérő.

Mit mondhatunk a megfigyelt napfoltszám váltakozása alapján a jelenség hátterében lévő dinamikáról? 150–200 évnyi megbízható adatsor áll a rendelkezésünkre, ami kevesebb, mint 20 ciklust jelent. Az adatsor rövidege ellenére többen is megkíséreltek modelleket illeszteni az adatokhoz. Serre és Nesme-Ribes (1996) a már korábban bemutatott globális fázistér-rekonstrukciót alkalmazva azt kapta, hogy egy négydimenziós leképezéssel a megfigyelthez hasonló adatsorok készíthetők. A jelenségkör fontossága miatt módszerek

széles skáláját alkalmazták már erre az adatsorra. Érdekes megközelítés a leképezés illesztése genetikai algoritmussal (Orfila és munkatársai, 2002). Az eljárás lényege, hogy az időeltolás módszerével kapott állapotvektor véletlenszerűen kiválasztott elemeit a négy alapművelet közül véletlenül kiválasztott módon kapcsolják össze, s a lehetséges paramétereket az adatsor egyik részével illesztik. A kezdeti 120 populációból kiválasztják a legjobbakat az adatsor másik részén megfigyelt előrejelző képességük alapján. A megmaradt populáció elemeit véletlenszerűen keverik, és mutációkkal látják el, s a „természetes kiválasztódás” előlről kezdődhet. A 10 000 generáció után kapott egyenleteket fogadták el a naptevékenység modelljének. Saját kritikám az eljárásról az, hogy a kapott egyenlet alakja bevallottan nagyon esetleges. Kis változtatás az adatok kezdeti feldolgozásában (simítás, szűrés) merőben eltérő formájú eredményre vezethet. Ennek megfelelően a felírt formula nem mond semmit a folyamat hátterében lévő fizikai folyamatokról. Ne feledkezzünk el arról sem, hogy ezzel a módszerrel is csak a következő ciklusról mondhatunk valamit, s azt is meglehetősen nagy hibával.

Mivel még a közelmúltban is használtak lineáris sztochasztikus modelleket a napfoltszám változásának modellezésére, érdemes ellenőrizni, hogy ezek mennyire lehetnek elfogadhatóak. Sello (2001) ezt a kérdést is vizsgálta a napciklus előrejelzését tárgyaló munkájában. A szurrogátumok módszerét (olyan helyettesítő adatok, amelyek az adatsor valamely tulajdonságait utánozzák, jelen esetben a lineáris viselkedést) alkalmazta arra, hogy statisztikailag ellenőrizze a linearitás hipotézisét. A helyettesítő adatok a napfoltszám változásához illesztett lineáris sztochasz-

tikus folyamatok voltak, amelyek egy megfelelően választott lineáris és nemlineáris statisztika segítségével hasonlíthatók a megfigyelt adatokhoz. A nemlineáris statisztika olyan redundancia volt, amelyet az adatsor entrópiájából valamint az időeltolt időszorral kapott kereszt-entrópiájából származtattak. Ehhez a nemlineáris redundanciához természetes módon hozzárendelhető egy lineáris is. A vizsgálatok szerint a lineáris redundancia nem tesz különbséget a napfoltszám alakulása és  $s$  szurrogátumok között, de a nemlineáris redundancia egyértelműen mutatja ezen egyszerű modellek hiányosságait. Sello megadja a napfoltszámadatakból származtatott Ljapunov-exponenseket is, melyekből kettőt becsült pozitív értékűnek. A Ljapunov-dimenzió 4 felettinek adódik. Véleményem szerint egy ilyen rövid adatsorból túlzás egy ilyen értéket határozottan megadni, de az adatokban lévő komplexitás meggyőzően adódik a vizsgálatból. Munkájában az is egyértelművé vált, hogy a napfoltszám előrejelzéséhez nemlineáris modelleket kell használnunk, de a kaotikus viselkedés miatt a prognózisok erősen korlátozott jellegűek.

A változócsillagok esetén az idő-frekvencia-eloszlások finomszerkezete a káosz jellegzetességének bizonyult. Jelen sorok szerzője megvizsgálta a napfoltszám adatsorait is a frekvenciatartalom időbeli változása szempontjából. Itt is léteznek korábban nem regisztrált szerkezetek. Serre és Nesme-Ribes modelljeinek stabilitásvizsgálata is utal arra, hogy több rezgés kölcsönhatása is jelen lehet a háttérben lévő dinamikai rendszerben. Ha majd sikerül teljesen feltárni ezeket a központi csillagunkra vonatkozó fizikai jelenségeket, talán a szférák zenéjének a földi élet szempontjából legfontosabb hangszerét is megismerhetjük.

## IRODALOM

- Buchler, J. R., Kolláth, Z., Serre, T. and Mattei, J. A. (1996). Nonlinear Analysis of the Irregular Variable Star R Scuti. *Astrophysical Journal* **462**, 489
- Buchler, J. R. and Kovács G. (1987). Period-doubling Bifurcations and Chaos in W Virginis Models. *Astrophysical Journal Letters* **320**, 57-62
- Buchler, J. R., Serre, T., Kolláth, Z. and Mattei, J. A. (1995). A Chaotic Pulsating Star – The Case of R Scuti. *Phys. Rev. Lett.* **74**, 842-845
- Charbonneau, P. (2000). Multiperiodicity, Chaos and Intermittency in a Reduced Model of the Solar Cycle. *Solar Physics* **199**, 385-404
- Kolláth Z. (1993). Égi káosz. *Magyar Tudomány* **38**, 415-424.
- Letellier, C., Gousbet, G., Soufi, F., Buchler, J. R. and Kolláth, Z. (1996). Chaos in Variable Stars: Topological Analysis of W Vir Model Pulsations. *Chaos* **6(3)**, 466-476
- Orfila, A., Ballester, J. L., Oliver, R., Alvarez, A. and Tintoré, J. (2002). Forecasting the Solar Cycle with Genetic Algorithms. *Astronomy and Astrophysics* **386**, 313-318
- Sándor Zs., Erdi, B. and Efthymiopoulos, C. (2000). *Celest. Mech. and Dyn. Astron.* **78**, 113
- Sello, D. (2001). Solar Cycle Forecasting: A Nonlinear Dynamics Approach. *Astronomy and Astrophysics* **377**, 312-320
- Serre, T., Buchler, J. R. and Kolláth, Z. (1996). Search for Low Dimensional Chaos in Variable Star Data. *Astronomy and Astrophysics* **311**, 833-851
- Serre, T. and Nesme-Ribes, E. (2000). Nonlinear Analysis of Solar Cycles. *Astronomy and Astrophysics* **360**, 319-330

## A KÁOSSZAL FOGLALKOZÓ TANULMÁNYOK A TERMÉSZET VILÁGÁBAN

A káosz rejtelseit sok irányból bemutató cikksorozatunk ez évi júliusi számunkban kezdődött. A káosznak a modern természet-tudományokban játszott szerepét taglaló, szemléletgazdagító sorozatunkat 8-10 részesre tervezzük. A sorozat összeállítója, szakmai irányítója *Tél Tamás*, az Eötvös Loránd Tudományegyetem elméleti fizikai tanszékének egyetemi tanára.

### *Eddig megjelent cikkeink:*

- Tél Tamás – Gruiz Márton: Mi a káosz? És mi nem az (Természet Világa 2002. július)
- Gáspár Vilmos: Játsszunk káoszt! Káosz: determinisztikus rendszerek véletlenszerű viselkedése (2002. július)

- Scheuring István: Káosz az előközösségekben (2002. augusztus)
- Domokos Gábor: Püthagorasz, Rényi és a lemmingek, avagy a káosz irracionálitása (2002. szeptember és október)

### *Megjelenés előtt:*

- Szunyogh István: Lokális alacsony dimenziós viselkedés a légkörben
- Boda Miklós – Vattay Gábor – Veres András: Kaotikus viselkedés az interneten

### *Előkészületben:*

- Gáspár Vilmos: Káosz és káoszsabályozás kémiai rendszerekben
- Stepán Gábor: Kaotikus jelek felismerése a mérnöki alkalmazásokban
- Érdi Bálint: Káosz a Naprendszerben
- Neufeld Zoltán: Kaotikus keveredés a légkörben és az óceánban
- Kolumbán Géza – Vizvári Béla: Kaotikus jelek adatátviteli alkalmazása.

## *Európában*

# NÉHÁNY GONDOLAT A MAGYARORSZÁGOT ÁTSZELŐ KÖZÜTI KÖZLEKEDÉSI FOLYOSÓKRÓL<sup>1</sup>

Fleischer Tamás

építőmérnök, közgazdász, a közgazdaságtudomány kandidátusa,  
a MTA Világgazdasági Kutatóintézet tudományos főmunkatársa – tfleisch@vki.hu

A cikk először a gyorsforgalmi folyosók európai szintű fejlesztésének néhány tanulságát tekinti át. Ezt követően olyan hálózat-kialakítási kritériumokat határoz meg, amelyek kielégítésével a magyar gyorsforgalmi közúthálózat távlatilag alkalmassá tehető az általános politikai konszenzust élvező térségi, környezeti, társadalmi és gazdasági célkitűzések elérésének elősegítésére. A kritériumok alapján a cikk bírálja a jelenleg érvényben lévő távlati „2030-as” közúti gyorsforgalmi hálózat elképzelését, és vázolja a kívánalmaknak jobban megfelelő hálózat sűrűségére és struktúrájára vonatkozó követelményeket. Az átfogó célkitűzések alapján levezetett hálózat segítségével elemezhetővé válnak a jelenlegi programokban, így a Széchenyi Terv autópálya-fejlesztési programjában is szereplő, kiépítésre szánt útszakaszok. Megállapítható, hogy a rövid távon előirányzott építkezések harmada egyáltalán

nem illik bele a jövőbeli gyorsforgalmi hálózatba, további közel egyharmada pedig csak kisebb módosításokkal válik beilleszthetővé.

### *Itt az idő*

2001 szeptemberében az Európai Unió nyilvánosságra hozta új közlekedéspolitikáját (Time to Decide 2001). A dokumentum címe – *Ideje határozni* – arra utal, hogy a döntéshozók fontos szemlélet- és irányváltást tartanak szükségesnek a közlekedéspolitikai gondolkodásban. Számot kellett vetni azzal a ténnyel, hogy egyfelől megállás nélkül nő tovább a mobilitás iránti igény, másfelől viszont az a politika, amely megpróbálta kielégíteni és kiszolgálni az elvárásokat, nem tudott változtatni a körülmények tartósan romló tendenciáján: fokozódó torlódások, gyenge minőségű szolgáltatások, környezeti károk, súlyos balesetek és egyes térségek izolálódása jellemzi ma is az európai (uniós) közlekedés helyzetét.

Az új dokumentum fő üzenete: *nem engedhető meg, hogy a továbbra is kívánatosnak tekintett gazdasági növekedéssel lépést tartson a forgalom növekedése; a beavatkozásoknak célként kell tekinteniük a mobilitás visszafogását, valamint a forgalom-*

<sup>1</sup> A cikk elkészítéséhez a szerző felhasználta a Magyar Közlekedési Klub hazai közlekedést elemző kötetéhez (szerk. dr. Kiss Károly) készült saját, hasonló témájú írását, továbbá a magyar autópálya-hálózat Széchenyi Tervben szereplő fejlesztési programjához készített stratégiai környezeti vizsgálat elemzéseit. (ld. Fleischer – Magyar – Tombácz – Zsikla, 2001)

nak a különböző közlekedési módok közötti egyenletesebb megosztását.

Az új közlekedéspolitika a jelenlegi helyzet elemzésekor őszintén mérlegre teszi elődje, az 1992-es Közös Közlekedéspolitika célkitűzéseit és eredményeit is. Megállapítása szerint a fő célt, hogy az egyes országok zárt közlekedési piacait egyesítsék, az Európai Unión belül az elmúlt évtizedben (a vasút kivételével) lényegében elérték: másfelől a piacnyitás következményének is tekinthető a tarifáknak a valós költségek alatti szintre csökkenése és a közúti szállítások iránti igények növekedése.

Tekintettel arra, hogy az 1996-ban a magyar parlament által elfogadott hazai közlekedéspolitika, valamint a kelet-európai közlekedés szerkezetét alapvetően befolyásoló nemzetközi közlekedési folyosók rendszere is a korábbi, 1992-es Közös Közlekedéspolitika célkitűzéseit vette alapul, azzal összhangban fejlődött, a jelenlegi magyar helyzet elemzésekor érdemes visszatekinteni erre a most meghaladott dokumentumra.

#### *Az Európai Unió 1992. évi Közös Közlekedéspolitikája*

Az 1992-es Közös Közlekedéspolitika (Common Transport Policy, Id. CTP 1992) alapelve *egységes hálózat megteremtése volt az egységes piachoz*. Az Unió közös közlekedéspolitikája hét pilléren nyugszik:

1. hatékonyan működő, az emberek és áruk mozgását megkönnyítő *belső piac*;

2. a legmegfelelőbb technológiát alkalmazó *koherens és integrált közlekedési rendszer*;

3. egy *transzeurópai közlekedési hálózat*, amely összeköti a nemzeti hálózatokat, lehetővé teszi azok együttműködését, az Unió perifériális régióit összekapcsolja a magtérsséggel;

4. a közlekedési rendszerbe beépülő *környezet iránti elkötelezettség*, ami elősegíti a nagyobb környezeti problémák megoldását;

5. a lehetséges legszigorúbb *biztonsági előírások* érvényesítése;

6. a közlekedésben dolgozók és a felhasználók védelmét és érdekeit szolgáló *szociálpolitika*;

7. *a kapcsolatok fejlesztése külső országok felé*.

Ezek az alapelvek mind a piaci, mind a fizikai kapcsolatok vonatkozásában *makroszinten foglalkoztak az összekötésekkel*. A 'belső' kifejezés ebben az összefüggésben azt jelenti: Unión belüli, az uniós országok közötti. Azokkal a közlekedési feladatokkal, amelyek az *egy-egy országok vagy régiók belső kapcsolatait érintik* – a szubszidiaritási elv értelmében –, nem foglalkozott a Közös Közlekedéspolitika (amint a neve is kifejezte).

#### *Transzeurópai hálózatok*

Az országok közötti kapcsolatok javításának fő eszközei az EU koncepciójában a *transzeurópai hálózatok*.

A Transzeurópai Hálózatok (TEN = Trans-European Networks) a közlekedés, a távközlés és az energia európai hálózatainak gerincelemeit foglalják magukban. A nyolcvanas években kialakított fejlesztési programokat 1989-ben a strasbourgi csúcsertekezleten vitatták meg, majd az elképzelés az 1991 decemberében aláírt Maastrichti Szerződés részévé vált, és – amint jeleztük – a Közös Közlekedéspolitikának is az egyik pillére volt.

A gyakorlatban a TEN kérdéskörében döntő szerepet kaptak a hálózat kialakításához szükségessé váló *beruházások*, ezekből is az Európa Tanács által 1994 decemberében kiemelt 14 nagy projekt. E beruházások elkészültét eredetileg 2005 végére irányozták elő. A tervezet jellegzetessége, hogy az EU magterületén, elsősorban a francia hálózathoz kapcsolódva számít csaknem 5000 km új, nagy sebességű vasúti pálya megépülésére. Innen távolodva a másik súlypont a (görög, portugál, ír, skandináv) peremvidé-

kek meglévő hálózatainak autópályákká, hagyományos, de korszerű, 200 km/ó sebesség körüli közlekedésre alkalmas vasutakká, illetve autóutakká történő fejlesztése.

A transzeurópai közlekedési hálózat egészekörülbelül négyszer akkora fejlesztési igényt képvisel, mint a 14 kiemelt projekt; a becslések szerint 2010-ig mintegy 400 milliárd euró a finanszírozási igénye, amit döntő részben (legalább 90 %-ban) a projektek által közvetlenül érintett országoknak kell előteremteniük. (TEN Guidelines, 1996)

Alá kell húzni, hogy az egész TEN koncepció arra épül, hogy az átlapoló hálózatoknak az egyes régiókon belül meglévő, működő közlekedési rendszereket kell egymással összekötniük.

*Közép- és Kelet-Európa csatlakozni kívánó országaiban viszont egyáltalán nem elegendő a nagy európai hálózatokhoz való kapcsolódást tekinteni megoldandó feladatnak. Ezekben az országokban ezzel párhuzamosan azt is biztosítani kell, hogy a ma még hiányos nemzeti és regionális szintű hálózatok olyan működő rendszereket alkossanak, amelyek képesek megfelelően ellátni a régiókon és az egyes országokon belüli kapcsolatokat.* A régióközi hálózat-elemek nem helyettesíthetik ezt a hiányzó belső kapcsolatrendszert, sőt, a transzeurópai gerinclemeztől várt hatások térségi érvényre jutásának kifejezetten feltétele, hogy *létezzon és jól működjön* a helyi háttérkapcsolatokat megeremlítő hajszállérrendszer.

#### *Páneurópai folyosók*

A kilencvenes évek elejétől a korábban vasfüggönnyel elzárt országokban végbement politikai rendszerváltozás, továbbá a kereskedelmi kapcsolatok átrendeződése miatt egyre jobban előtérbe került az európai *kelet-nyugati* kapcsolatok kérdése. Az átalakuló országok meglévő és tervezett közlekedési hálózatait új szemszögből ártértékelve dön-

tővé vált annak vizsgálata, mely hálózatelemek képesek az uniós TEN átlapoló / hálózat-tervezetek kiterjesztéseként funkcionálni.

A transzeurópai hálózatok keleti folytatásáról az Európai Unió szintjén az 1991-ben Prágában megrendezett I. Páneurópai Közlekedési Konferencián kezdődött el a párbeszéd. Az 1994-es második konferencia Krétán már kilenc konkrét folyosót jelölt ki, amelyeket az 1997-es helsinki, harmadik konferencia még eggyel bővített. Ezek ún. *multimodális* (több közlekedési ágra kiterjedő) folyosók.

Szembetűnő az észak-déli kapcsolatok ritkasága a közép-európai térségben. Az egyetlen összefüggő észak-déli összeköttetés a finn és a görög hálózat kapcsolatát a térség keleti részén megeremlítő IX-es korridor jelenti. Például a minket közelebből érintő zónában a 668 km hosszú szlovák-magyar határ Pozsonytól keletre eső 660 km-es szakaszán nincs kapcsolat a két ország között. Az említett IX-es korridoron kívül egyetlen további észak-déli összeköttetés van, ez az I-es, a VI-os, az V-ös, a IV-és a X-es folyosók darabjaiból áll össze, és lényegében Bécs megközelítésével teremt meg a csatlakozó országok egymás közötti kapcsolatát. Ez jól mutatja, hogy a hálózat kialakításakor alárendelt szerepe volt minden olyan térségi szempontnak, amely *nem* a korábban kialakított TEN-hálózat folyosóinak meghosszabbítását segítette elő.

#### *A TINA-hálózat (=Transport Infrastructure Needs Assessment)*

1995-től a páneurópai hálózat Európai Unión kívüli – a TEN kiterjesztésének számító – részeire külön programot kezdeményeztek az EU és a csatlakozó országok közlekedési miniszterei. Ez a TINA program, amelynek eredeti célja *a közlekedési infrastruktúra-igények felmérése, a hálózat és a fejlesztési elképzelések értékelési módszerének*

*kifejlesztése és a hálózathoz kapcsolódó információrendszer kialakítása volt. Ahogy azt a TINA 1998-ben elkészített jelentése (TINA 1998) bemutatja, a csatlakozó országok valóban lehetőséget kaptak arra, hogy saját elképzeléseik alapján kiegészítő elemeket javasoljanak a hálózatba. Ezeket az elemeket azonban eleve másodlagos fontossággal vették figyelembe, a gerincelemeket kizárólag a helsinki folyosók, vagyis a TEN hálózat nyugat-európai szemszögből megtervezett kiterjesztő elemei adják.*

Érdeemes felidézni, hogy a prioritások eldöntésére milyen „kifinomult” és „körültekintő” módszert alkalmazott a TINA eljárása: „... a Bizottság azt javasolta, hogy a páneurópai konferencia eredményei, azaz a tíz multimodális páneurópai közlekedési folyosó szolgáljon alapul a gerinchálózat meghatározása során. Láthatóan minden érdekelt egyetértett a folyosók iránti igényre, tehát nem volt szükség további gazdasági és pénzügyi indoklásra.”<sup>2</sup> (TINA 1999).

A TINA-folyamat formális célkitűzése egy értékelési eljárás elvégzése volt, a gyakorlatban azonban úgy funkcionál, mint ha egy hálózatra vonatkozó politikai testületi határozat lenne. Erre a hálózatra azonban nem készült stratégiai környezeti értékelés („hiszen a TINA egy értékelés, az értékelést nem kell értékelni”), maga a TINA-eljárás azonban forgalmi-műszaki és pénzügyi kérdésekre koncentrált, azaz nem csupán a szociális és a környezeti, de a hálózati szempontokat sem vette körültekintően figyelembe.

Az utóbbi években a közép- és kelet-európai országok sorra tudatára ébrednek annak, hogy a sebtében elfogadott gerincvonalak egyáltalán nem úgy haladnak, ahogy arra a térség belső összefüggései alapján szük-

ség lenne. Ma még egy-egy további útvonalnak, új korridorok a pótlólagos felvételére irányulnak az erőfeszítések. De ha körvonalazódna, hogy ezek kiépítésére az egyébként is szerény uniós támogatásokból sem jut semmi, és a pressziók továbbra is kizárólag a TEN-t kiterjesztő gerincvonalak kiépítésére összpontosulnak, akkor a csatlakozó országok térségi érdekei és a TINA-folyamat értelmezései egymással élesen és kellemetlenül szembekerülnének.

A fentiekben Európa keleti része szempontjából a gerinchálózatok kiterjesztésével kapcsolatban két kérdéskört kívántunk hangsúlyozni. Az első a hálózat többretegűségének figyelembevételére hívja fel a figyelmet, amiből az EU Közös Közlekedéspolitikája csak a hálózatok átlapoló szintjére koncentrált. Ezt a programot azonban nem lehet mintaként tekinteni olyan térségekben, ahol még most kell megteremteni a helyi hálózatok megfelelő szövetét, és ahol a belső hálózatok minden szintjére egyformán nagy figyelmet kell fordítani.

A másik kérdés a gerinchálózat struktúráját érinti. Míg a TEN-hálózat alakítását Nyugat-Európában belső szempont, a nemzeti hálózatok összekötésének szándéka vezérelte, addig Európa keleti felében a TEN kiterjesztése, azaz egy külső meggondolás volt a hálózatképzés kiinduló szempontja. A TINA-hálózat prioritást élvező gerincelemei ma is tükrözik ennek az eljárásnak a nyomait, és fennáll a veszély, hogy a csatlakozó országok kapcsolati igényeit kifejező kiegészítések elsikkadnak a folyamatban.

A továbbiakban ezeknek a konfliktusoknak az ellentmondásos következményeit a magyarországi hálózatok szemszögből mutatjuk be.

<sup>2</sup> 3.1.1. Backbone Network ...It was understood that all parties concerned agreed on the need for the Corridors so that further economic or financial justifications were not required. (TINA 1999, p. 25)

A hazai gyorsforgalmi hálózat:  
előzmények, célkitűzések, tézisek

### *A gyorsforgalmi hálózat kialakulása*

A közúti gyorsforgalmi hálózat sajátos funkcióit csak a hálózat egészéből lehet megérteni, együtt elemezve az országos hálózat három fő rétegét.

A magyar közúthálózat legrégebbi hagyományú rétege az *alsóbbrendű hálózat*, olyan szekérutak, földutak nyomvonalát örizve meg, amelyek *összekötötték egymással a szomszédos falvakat*. E hálózat jellegzetessége, hogy kítüntetett gócpontok nélkül, szinte egyenletesen kitölti az ország teljes területét.

Szerény előzmények után, szinte a vasútépítésekkel egy időben, a 19. század közepétől indult meg a magyar *főúthálózat* kiépülése. Ezek már épített utak, mai funkciójuk részben a gépkocsi-közlekedés elterjedése nyomán alakult ki. A főúthálózat közvetlenül a *városokat köti egymással össze*, és lehetőleg elkerüli a falvakat. A nagyobb városoktól sugarasan indulnak ki a főutak, a hálózat egészében pedig az új funkciónak megfelelő *új struktúra* alakult ki, szerkezeteivel is jelezve e hálózat bizonyos mértékű függetlenedését a korábbi szekérút-hálózattól, annak feladataitól.

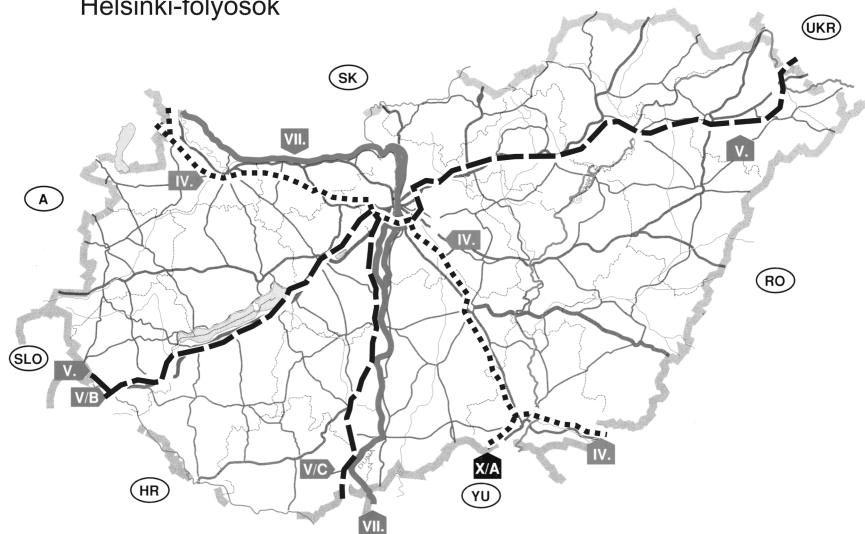
A sugaras, Budapest-központú főút- és vasúthálózat kialakulásának óriási szerepe volt abban, hogy a magyar főváros az 1900-as évekre Béccsel összemérhető súlyú nagyvárossá, egyértelmű központtá tudott válni. Az egyközpontú struktúra fennmaradását napjainkra azonban minden mértékadó területi, közlekedési, környezeti vagy gazdasági elemzés a *továbbfejlesztés akadályának, visszahúzó, korrigálandó szerkezeti problémának tekinti*. Korábban nem volt ilyen világos, de ma már azt is látjuk, hogy *a kialakult struktúrát a közlekedési hálózatok most létrejövő újabb rétegének kell megváltoztatnia*.

Az 1960-as évektől épülő magyarországi autópályák azonban a meglévő szerkezetben, rendre a leginkább igénybevett főútszakaszok mentén, azok forgalmi tehermentesítésére létesültek. Az autópályák az 1-es, a 3-as, az 5-ös és a 7-es főút fővárosból kiinduló szakaszaival párhuzamosan épültek. A jövőben megvalósítandó hálózati tervek is megragadtak ezen a szinten: az említett utaknak a határig történő továbbépítését tekintik elsődleges célnak, és a kormányzat a hazánkon átvezető legfontosabb páneurópai folyosók (a IV-es és az V-ös) nyomvonalaként ezeket az útvonalakat terjesztette fel az európai konferenciákra (1. ábra).

*Az autópályákról*, amelyek eredetileg nagy terhelésű főutak forgalmának rendezett lebonyolítására jöttek létre, *használatuk során kiderült, hogy szélesebb körű funkciók ellátására alkalmasak*. A kiépülő autópályákon olyan nagy távolságú és tömeges áru- és személyszállítás alakult ki, amelyet korábban közúton nem tartottak elérhetőnek. Az új lehetőség átrendezte az egyes közlekedési módok korábban kialakult arányait, és minden racionalitási megfontolásnak ellentmondva a közút javára billentette a piaci viszonyokat is. Ennek a nyomásnak tulajdonképpen egyetlen fejlett ország sem tudott ellenállni, és a trendek visszafordítására irányuló közlekedéspolitikai deklarációk ellenére ma is csak nagyon lassú változások várhatók.

Nyugat-Európában viszont már a nyolcvanas években felismerték, hogy a nemzetközi forgalom új dimenziói megkövetelik, hogy *közlekedési folyosókban* (korridorokban) gondolkodjunk. Az akkor megfogalmazott észak-déli és kelet-nyugati multimodális korridor elképzelések tekinthetők a későbbi transeurópai közlekedési hálózat kiindulásának. A EU Közös Közlekedéspolitikája tulajdonképpen politikai keretet adott annak a felismerésnek, hogy az egyes nemzeti piacok összekötésével együtt az

## Helsinki-folyosók



1. ábra • A helsinki folyosók hivatalos hazai értelmezése a közúthálózaton 1998  
 Forrás: Útgazdálkodás 1994–1998. (KHVM, Közúti Főosztály)

egyes nemzeti közlekedési hálózatok összekapcsolásáról is gondoskodni kell.

A régiókat összekapcsoló közlekedési folyosók új struktúráképző elemmé léptek elő. Ahogy a városokat összekötő fúutak új struktúrát kialakítva elváltak a korábbi faluközi úthálózattól, ugyanúgy a régióközi hálózat struktúrájának is el kell válnia a városokat összekötő főúthálózattól, mert más szerepet hordoz. A főúthálózat közvetlenül összekötötte a városokat, elkerülte a falvakat; a régióközi folyosóknak régiókat kell összekötniük, eközben el kell kerülniük a városokat is.

*A közlekedéspolitikai és más hazai dokumentumok célrendszerének összevetése*

A hálózatok épülésének kronologikus tényei mellett érdemes áttekinteni azt a döntéshozói célrendszert is, amelybe a gyorsforgalmi utak terveinek bele kell illeszkedniük.

A közlekedési hálózatok fejlesztésével foglalkozó dokumentumok céljait tartalmilag három különböző szintre lehet besorolni. Az

ágazatpolitikák, koncepciók átfogó célkitűzései kifejezetten politikai (policy) célok, amelyek tartós, stabil, lényegében nem vitatott törekvéseket fogalmaznak meg. Örvedetes módon az ezredforduló Magyarországon a társadalmi és térségi méltányossági célkitűzések mellett a környezeti vonatkozású normák is részét képezik ennek az általánosan elfogadott célrendszernek. Olyan célokról van szó, mint a jólét, a fejlődés elősegítése, kiegyensúlyozott térségi és szociális viszonyok elérése, meglévő különbségek csökkentése; jobb integráció az ágazatok között, harmónia a természettel, illetve együttműködés a térségi szomszédsággal. Áttekintésünk alapján (Fleischer et al. 2001) azt mondhatjuk, hogy a hazai területi, környezeti és közlekedési dokumentumok a célkitűzéseknek ezen az átfogó szintjén összhangban vannak egymással, vagy legalábbis az esetleges kisebb hangsúlykülönbségeknek tárgyalt témánk szempontjából csekély a jelentősége.

Második szinten ugyanezek az ágazatpolitikai dokumentumok szakmai célokat

fogalmaznak meg az átfogó célok eléréséhez. A különböző ágazatok céljai (és feladatai) természetesen eltérnek egymástól: ennél nagyobb probléma azonban, hogy *a szakmai célkitűzések rendszeresen ellentmondanak a dokumentum saját célrendszerének*. Témánkra, a hálózatokra koncentrálván, rendszeresnek mondható, hogy *a területi kiegyenlítést és az ország egyközpontúságának csökkentését deklaráló általános célok után semmitmondó szakmai megállapítások fogalmazódnak meg a térszerkezeti változtatás szükségességéről, és kifejezetten a központosítást erősítő hálózati elemek kapnak elsőbbséget*. Úgy tűnik, a szakmai célkitűzéseknek igen nagy a tehetetlenségük, lassan változnak, és tulajdonképpen önálló életet élnek, függetlenednek az átfogó kormányzati és ágazati célkitűzésektől. Másképp fogalmazva: míg az átfogó ágazatpolitikai célok korszerű megfogalmazása nem ütközik ellenállásba, addig e célok szakmai érvényre juttatása sokkal nehezebb és lassúbb folyamat. A közlekedési hálózatban szembevetendő a tranzitforgalmat kiszolgáló *gerinchálózatok fejlesztésének jelentős prioritása* a helyi hálózatok kárára, ami maga is koncentráló és nem kiegyenlítő hatású; továbbá a *gerinchálózatok sugaras szerkezetének* továbbbi centralizációt előidéző hatása, azaz a főváros-vidék *lejtő* még meredekebbé válása.

A hálózatok fejlesztésének van egy harmadik, *gyakorlati szintje*, amely a szakmapolitikai dokumentumok megfogalmazásaihoz képest is változatlanságot és tehetetlenséget mutat. Miközben a szakmai ágazati tervezetekben a fenti negatívumok mellett is megfigyelhetők lassú elmozdulások – a harántoló elemek, hidak, a fővárost elkerülő

kapcsolatok megjelenése –, addig *a szakmai gyakorlat következetesen a deklarált szakmai elvektől is konzervatív irányba tér el*.<sup>3</sup> A ténylegesen elkészülő útszakaszok pedig kényszerűen visszahatnak a tervekre, amennyiben azokat állandóan hozzá kell igazítani a tervek ellenében megépült létesítményekhez.

A dokumentumok között témánkat érintően külön is említeni kell a ma hivatalosan érvényben lévő, 1996-ban a magyar országgyűlés által elfogadott *magyar közlekedéspolitikát* (Közlekedéspolitika 1996), amelynek öt fő stratégiai iránya van:

- az Európai Unióba integrálódás elősegítése;
- a szomszédos országokkal való együttműködés feltételeinek javítása;
- az ország kiegyensúlyozottabb térségi fejlődésének elősegítése;
- az emberi élet és a környezet védelme;
- a közlekedés hatékony, piacconform működtetése.

Az autópályák és gyorsforgalmi utak fejlesztését erősen érinti az az egész közlekedéspolitikát végigkísérő értelmezés, amely az európai csatlakozást elsősorban *a tranzit- és gerinchálózatok mielőbbi kiépítésével* látja elősegíthetőnek. A gyorsforgalmi pályák hálózati összefüggéseiről a közlekedéspolitika keretében nem készült vizsgálat. A korábbi, 1991-es közúthálózatfejlesztési program (Országos közúthálózatfejlesztés 1991) hálózatát alapul véve a közlekedéspolitika a tranzitirányok gyors kiépítését szorgalmazta, ahol a tranzit-irány egyértelműen a fővároson átmenő (1-es, 3-as, 5-ös, 7-es főutak) csatornák prioritását jelentette.

<sup>3</sup> Ilyennek tekintjük a hazai elfogadott tervekben prioritást nem kapott, fővárosból induló újabb autópálya V/C folyosóként való elfogadtatását Helsinkiben, vagy a főútvonalon elkerülő utak építésére elkülönített alaptól készült 2/A főút M2 gyorsforgalmi útként

való deklarálását, ezzel ráadásul annak kikényszerítését, hogy soron kívül meg kellett építeni az M0 gyűrűnek egy egyébként a prioritások között nem szereplő, és a főváros elkerülésében nem segítő északi szakaszát.

### Három tézis a gyorsforgalmi hálózat kialakítására

Figyelembe véve a fenti megfontolásokat, és az elmúlt évtized gyorsforgalmi hálózati elképzeléseit, el lehet jutni a kialakítandó úthálózat néhány fontos kívánalmához. Ezek az alábbiakban foglalhatók össze:

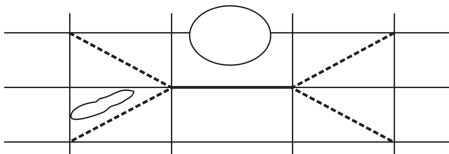
*A régióközi hálózat – funkciójának megfelelően – az alsóbbrendű, és a főúthálózat-tól elkülönült struktúrát alkosson. Ezek a rétegek külön-külön le kell fedjék az országot, tehát nem az az egyetlen feladatuk, hogy kiszolgálják a náluk magasabb szintet. A régióközi hálózat a többrétegű közlekedési szerkezet egyik szintje.*

*A szakma által korábban javasolt sugaras-gyűrűs hálózat kialakítása nem lehet cél. A sugaras-gyűrűs rendszer is egyközpontú; egy zárt ország igekezetét tükrözte a sugaras rendszer meghaladására. Ma nyitott országban, nyitott rács szerkezet kialakítását kell célul kitűzni (2. ábra).*

Az elsődleges cél a hazai régiók bekötése a régióközi hálózatba, nem pedig az, hogy biztosítsuk a folyosóknak az országon való áthaladását. Ennek ellenére – fekvésünkből adódóan, részben előnyként, részben hátrányként – számolnunk kell a legforgalmasabb páneurópai folyosók tranzitforgalmával is. A cél az, hogy az átbocsátott forgalom csak minimális mértékben zavarja az ország életét. Ennek érdekében a tranzitfolyosó:

- a.) kösse össze a páneurópai folyosókon kijelölt határpontokat;
- b.) minimális össz-hosszban haladjon át az országon;
- c.) kerülje el az ökológiailag érzékeny, sűrűn lakott, forgalommal terhelt térségeket;
- d.) ösztönözzön a környezetet kevésbé szennyező eszközök és közlekedési módok használatára;
- e.) tegye lehetővé az áthaladás költségeinek megfizetését az áthaladókkal.

A minimális hosszúságú áthaladás geometriai követelményét korábbi munkákban (Tombác et al. 1993, Fleischer 1994) kidolgoztuk, most csupán az ennek felhasználásával kialakított hálózati sémát mutatjuk be.



2. ábra • A hazai régióközi hálózat nyitott rács-sémája kelet-nyugati és észak-déli folyosókból. A vastag vonallal jelzett IV-es és V-ös páneurópai korridor minimális hosszban történő átvezetése átlós elemek beiktatását igényli

A 2. ábra a hálózati elemeken túl feltüntet két érzékeny térséget (a balatoni üdülőkörzetet és a fővárosi agglomerációt), amelyeken nem célszerű tranzitforgalmat átpréselni.

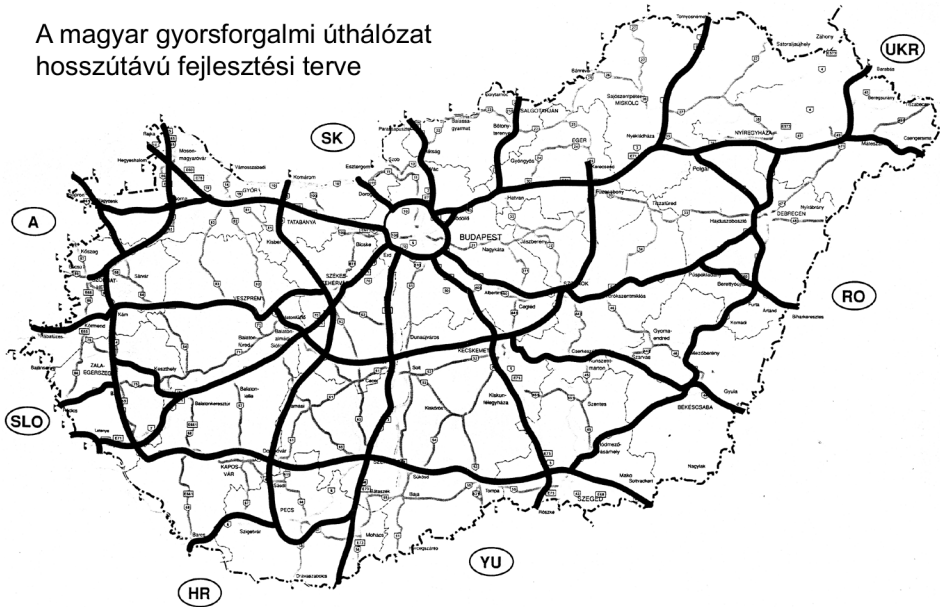
### A gyorsforgalmi hálózatfejlesztési program értékelése

#### A hálózat egészének értékelése

A 3. ábrán a ma érvényben lévő hivatalos, 2030-ra szóló távlati közúti gyorsforgalmi hálózati tervezetet látjuk. Ezt a hálózatot az alábbiakban a *hálózatképzés logikája* fentebb kifejtett fő követelményei szempontjából értékeljük.

a.) A távlati gyorsforgalmi úthálózat még őrzi a sugaras-gyűrűs elképzelés nyomait, e gyűrűk folytonossága azonban főképp a dunántúli oldalon itt-ott megszakad, és megjelennek egy rács szerkezet folyosói. E kettőség felfogható a fejlődés jelének is, itt kissé szigorúbban következtetésnek és szerkezeti hibának, a gyűrű és a rács-tengely szerinti logika keveredésének tekintjük. Ilyen hiba például az 8-as út átfordulása egy „középső gyűrűbe” amely Egernél ér véget.

A magyar gyorsforgalmi úthálózat  
hosszútávú fejlesztési terve



3. ábra • A magyar közúti gyorsforgalmi hálózat távlati fejlesztési terve (1999)  
Forrás: Szabó László (1999) Fejezetek és dokumentumok..., Állami Autópálya-fejlesztő és -kezelő Rt.

(b) Az egész hálózat magán viseli a főút-vonal-hálózat funkcióinak és a régióközi folyosók funkcióinak keveredését, tisztázatlanságát. Ma már a városokat összekötő főútvonalnak is el kell kerülnie a belterületeket, ettől azonban még nem változik meg a főúthálózat alapstruktúrája, és az elkerülő főutak nem válnak alkalmassá országos tranzitforgalom lebonyolítására. A távlati gyorsforgalmi hálózat – különösen igaz ez az alföldi oldalon – szinte kizárólag a mai főutakból áll.

(c) Ugyancsak a funkciók tisztázatlanságára vezethető vissza, hogy a gyorsforgalmi hálózat közvetlenül ki akarja szolgálni mindazokat a forgalomra érzékeny területeket, amelyeket éppen mentesítenie kellene. Ilyen hibának tekintjük a Balaton szoros körülpítését régióközi forgalmat hordozó folyosókkal, illetve azt, hogy a hálózat nem bízik saját nyugat-keleti tehermentesítő elemeinek (8-as, 9-es) működésében, és további sugaras gyorsforgalmi utakkal közelíti meg

a fővárost. (Ma hét egyszámjegyű főútvonal indul ki Budapestről, a távlati tervben további nyolc gyorsforgalmi út egészíti ezt ki: a megépült négy autópálya-bevezetés mellett további négy.)

(d) Elvi, funkcionális tisztázatlanságot jelez egyes városok 'zsákutcás' gyorsforgalmi bekötése a közelükben elhaladó folyosóhoz. Természetesen mind Szombathelynek, mind Egernek szüksége van kapcsolatra a korridorhoz: de ahogy a Székesfehérvár vagy Győr mellett elhaladó folyosókba is a megfelelő kapacitású főutak kötik be a várost, úgy a fenti esetekben sem indokolt presztízből interregionális leágazást betervezni. Bár nem zsák-leágazás, de hasonló hibának tekinthető a Zalaegerszeg-Balaton-szentgyörgy kapcsolat interregionális szintűvé fejlesztése is.

(e) Elvi tisztázatlanságot jeleznek a térképen az egymáshoz közel haladó párhuzamos folyosók. A folyosó feladata, hogy egy

szélesebb sáv mentén magához vonzza a forgalmat, ezzel tehermentesítse a köztes területet az ott nem indokolt, tranzit jellegű terheléstől. A közeli párhuzamosok azt jelzik, hogy a tervezők nem e feladat megoldására, hanem meglévő utak „előléptetésére” gondoltak. Ilyen indokolatlan párhuzamos az M4 fővárosi gyorsforgalmi bevezetése az M5 mellett, ilyen az M7 és az M61 egy szakasza. Hasonló párhuzamosságnak tekinthető a gyorsforgalmi határkapcsolatok besűrűsödése a nyugati határ mentén.

(f) Bár ez nem mindig kiküszöbölhető, többnyire megoldandó tisztázatlanságot jeleznek a térképen megjelenő *kis méretű háromszögek* is. Az M3-M0 kapcsolatnál a Gödöllő felőli bekötés indokolt, de a további vonalak a gyorsforgalmi hálózat logikájában akkor is hibásak, ha az egyikük már elkészült autópálya-szakaszt jelöl. A Polgár-Nyíregyháza-Debrecen háromszögben azt is érdemes figyelembe venni, vajon a nyomvonal jelenlegi módosításával kiiktathatóvá válik-e a „közvetlen” Nyíregyháza-Debrecen kapcsolat külön megépítése. A Veszprém-Székesfehérvár-Aliga háromszög esetében a fentebb már jelzett tévedés (a parti útnak az M8 által szándékozott tehermentesítése) okozza e további problémát. Ha belátjuk, hogy a Fűzfő-Aliga viszonylatban nem egy tranzitfolyosó odahúzásával, hanem a településeket elkerülő főút megépítésével kellene a helyi problémát megoldani, természetesen fel sem merülhet, hogy Veszprémtől két külön gyorsforgalmi folyosót kellene vezetni Székesfehérvár, ill. a Balaton irányába.

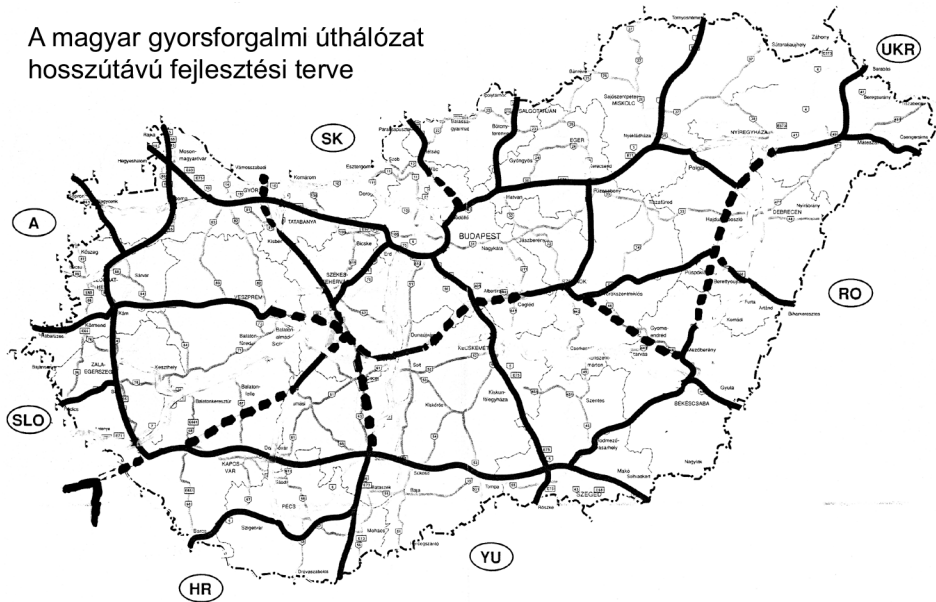
Mindezeket túl megállapítható, hogy *a távlati gyorsforgalmi hálózat terve alkalmas arra, hogy egy nyitott rácsszerkezet három markáns kelet-nyugati tengelyének a kialakításához kiindulásul szolgáljon. Ezen túlmenően a nyugati országrészben már többé-kevésbé kirajzolódott a két észak-déli folyosó is: a Pozsony-Zágráb kapcsolatot is kiszolgáló 86-os tengely, illetve egy délen*

*egyelőre megtorpanó Komárom-Székesfehérvár-Dombóvár vonal. A keleti országrész hálózata még hasonló alapvonalak elvi megformálásáig sem jutott el, egyedül a Kassa-Nagyvárad kiegészítő TINA-elem teremt észak-déli folyosót. A Tiszántúl távlati hálózata teljes egészében mai főutakra van rárajzolva, miközben a térségi tervekben nyomtérképpel szereplő gazdasági pólushézagot éppen néhány, kicsit nagyvonalúbb új kapcsolat kialakítása szolgálhatná eredményesen.*

A távlati gyorsforgalmi tervben a gondolatként sem merül fel a jelenleg *a fővárosban található IV-es és V-ös páneurópai korridor áthelyezése az ország középvonalában kialakuló kelet-nyugati tengelyre*. Ehhez a *2. ábrán* vastagon jelölt „boríték” forma átlós irányok behelyettesítésére lenne szükség. Dél felől, az M7 és az M5 irányából mindenképpen kialakul egy-egy csomópont az M8-M4 tengellyel, északkelet felé az M4 ugyancsak megteremti Debrecen-Nyíregyháza felé a kapcsolatot, csak Győr felől, a 81-es út mentén kellene átértékelni a hálózat kialakítását. Ezek tulajdonképpen nem nagy hiányok, a jelenleg tervezett hálózat mégis szinte lehetetlennek mutatja a jelzett tehermentesítő kapcsolat felértékelését. A vadonatúj, most kiépítendő Veszprém-Cegléd-Szolnok bázisfolyosó ugyanis nagyvonalú elképzelés helyett periférikus kisegítő feladatokat lát el, és a tervezők ehhez igazítják a nyomvonalat. *A gyorsforgalmi hálózat jövője kulcselemének tekintjük a Veszprém-Szolnok kapcsolat szerepének megértését, és az annak megfelelő jellemzőkkel történő mielőbbi kialakítását.*

A felsorolt problémák korrigálásának szándékával készített *4. ábra* bemutatásának a célja nem több, mint jelezni az értékelési kritériumainknak nagyjából elegendő alternatív gyorsforgalmi hálózat *sűrűségét* és *struktúráját*. Az alternatív hálózatot a folyosó mélységű értékelés során abból az egyetlen

## A magyar gyorsforgalmi úthálózat hosszútávú fejlesztési terve



4. ábra • Alternatív javaslat a távlati gyorsforgalmi hálózat kialakítására

szempontból kívánjuk figyelembe venni, hogy megállapítsuk, vajon a hivatalosan közzétett építési programoknak melyek azok az elemei, amelyek az általunk felsorakoztatott szigorú követelmények alapján is kiépítendőnek minősülnek, és melyek azok, amelyek gyorsforgalmi kiépítése legalábbis megkérdőjelezhető.

### *Az egyes folyosók illeszkedése a hazai hálózathoz*

Az elmondottak alapján az interregionális kapcsolatokon belül *az országot átszelő két átlós páneurópai (multimodális) tranzitfolyosó* azon vonalvezetését részesíthetjük előnyben, amelyik a forgalomra érzékeny területeket mentesíteni képes, tehát a 2. ábra „minimális út” modelljét veszi alapul, azaz nem keresztezi a főváros térségét és a forgalmas üdülőterületeket. Az ország régióinak egymás közötti összeköttetését, valamint a szomszédos, határon túli régiókkal való kapcsolatát pedig egy nyitott rácserkezetű hálózat tengelyeinek, azaz kelet-nyugati és

észak-déli folyosóknak kell megteremteniük. Ezáltal elősegítik a gazdasági pólushézagok csökkentését, a térségi különbségek csökkentését, a környezet védelmét, a közlekedés biztonságát stb. azaz megfelelnek az általános térségi és szakmai célkitűzéseknek. Az így vizsgálandó folyosók egy része azonban egyelőre (a hivatalos dokumentumokban is) csak elvi szinten van jelezve, gyakran egyszerűen a meglévő utakra van rárajzolva; ebben az összefüggésben elsősorban a hálózati szinten történő értékelésre alkalmas.

Azokat a programelemeket, amelyek konkrét autópálya-fejlesztési célként, illetve részben épülő nyomvonalakként ma megjelennek, a Széchenyi Terv, majd a Széchenyi Plusz foglalta össze. Ezek a projektek azonban csak kevésbé függenek össze a meghirdetésükkor deklarált általános elvekkel. A Széchenyi Terv az autópálya-építési programjában szereplő szakaszokat nem a saját célkitűzéseiből vezette le, hanem átvette a közlekedési tárca többször módosított tízéves fejlesztési programjának épp esedékes vál-

tozatát. A tízéves program alapját a páneurópai folyosók *1. ábra* szerinti értelmezése adta.

A gyorsforgalmi hálózat hiányolt új struktúrájának központi eleme az *1. ábrán* bemutatott egyközpontú sugárrendszer átalakítása. Az új szerkezetben meg kell szüntetni azt az állapotot, amelyben az M0 déli szakasza a főváros és az országos hálózat felől rájuto nagy forgalom lebonyolításán túlmenően egyben a IV-es és az V-ös páneurópai korridorok is közös eleme. Ezzel elkerülhető, hogy a legterheltebb fővárosba bevezető szakaszokat és az M0 déli szakaszt később állandóan bővíteni kényszerüljünk, továbbá éppen a legnagyobb forgalmú szakaszokon csökkenthető a különböző jellegű, és különböző fizetőképességű forgalom nagymértékű keveredése.

A IV-es korridor a hivatalos elképzelésekben az M1-M0-M5 utakból áll. Ezzel szemben az M1-M81-M8-M5 kapcsolat IV-es korridorra minősítést javasoljuk.

Az V-ös páneurópai folyosót a tervekben az M7-M0-M3 utak alkotják. Javaslatunk szerint a folyosó az M7-M8-M4 nyomvonalra kerülne. – Az V-ös tranzítfolyosónak a balatoni üdülőkörzeten történő átvezetése súlyos hiba. A déli tópart üdülotelepein végig áthaladó főutat természetesen indokolt a települések közvetlen elkerülésével vezetni, ettől azonban az még *országos főút* kell maradjon, nem válhat tranzitkorridorra.

Az M0 térségében a legfontosabb két feladatnak a már kiépített, de balesetveszélyes déli szakasz autópályává való átépítését és az M5-től az M3 gödöllői kapcsolatáig terjedő keleti szakasz kiépítését tekintjük. Ezzel megtörténne a fővárosi bevezető M1, M7, M5, M3 autópályák hálózatba kapcsolása.

A Széchenyi Tervben rövid távon építésre előirányzott szakaszok értékelése

A hálózati megfontolások alapján a már idézett munkában (Fleischer et al. 2001) a szerzők áttekintették a Széchenyi Tervben

szereplő gyorsforgalmi fejlesztéseket. A Széchenyi Terv és a Széchenyi Terv Plusz autópálya-építési programjára vonatkozó értékelés kifejezetten azt vizsgálta, vajon a programban meghirdetett útszakaszok mennyire illenek bele a Széchenyi Terv gazdasági, környezeti, területi és társadalmi célkitűzéseivel összhangban kialakított, fentiekben vázolt gyorsforgalmi hálózatba.

Az eredeti terv összesen 20 tételben sorolt fel autópálya- vagy gyorsforgalmi útfejlesztési projektként előirányzott szakaszokat, a kiegészítő program további tíz tételt tett ehhez hozzá. A részletesen elemzett szakaszokról itt csak az összesítést közöljük. Eszerint az összesen harminc meghirdetett projekt közül 12 bizonyult olyanoknak, amelyek *megépítése beleillik* a fentiekben kialakított hálózati keretekbe is; további 7 projekt esetében a célkitűzésben szereplő szakaszon *indokolt* gyorsforgalmi útépítése, *de* annak nyomvonalát, elhelyezését *jelentősen módosítja* a hálózati összefüggésrendszer; további 11 esetben pedig az építésre előirányzott kapcsolat gyorsforgalmi kialakítására *nincs szükség*. Az arányokból látható, hogy a rövid távú kezdésre kitűzött munkáknak csak a bő egyharmada van összhangban a tanulmányunkban vázolt (és a Széchenyi Terv általános célkitűzéseivel is harmonizáló) célokkal.

Nem tértünk ki a fentiekben arra, hogy a kívánatos hálózat kialakítása során az indokoltnak talált folyosók építésének *sürgősége* is megváltozna, így pl. a tervben *nem szereplő* Győr-Székesfehérvár szakasz szerepe is felértékelődne. Végeredményben a teljes távlati gyorsforgalmi hálózat ütemezését újra át kell gondolni, új tízéves (hétéves) közúthálózat-fejlesztési programot kell készíteni, párhuzamosan értelmezve az alsóbbrendű, a fő- és a gyorsforgalmi úthálózat szerepét. Összehangoltan át kell gondolni az átmeneti helyettesítési lehetőségeket,

hiszen a fejlesztés időszakában a korszerűsített (településeket elkerülő) főhálózat *egy darabig* pótolni képes a gyorsforgalmi hálózat kifizető szakaszait. Ez azonban nem vezethet a főhálózat kapacitásának indokolatlan (távlatilag nem szükséges) növelésére, a megfelelő időre a gyorsforgalmi hálózat elemeinek kell átvenniük a tranzit jellegű forgalmat. Ezt a hálózattervezési és programkészítési feladatot természetesen munkánk, amely a stratégia értékelésére vállalkozott, nem oldhatja meg.

Végezetül rá kell mutatni arra, hogy a gyorsforgalmi hálózat strukturális összefüggéseit számba vevő fenti értékelés a hálózati logikán túlmenően elsősorban a gyorsforgalmi hálózat és a közúthálózat többi eleme közötti harmónia követelményeire tudott figyelmet fordítani. Egy ennél szélesebb ivű áttekintésnek a teljes hazai közlekedéspolitikát kell hasonlóan átfogó értékelés alá vonnia. Erre jó alkalmat ad az a tény, hogy az Európai Unióban a bevezetésben idézett új közlekedéspolitikáját, illetve az azt megalapozó megfontolásokat mindenképpen célszerűnek tűnik összevetni a hazai elképzelésekkel. Itthon is elmondható – talán ezzel az összeállításal sikerült néhány ponton alátámasztani –, hogy mai közlekedési fejlesztésekkel néha múltbéli műszaki problémákra próbálunk válaszokat adni, miközben figyelmen kívül hagyjuk azokat a stratégiai összefüggéseket, amelyek komplex térségi, környezeti, társadalmi, gazdasági áttekintésekben válnak láthatóvá. Az új közlekedéspolitika kialakításakor a valóban stratégiai fontosságú kérdésekre kellene koncentrálni. Itt az idő: „Ideje határozni”, hogy ismét az uniós dokumentum címét idézzük.

### *Összefoglalás*

Az országos térszerkezet egyközpontúsága, a kelet-nyugati lejtő, a duális gazdaságszerkezet enyhítésének a szándéka, a térségi ki-egyenlítődéssel elősegítése, az ország érzékeny

területeinek megkímélése a túlzott mértékű átmenő forgalomtól, a településeken belüli életkörülmények javításának szándéka, a szomszédos országok felé mutató kapcsolatok fejlesztése – mind olyan *átfogó politikai célkitűzés*, amelyben a hazai területpolitika, a gazdaságpolitika, a közlekedéspolitika és a környezetpolitika – megalapozó dokumentumaik célrendszerének tanúsága szerint – összhangban van egymással.

Sokkal ellentmondásosabbak a kitérített célok eléréséhez választott szakmai stratégiák, amelyek nemcsak az egyes ágazatok között térnek el egymástól, de esetenként egy-egy ágazaton belül is ellentmondanak az ugyanazon dokumentumban rögzített fő céloknak. A közlekedési hálózat tervezésének országos szintjén az ágazat ma is évtizedekkel korábbi elképzelések megvalósítását próbálja elérni, strukturális értelemben igen csekély és nagyon esetleges módosítgatásokkal. A célok és a stratégiai teendők átfogó elemzése elmaradt, az ágazat fő programjai részben nem a mai kihívásokra adnak válaszokat.

A fentebb vázolt kritériumokat alapul véve bírálat tárgyává tettük az érvényben lévő távlati „2030-as” közötti gyorsforgalmi hálózat elképzelését, és kísérletet tettünk egy, a kívánalmaknak jobban megfelelő hálózat sűrűségét és strukturáját érzékeltető tervezet bemutatására. E hálózat felhasználásával a jelenlegi programokban, így a Széchenyi Terv autópálya-fejlesztési programjában is szereplő folyosók közül azokat, amelyek kialakítását a távlati hálózati terv visszaigazolja, el tudtuk különíteni azoktól, amelyek szükségesek voltak a kritériumok alapján legalábbis megkérdőjelezhető volt.

### *Köszönetnyilvánítás*

A szerző ezúton fejezi ki köszönetét dr. Kiss Károlynak, dr. Tombác Endrének, Magyar Emőkének és Zsikla Györgynek, akikkel közösen készítették *A Széchenyi Terv autópálya-fejlesztési programjának stratégiai*

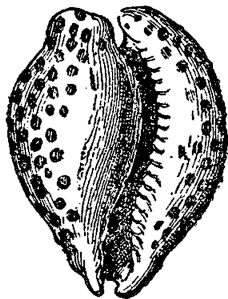
*környezeti hatásvizsgálata* (Fleischer et al. 2001) c. tanulmányt. Bár ez a cikk szándéka szerint a szerző saját megfontolásait tartalmazza, gondolataira és azok végső megfogalmazására termékenyítően hatott a munka során kialakult együttműködés. Ugyancsak

köszönet illeti Rácz András matematikus-szerkesztőt, hasznos tanácsaiért.

Kulcsszavak: *közlekedési folyosók, autópályahálózat-fejlesztés, TINA-hálózat, transzeurópai hálózat (TEN)*

## IRODALOM

- CTP (1992). A közös közlekedéspolitika jövőbeli fejlődése – a fenntartható közlekedés közösségi kereteinek globális megközelítése [COM(92)494] ill. Közös közlekedési akcióprogram 1995-2000 [COM(95)302]
- Fleischer Tamás (1994). A magyar gyorsforgalmi úthálózat kialakításának néhány kérdéséről. *Közlekedéstudományi Szemle* XLIV. 1, 7-24
- Fleischer Tamás – Magyar Emőke – Tombác Endre – Zsikla György (2001). A Széchenyi Terv autópályafejlesztési programjának stratégiai környezeti hatásvizsgálata. In: A BKÁE Környezettudományi Intézetének tanulmányai, 6. szám. Szerk. Kerekes Sándor és Kiss Károly. Budapest
- Közlekedéspolitika (1996). A Magyar Közlekedéspolitika. A Magyar Köztársaság Országgyűlése 68/1996 (VII. 9.) OGY sz. határozata. (és melléklete)
- Molnár É. dr.– Zsolnai T. (1995). Az Európai Unió közlekedési rendszere. Európa Füzetek, ITD Hungary 1995
- Országos közúthálózatfejlesztés (1991). [Az] Országos Közúthálózat 1991-2000 évekre szóló Fejlesztési Programja. *Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium Budapest*
- Szabó László (1999). Fejezetek és dokumentumok a magyar autópályák üzemeltetésének és fejlesztésének történetéből. Állami Autópályafejlesztő és -kezelő Rt. Budapest
- Széchenyi Terv (2000). Nemzeti Fejlesztési Program. Gazdasági Minisztérium, Budapest
- Széchenyi-Plusz (2001). A gazdaságélénkítés programja 2001–2002. Gazdasági Minisztérium, Bp., <http://www.gm.hu/szechenyi/szt-plusz.htm>
- TEN Guidelines (1996). Decision of the European Parliament and the Council on Community Guidelines for the Development of the Trans-European Transport Network (1692/96/EC)
- Time to decide* (2001). European transport policy for 2010: Time to Decide. White Paper. European Commission, DG Energy and Transport
- TINA (1998). Transport Infrastructure Needs Assessment (TINA) Central and Eastern Europe. Progress Report. Vienna Phare EC DG IA - EC DG VII - TINA Secretariat Vienna
- TINA (1999). Transport Infrastructure Needs Assessment (TINA) Final Report. Vienna Phare EC DG IA - EC DG VII - TINA Secretariat Vienna
- Tombác et al. (1993). A gyorsforgalmi úthálózatfejlesztés koncepciójának környezeti hatásvizsgálata. ÖKO Rt., (megbízó: KTM)
- Útgazdálkodás 1994–1998. Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, Közúti Főosztály



# A jövő tudósai

## BEVEZETŐ

Csermely Péter

az orvostudományok doktora, Semmelweis Egyetem, Orvosi Vegytani Intézet – csermely@puskin.sote.hu

*Tisztelt Olvasó!*

A kutatók utánpótlásával, fiatal tudósokkal foglalkozó melléklet második számában a „legkisebb tudósjelöltekkel” foglalkozó Magyar Tehetséggondozó Társaságot, a középiskolás és egyetemista korosztály számára az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Versenyt szervező Magyar Innovációs Szövetséget és a több mint ötven éves múltra visszatekintő tudományos diákköri mozgalmat irányító Országos Tudományos

Diákköri Tanácsot mutatjuk be. Hírt adunk a középiskolás ifjú kutatók első erdélyi konferenciájáról és a MTA Szegedi Biológiai Központjának első Középiskolás Élettudományi Kutatótáboráról is.

Kérjük, ha a tehetséggondozással, a kutatói utánpótlással vagy az ifjú kutatókkal kapcsolatos témában bármilyen közérdeklődésre számot tartó mondandója lenne, keresse meg a melléklet szerkesztőjét, Csermely Pétert a fenti e-mail címen.

---

## A TEHETSÉG GLOBALITÁSA

a Magyar Tehetséggondozó  
Társaságról

A „tehetséges ember” fogalom valamikor azt jelentette – amit sokak számára még ma is jelent – hogy az ilyen emberek átlagon fölüli képességekkel és személyiségjegyekkel megáldott művészek, tudósok, sportolók, akik rendkívüli teljesítményekre képesek. Így fogta fel ezt a fogalmat *B. S. Bloom*, amerikai pszichológus és pedagógus is, aki nevezetes könyvében 120 fiatal művész, sportoló és tudós életpályáját követte a kora gyermekkori indulástól az életmű sikeres befejezéséig (*Developing Talent in Young People*, 1985). Újabban még ide sorolhatjuk az üzleti világ sikeres menedzsereit, a nem-

zetükért és az emberiségért cselekvő politikusokat, vallási vezetőket és a szellemi teljesítmény csúcsait ostromló zseniket. A tehetség fogalom máig legnépszerűbb, jól érthető és tudományosan is elfogadott definícióját *Renzulli* amerikai pszichológus alkotta meg; szerinte a tehetség az értelmi képesség (az intelligencia), a kreativitás (az eredetiség) és a feladat iránti elkötelezettség (szorgalom, kitartás) egybeesése. És ha ez a szerencsés konstelláció még produkcióra, teljesítményre is vezet, az a tehetség fényes bizonyítéka.

A tehetség percepció új vonása, hogy olyan embereket is a tehetséges ígéretes csoportjába sorolunk, akik értelmese, értékes személyiségjegyeket hordoznak, de koherens teljesítményre nem, vagy még nem képesek. Ők a *műfaj nélküli tehetségek*, akik a vágyott művet sohasem hozzák létre, de

rész-képességeikben azért kiválóak (miközben más rész-képességeikben akár egészen gyengék is lehetnek). Tehetséges, de többnyire kisiklott sorsú emberek: fantaszták, bolondosok, próféták, társasági csevegők, korcsmai szónokok és más furcsa szerzetek tartoznak ide.

Modern korunkban tanúi lehetünk annak a folyamatnak, mintha a tehetség a személyiség egyre több komponensében – és így közvetve az emberiség tehetség potenciálját növelve – nyilatkozna meg. A tehetségnek ez a globalizálódó tendenciája feltehetően összefügg az életkörülmények változásával, az iskolázás kiterjedésével, az emberi élet lehetőségeinek gazdagodásával. Extrém példa erre *Esterházy Péter*, aki a *Javított kiadás*-ban azt írja önmagáról: „*tehetséges örülő*”. A tehetség fogalom kitágulásának, globalizálódásának eklatáns példáit elsősorban a gyermekek, a serdülők és a fiatalok világában találhatjuk: ők az igazi, műfajukat kereső, így műfaj nélküli tehetségek. Hihetetlenül pontosan fogalmazza meg tételünket önéletrajzában *Szilárd Leó* (idézi Marx György: Szilárd Leó, Akadémiai kiadó, Bp. 1997, 165 p., 84 p.): „*Ahogy ma látom, kutatónak születtem. Azt hiszem, a legtöbb gyerek kíváncsian kutakodó fejjel jön világra. Talán ezért lettem tudós, mert valamilyen értelemben gyermek tudtam maradni.*” Az örökké kérdező gyerekek és a tudósok hasonlóságát más szerzők is észrevették.

A pszichológusok és a modern pedagógusok jelentős része ma már egyetért azzal, hogy a tehetség mint adottság szélesen manifesztálódik a gyermek- és a serdülőkorban, majd lassan apad el, differenciálódik és individualizálódik az egyedfejlődés során. A modern kor pedagógusa számára tehát az a kérdés: törvényszerű-e, hogy a gyermek- és a serdülőkor bő tehetség-forrása a felnőtté válás során elapadjon?

Elsősorban a szülők és a pedagógusok felelőssége e gyermeki tehetségforrás korai

felismerése, gondozása, óvása és fejlesztése. A Magyar Tehetséggondozó Társaság, bár tevékenységét nem korlátozza a gyermek- és ifjúkorra – az intézményes pedagógia klasszikus területére – mégis az emberi lét e sajátos szakaszának tehetségjelenségeit kívánja kutatni, felfedezni, gondozni és fejleszteni. Lineáris összefüggésben gondolkodunk és tevékenykedünk: a gyermeki tehetségpotenciál azért társadalmi kincs, mert evolúciós alapon az egész emberiség tehetségpotenciálját növelheti. Ez a jobb társadalmi lehetőségek záloga. Ebből következik szakmai krédónk másik felismerése, hogy a tehetséggondozás univerzális pedagógiai feladat, amely minden (majdnem minden) -gyerekre, serdülőre és fiatalra irányul. Nem a tehetség kiválasztása és különleges módszerekkel való óvása a probléma, hanem annak megtalálása (még ha olyan különös a manifesztálódása, mint a „tehetséges örülőé”) és fejlesztése. Ez a pedagógia nem csak a teljesítményre figyel (vagy elsősorban nem arra figyel), hanem a feltételezett képességekre és személyiségvonásokra, vagyis a teljesítmény előzményeire.

Következésképpen a modern tehetséggondozás optimális környezete a jó család és a jó tömegnevelés intézményei: az óvodák, az iskolák, az egyetemek, az első munkahelyek. Ez a felsorolás azt is sugallja, hogy bár a tehetségnevelés elsőként pedagógiai és pszichológiai feladat, ám egyre fokozódóan társadalmi feladattá válik. Igazolja a tehetség felfogásának ezt a tendenciáját a magyar tehetségkutatásnak a pszichológus *Révész Gézától* és a pedagógus *Nagy Lászlótól Harsányi Istvánig* és *Czeizel Endréig* hajló íve. Ebben a felfogásmódban a tehetségkutatás és a tehetséggondozás széles értelemben vett társadalmi szükséglet. A tehetség fogalmát szegényíti, ha azt ritka „természeti kincseknek” tételezzük, mint ahogy az a politikai retorikában és a köznapi beszédben sokszor elhangzik. Ez a felfogásmód csak

akkor válik a társadalmi cselekvés motorjává, ha „*a magyar ember különleges tehetségesség*”-ről szóló legendák és mítoszok helyett az igazolt összefüggésekre és a nemzetközi összehasonlításra figyelünk.

Az intézményes tehetséggondozás perspektivikus programja nem a tehetséges emberek szelekciójában, hanem a tömegnevelés színvonalának emelésében jelölhető meg. Átfogó és differenciált fejlesztési stratégiára lenne szükség, amely minden (majdnem minden) tanulóra kiterjed. Nem ismerek ennél jobb és hatékonyabb iskolai (intézményi) tehetséggondozó programot. Egy másik hiedelem szerint a tehetséggondozás lényege, hogy kiváló tanárok, igen jó tanulási környezetben gondosan kiválogatott tanulókkal foglalkoznak. A tehetségnevelés és az elit-oktatás – szélesebb értelemben a szelektív pedagógia – összekapcsolása sajnos még ma is elég gyakori nézet. A tehetségesek speciális iskoláitól várják a megoldást, ahelyett, hogy minden gyereken a tehetség csíráit keressék.

Ezekből a megfontolásokból ered társaságunk szakmai programjának fő vonulata:

megtalálni a tudás alapú társadalom korának megfelelő, társadalmi szintű és az iskolában folytatható tehetségnevelés koncepcióját és metodikáját. A tudás alapú társadalom iskoláiban nem egyszerűen államilag elrendelt tanterveket és nevelési programokat kell megvalósítani, hanem a tanuló egyének számára releváns képességek fejlesztése a feladat. E filozófiához kell megfelelő iskolai szervezetet, tanuló környezetet és pedagógiai kultúrát találni, s nem egyszerűen az évszázadok által ránk hagyományozott modellt javítani.

A Magyar Tehetséggondozó Társaság (MTT) idén 13 éves. A rendszerváltás forró napjaiban, 1989. május 13-án alakult az Európai Tehetségtanács tagszervezeteként. *Gefferth Éva* pszichológus, a Társaság első elnöke bábáskodott születésénél, mai tisztviselői is a kezdetektől segítettek munkáját, fogalmazták és újrafogalmazták koncepcióját, szervezték tevékenységét.

Báthory Zoltán

ny. egyetemi tanár, elnök (Magyar Tehetséggondozó Társaság),  
bathory-kerner@freemail.hu

## AZ ORSZÁGOS IFJÚSÁGI TUDOMÁNYOS ÉS INNOVÁCIÓS VERSENY

### *Előzmények*

Az Európai Bizottság 1988 óta szervezi hivatalosan a Fialat Tudósok Versenyét, amelynek célja, hogy előmozdítsa a 15–20 év közötti fiatal tudósjelöltek együttműködését, és hozzájáruljon az ígéretes fiatal tehetségek fejlődéséhez. A verseny megrendezésével a fiatalok figyelmét a tudomány, a technológia és a kutatás-fejlesztés területére akarják irányítani. Évente átlagosan 30-40 ezer 20 év alatti fiatal tudós, ill. tudósjelölt indul az egyes európai országokban megrendezett

országos versenyeken. Az EU Fialat Tudósok Versenye lehetőséget nyújt a hazájukban legjobban szerepelt fiataloknak, hogy bemutassák tudományos eredményeiket és kortársaikkal összemérjék tudásukat. A döntőt először 1989-ben rendezték meg Belgiumban, azóta mindig más európai ország látja vendégül a diákokat.

### *A hazai verseny meghirdetése*

A Magyar Innovációs Szövetség mint nem kormányzati, non-profit egyesület és szakmai szervezet 1991-ben írta ki az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Versenyt az EU-versenyek mintájára. Az 1991/92. évi I. Országos Ifjúsági Innovációs Verseny megrendezésével Magyarország számára lehetőség nyílt arra, hogy Közép-Kelet-Európá-

ból elsőként csatlakozzon az EU-verseny-sorozatához. Az 1992-es sevillai európai döntőben meghívottként már a magyarországi verseny legjobbjai is részt vettek.

Az utóbbi években november elején a *Tudomány Napja* rendezvénysorozat keretében, sajtótájékoztatóval egybekötve hirdetjük meg az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Versenyt.

A verseny fővédnökének felkérjük az oktatási minisztert. A bíráló bizottságba elismert tudósokat, akadémikusokat, egyetemi tanárokat és gazdasági szakembereket hívunk meg. Az általában 15 fős zsűri elnöke a Magyar Tudományos Akadémia alelnöke. A verseny anyagi feltételeit támogatók – az Oktatási Minisztérium, az Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, a Magyar Szabadalmi Hivatal, továbbá vezető iparvállalatok – bevonásával teremtyük meg.

Gondot fordítunk arra, hogy november elejétől január elejéig, a nevezési határidőig, minél több fiatal szerezzon tudomást a versenyről. A 6000 példányban nyomtatott versenyfelhívást az ország összes középiskolájába, egyetemére és főiskolájára, ill. egyetemi, főiskolai kollégiumába eljuttatjuk, megkapják az adatbankunkban szereplő fiatalok, továbbá a nyomtatott sajtó, a televízió és a rádió, és közvetlenül is terjesztjük a fiatalok között. A versenyfelhívás szövege több alkalommal megjelenik fővárosi és megyei napilapokban, tudományos magazinokban, egyetemi lapokban, szakfolyóiratokban, közlönyökben és hírlevelekben is, valamint internetes honlapokon. A verseny meghirdetéséről beszámol a televízió és a rádió is.

### *Pályázati feltételek*

Nevezni lehet bármilyen probléma tudományos megoldására irányuló ötlettel, ill. javaslattal a természettudományok, a környezetvédelem, az informatika, a távközlés, a számítástechnika és a műszaki tudományok, valamint a matematika területéről. (A hosszabb

ideje végzett kutatómunka eredményeit előnyben részesítjük.) A pályázókat tanárok, konzulensek is segíthetik. A kidolgozásra javasolt ötlet/téma legfeljebb 2 oldalas vázlatát kell beküldeni. A vázlatnak tartalmaznia kell a kiválasztott problémát, a megoldásra irányuló ötletet, az elérendő célt és a konkrét megvalósítás módját.

### *A beérkező nevezések értékelése*

A januári határidőre beérkezett pályázatokat minden zsűritag elolvassa és megvizsgálja, hogy eredeti és újszerű-e, tudományos szempontból megalapozott és megvalósítható-e, a pályázó alkalmas-e a kidolgozásra, illetve, hogy a várható eredmény hasznosítható-e.

A bírálók írásos értékelését követően a zsűri a végleges döntést testületileg, többségi alapon hozza meg. Általában mintegy 50-60 pályázatot javasol további kidolgozásra.

### *Kidolgozás*

A kidolgozás időszakában a Magyar Innovációs Szövetség menedzserei tanácsadással, konzultációk szervezésével segítik a továbbjutott versenyzőket, látogatást szerveznek a Szabadalmi Tárbá. A zsűritagok mindegyike személyesen figyelemmel kíséri 3-4 pályamunka kidolgozását. A konzultációkon megismerkednek a készülő prototípusokkal, modellekkel, az elért eredményekkel. A pályázatok kidolgozását vállalatok, intézmények anyagilag is támogathatják. A szervezők megteremtik a nyilvánosságot e támogatók elnyerése érdekében, illetve segítenek az indokolt költségek megtérítésében.

A tudományosan megalapozott, részletesen kidolgozott pályázatokat május elejéig kell beküldeni a verseny titkárságára. Általában a továbbjutott pályamunkák 80 %-ának kidolgozása fejeződik be határidőre. A versenyzők prototípusokat, számítógépes programot stb. mellékelnek munkájuk leírásához. Minden zsűritag megismerkedik a pá-

lyamunkákkal, a prototípusokat, modelleket a fiatalok működés közben mutatják be.

A kidolgozott pályázatokat a zsűri a probléma megközelítésének eredetisége és kreativitása, a kidolgozás mélysége, tudományos színvonala, a projekt befejezettsége (konceptió, konklúzió), ill. hasznosíthatósága, az eredmények ésszerű és világos értelmezése, az írásos anyag színvonala alapján értékeli.

### Díjazás

A legkiválóbbak komoly díjakat kapnak:

I. díj: (3 db) pályaművenként 200 000 Ft

II. díj: (3 db) pályaművenként 100 000 Ft

III. díj: (4 db) pályaművenként 60 000 Ft

A díjazottak felvételi nélkül juthatnak be a tudományos és műszaki felsőoktatási intézményekbe. A díjazott, illetve dicséretben részesített, leglátványosabb pályamunkákat minden júniusban kétnapos kiállításon mutatjuk be. A díjazott pályamunkákat a verseny társszervezője, a Duna TV is ismerteti.

### Eredmények

Az elmúlt tizenegy év legfontosabb mutatói láthatók a következő táblázatban:

év	beküldött pályázatok	továbbjutott pályázatok	díjazott pályázatok
1991-92	171	79	32
1992-93	140	47	21
1993-94	112	51	22
1994-95	148	51	23
1995-96	180	54	20
1996-97	127	63	24
1997-98	88	55	16
1998-99	113	65	14
1999-00	143	57	17
2000-01	130	66	16
2001-02	113	55	13
összesen	1352	588	218

A tizedik Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Verseny alkalmából felmérést végeztünk a díjazottak körében. A felmérés főbb megállapításai: a fiatalok 97 %-a tovább-

tanult, az elért siker döntően befolyásolta pályaválasztását, a diplomát megszerzők fele ma kutató, fejlesztő állásban dolgozik.

### Az európai döntő

A IV. Keretprogram beindulása lehetővé tette, hogy az EU F fiatal Tudósok Versenyéhez csatlakozott közép- és kelet-európai országok, köztük Magyarország, 1995-től teljes jogú résztvevővé váljanak, azaz versenyzőik is részesülhetnek díjazásban. Az Európán kívüli országok (USA, Japán, Dél-Korea) továbbra is vendégként vesznek részt a versenyen.

A 2001. évi európai döntőn 35 országból 65 pályázattal 95 fiatal vett részt. A döntő kétlépcsős. A pályamunkákról a nemzetközi zsűri előzetesen legfeljebb 10 oldalas, angol nyelvű leírást kap. Ezt követően egy kiállításal egybekötött döntőn személyes interjúkból győződik meg a versenyzők felkészültségéről, így alakítja ki a végleges sorrendet.

A helyezettek különdíjként részt vehetnek hasonló tudományos versenyeken ill. rendezvényeken pl. az USA-ban, Londonban, Stockholmban, és tanulmányutakon európai kutatóintézetekben. A magyar fiatalok kitűnően szerepeltek az eddigi EU-döntőkön, ezt az alábbi táblázat szemlélteti.

év	díj
1995	III., III.
1996	II.
1997	III.
1998	I.
1999	-
2000	III. + 1 különdíj
2001	III. + 2 különdíj

A rendezvényt minden ország pazar külsőségei között szervezi, a díjakat a trónörökös, a köztársasági elnök vagy a miniszterelnök adja át Nobel-díjas tudósok és más ismert személyek jelenlétében. Az egyhetes rendezvényen a fiatalok előadásokon, beszélgetéseken ismerkednek az adott ország tudományos életével, kultúrájával.

*Nemzetközi tudományos és műszaki verseny, USA*

A Nemzetközi Tudományos és Műszaki Versenyt (Intel ISEF) 1950-ben rendezték meg először Philadelphiában 21 év alatti fiatalok számára. Azóta minden évben más-más USA-beli város ad helyt a versenynek. Az Intel ISEF célja, hogy elismerje és díjazza a világ legélesebb elméjű fiatal tudósait, ezzel tudományos és technológiai ismereteik további tökéletesítésére buzdítsa őket.

Az ISEF az egyes országokban rendezett tudományos versenyek olimpiája, rendezője a Science Service. A döntőbe jutó diákok kb. egymilliószázalékos mezőnyből kerülnek ki. Az idén a selejtező versenyek után már több mint 1200 fiatalot hívtak meg a rendezvényre az USA összes államából, valamint további 38 országból. A vetélkedés 3 millió dollár értékű díj és ösztöndíj elnyeréséért folyt.

Az Intel ISEF rendezvény kétlépcsős. A versenyzők programjáról a nemzetközi zsűri előzetesen egy legfeljebb 10 oldalas angol nyelvű leírást kér. Ezt követően a kiállítással egybekötött döntőn csaknem 1000 tudós, mérnök és matematikus személyes interjúk során győződik meg a versenyzők felkészültségéről, ezután alakítják ki a végleges sorrendet. A magyar fiatalok szereplését az eddigi döntőkön az alábbi táblázat szemlélteti.

év	díj
1995	I., III.
1996	I.
1997	különdíjak.
1998	különdíj
1999	I.
2000	-
2001	különdíj

*Budapest, 2003 szeptember, EU Fialat Tudósok Versenye*

Az európai döntők színhelyei sorrendben az alábbi városok voltak: Brüsszel, Koppenhá-

ga, Zürich, Sevilla, Berlin, Luxemburg, Newcastle, Helsinki, Milánó, Portó, Szaloniki, Amszterdam, Bergen. 2002-ben Bécs, 2003-ban Budapest lesz a helyszín.

A budapesti EU Fialat Tudósok Versenyének szervezői a Magyar Innovációs Szövetség, az Oktatási Minisztérium és az European Commission Research Directorate-General, a verseny fővédnöke *Mádl Ferenc* köztársasági elnök, az irányító testület elnöke *Hármori József* akadémikus, a MTA alelnöke, a szervező bizottság elnöke *dr. Pakucs János*, a Magyar Innovációs Szövetség elnöke.

A 2003. szeptember 20-a és 26-a közötti EU Fialat Tudósok Versenye budapesti döntőjének tervezett helyszíne a 2001-ben megnyílt Millenáris Park fogadóépülete.

*A Magyar Innovációs Szövetség*

Az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Verseny főszervezője a Magyar Innovációs Szövetség (MISZ), szakmai szervezetként tevékenységének középpontjában az innováció gadaságélénkítő szerepe áll. Jelenleg 211 intézmény (vállalkozások, kutatóintézetek, egyetemek stb.) közvetlen tag, 269 intézmény pedig közvetett tag. Az intézmények több tagozatban végzik tevékenységüket:

- kutatás-fejlesztési;
- innovációs infrastruktúra;
- felsőoktatási;
- innovációs nonprofit;
- vállalkozás-fejlesztési tagozat.

A Magyar Innovációs Szövetség regionális képviselőket működtet Győrben, Veszprémben, Pécsen, Miskolcon, Debrecenben és Szegeden.

A MISZ képviseli a tagintézmények szakmai érdekeit, ellátja az innovációs szféra egészének érdekképviselőit, továbbá jelentős szakmai (K+F, iparjogvédelem stb.) munkát folytat. A MISZ részt vesz – sok esetben kezdeményezőként – a kutatás-fejlesztést és az innovációt érintő törvények, államigazgatási

koncepciók, állásfoglalások előkészítésében, véleményezésében. Szorosan együttműködik állami szervezetekkel, parlamenti bizottságokkal, kamarákkal és egyéb szakmai, érdekvédelmi testületekkel. A szövetségi híreket, a beérkező információkat a kéthetente megjelenő *Hírlevélben* teszi közzé. Tagjai számára széleskörű szolgáltatást biztosít, elsősorban jogi, iparjogvédelmi, gazdasági tanácsadó, hazai és külföldi kapcsolatteremtési lehetőségeket feltáró, a különböző pályázati lehetőségeket ismertető formában. Évente szervezi az Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Versenyen kívül az Innovációs Nagydíj Pályázatot, a *Lépés a jövőbe* országos design pályázatot, ill. az Innoforum hazai Szellemi Termék Börzét.

*A MISZ közreműködésével létrejött innovációs szervezetek:*

- Innostart Nemzeti Üzleti és Innovációs Központ Alapítvány, Budapest;
- Magyar Innovációs Alapítvány, Budapest;
- Magyar Innovációs Klub, Budapest;
- Debreceni Innovációs Alapítvány, Debrecen;

- Debreceni Tudományos Műszaki Park Kft., Debrecen;
- Pannonia Regia Innovációs Kht., Tatabánya;
- Innovációs és Technológiatranszfer Centrum, Miskolc;
- INNONET Innovációs és Technológiai Központ Kht., Győr;
- Veszprémi Regionális Innovációs Centrum Kht., Veszprém;
- INNTEK Innovációs és Technológiai Központ Kht., Eger;
- Regionális Innovációs és Technológia Fejlesztő Központ Kht., Pécs.

## Magyar Innovációs Szövetség

1036 Budapest, Lajos u. 103.

Tel: 453-6572, Fax: 240-5625,

[innovacio@innovacio.hu](mailto:innovacio@innovacio.hu)

[www.innovacio.hu](http://www.innovacio.hu)

### Pakucs János

elnök (Magyar Innovációs Szövetség)

[innovacio@innovacio.hu](mailto:innovacio@innovacio.hu)

### Antos László

titkár (Magyar Innovációs Szövetség)

[innovacio@innovacio.hu](mailto:innovacio@innovacio.hu)

---

## TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRÖK I. ERDÉLYI KONFERENCIÁJA

2002. májusában került sor a Tudományos Diákkörök I. Erdélyi Konferenciájára (TUDEK) a Bolyai Farkas Elméleti Líceumban, Marosvásárhelyen. A TUDEK a Magyarországon 2000 óta minden évben megrendezett Tudományos Diákkörök Országos Konferenciájának (TUDOK) elődöntőjeként, a magyarországi konferenciát rendező Kutató Diákokért Alapítvány anyagi támogatásával szerveződött. A színvonalas konferencia diákok és tanárok előtt egyaránt bizonyította: igény van Erdélyben arra, hogy a középisko-

lások bekapcsolódjanak a tudományos kutatásba.

A szervezők – jórészt ugyancsak középiskolás diákok – célul tűzték maguk elé egy olyan tudományos konferencia, ülészak megszervezését, amely lehetőséget nyújt minden erdélyi magyar középiskolásnak arra, hogy kutatási, valamint tudományos tevékenységének eredményeit megismerhesse diáktársaival és tanáraival. Lehetőségük nyílt tanulni és tanítani olyan témákról, amelyek érdeklődésre tarthatnak számot a középiskolások körében. A szervezők célja hagyományt teremteni a hasonló konferenciák megrendezésében, lehetőséget adva ezzel a középiskolások iskolán kívüli tudományos tevékenységének díjazására.

Az idei TUDEK-ra 98 diák 69 dolgozattal jelentkezett, de a konferencia költségvetési keretei sajnos csupán 79 diáknak adták meg a lehetőséget, hogy megvédje dolgozatát. Az 59 dolgozatot 5 szekcióba sorolták: matematika-informatika (4 dolgozat), fizika-kémia (12 dolgozat), biológia (16 dolgozat), történelem (9 dolgozat), valamint társadalomtudományok (18 dolgozat). Sajnálattunkra 7 dolgozatot nem mutatattak be bírálatra betegség vagy egyéb igazolt távollét miatt. Így a matematika-informatika szekcióban 3, a fizika-kémia szekcióban 11, a biológia szekcióban 13, a történelem szekcióban 8, a társadalomtudományok szekcióban 14 dolgozat indult.

A verseny kiemelkedően sikerült, a diákok jobbnál jobb dolgozatokat mutattak be, bizonyítva fogékonyságukat az új dolgok felfedezése iránt. Szép és alaposan kidolgozott munkák szerepeltek a társadalomtudományok szekciójában, külön dicséretet érdemel a *nagynyedí csapat*: az első két helyet úgy nyerték el, hogy a magas színvonalat látva a zsűri szóhoz sem jutott. A matematika-informatika szekcióba is szép dolgozatok érkeztek, bár a konkurencia szerénynek bizonyult. A fizika-kémia szekcióban a *marosvásárhelyiek* mutatkoztak jobbnak, a biológia szekcióban pedig a *kolozsvári* csapat diadalmaskodott. A történelem szekcióban ugyancsak a *nagynyediek* voltak a legfelkészültebbek, megnyerve az első és a harmadik helyezést. Óriási szerepük volt a felkészítő tanároknak; a jól felkészült diákok kellő általános műveltséggel és a választott témában jól megalapozott ismerettel, szinte gondolkodás nélkül válaszoltak minden kérdésre.

A konferencia programja így alakult:

Május 3-án, pénteken délelőtt érkeztek a diákok és kísérő tanáraik, majd a rövid megnyitó után a fizika-kémia, valamint a társadalomtudományok szekciójának ülései kezdődtek. Ebéd után e szekciók dolgozatait mutatták be. A program után a diákok és a

tanárok elfoglalták szálláshelyüket, majd rövid kulturális est következett, a résztvevők meglátogatták a marosvásárhelyi várat.

Május 4-én, szombaton, reggeli után három szekció dolgozatainak bemutatása következett. Az ebéd és a zsűri döntése után az eredményhirdetés, a díjkiosztás és a konferencia záróünnepsége következett. Az eredményhirdetésen *Dávid László*, a marosvásárhelyi Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem tanára, valamint a fizika-kémia szekció zsűrielnöke hangsúlyozta, milyen nagy szükség van e konferenciákra az erdélyi tudományos élet fellendítése érdekében, megdicsért minden résztvevőt, arra biztatva őket, hogy anyanyelvükön folytassák felsőbb tanulmányaikat.

A szervezők: *Dávid Anna* és *Páll Orsolya Petra*, XI. osztályos, *Márton Ágnes* és *Virlics Ágnes* X. osztályos tanulók, valamint *Fülöp Lóránd Árpád* főszervező, főiskolai hallgató célul tűzték ki a jövő évi konferencia megszervezését. Úgy gondolják, Marosvásárhelyen kívül is található olyan személyek és iskolák, akik szívesen vállalnák a TUDEK 2003 évi megrendezését. A marosvásárhelyiek a most szerzett tapasztalatok birtokában készülnek, hogy a következő TUDEK még sikeresebb lehessen.

## A díjazott dolgozatok és tanulók

### MATEMATIKA-INFORMATIKA

(3 pályamű)

- I. Vita Szabolcs, Marosvásárhely  
*Fénykeverés*
- II. Gaál Sándor – Tasnádi Zsolt, Torda  
*A matematika „szörnyetegei”*
- III. Máthé Zsolt, Marosvásárhely  
*Csempézés*

### FIZIKA-KÉMIA

(11 pályamű)

- I. Horváth Emőke Ágnes, Marosvásárhely  
*A külső tér irányába át*

- II. Csóg Árpád, Marosvásárhely  
*Kollagénből vagyunk*  
III. Csegzi Kamilla – László Áron, Marosvásárhely  
*A hangok*

BIOLOGIA  
(13 pályamű)

- I. Orosz Szende – Orbán Panna-Krisztina,  
Kolozsvár  
*A diófa allelopatikus anyagainak  
csírázásgátló hatása*  
II. Rajos Alíz Anikó – Rát Nóra, Nagyszalonta  
*A kullancsok életműködései*  
III. Riger Ágota – Fetija Bogdan, Torda  
*A nehézfémekkel való szennyezés  
hatása az Aranyos alsó szakaszának  
élővilágára*

TÁRSADALOMTUDOMÁNYOK  
(14 pályamű)

- I. Nagy Lóránd Zsigmond, Nagyenyed  
*Kicsi csupor nagy a füle*

- II. Firtelmeister Erzsébet, Nagyenyed  
*Gyimesek árvája - Gyimesbükk*  
III. Szöke Sorean Éva – Jakab Ágnes,  
Nagyszalonta  
*Az egészségtelen életmód*

TÖRTÉNELEM  
(8 pályamű)

- I. Raab Eszter, Nagyenyed  
*Évgyűrűk – Szolokma  
rövid története*  
II. Karácsonyi Andrea – Székely Lehel Attila,  
Torda  
*Jelek a múltból – Torda épületei*  
III. Udvari Ibolya, Nagyenyed  
*A hajdani és a majdani kastély*

Fülöp Lóránd Árpád

erdélyi regionális megbízott (Kutató Diákok  
Országos Szövetsége), flogika@yahoo.com

---

## I. KÖZÉPISKOLÁS ÉLETTUDOMÁNYI KUTATÓTÁBOR

Az élettudományok iránt érdeklődő középiskolások számára szerveztek nyári kutatótábort 2002. június 30. és július 12. között Szegeden a Straub Örökség Alapítvány és a Kutató Diákokért Alapítvány közös kezdeményezésére, ill. összefogásukkal az MTA Szegedi Biológiai Központjában. A két alapítvány mellett a Szegedi Tudományegyetem is segítette a megvalósításban: egyetemi tanárok előadásaiival, valamint a szálláshelyek díjtalan átengedésével támogatta a tábor.

A két hét alatt összesen 40 középiskolás – húszan az ország különböző városaiból, ötven Erdélyből, tizenöt Szegedről érkeztek – délelőttönként előadásokon, délutánonként laboratóriumi gyakorlatokon vett részt.

A szervezőknek több mint 150 jelentkező közül kellett kiválasztaniuk a legrátermettebbeket, akik ilyen módon ismerkedhettek közelebbről a kutatómunkával, nyerhettek bepillantást abba, hol tart ma ez a gyorsan fejlődő tudományág. A Szegedi Biológiai Központ neves kutatói eredetinek és követendőnek tartották a kezdeményezést, amelynek ötletgazdái a két említett alapítvány kuratóriumának elnökei, *Vígh László* és *Csermely Péter* voltak. Az előadások és azok gyakorlati illusztrációja a molekuláris biológia, biokémia, genetika, biofizika, sejtbiológia és az élettudományok több más területét átfogták. Az előadók a Szegedi Biológiai Központ neves tudósai voltak: többek között *Dudits Dénes*, *Venetianer Pál*, *Vígh László*, *Udvardy Andor*, *Raskó István*, *Hadlaczky Gyula* és *Garab Győző*, ill. a Szegedi Tudományegyetemről *Boros Imre*, *Kevei Ferenc*, *Toldi József*, *Fekete Éva* és *Mihalik Erzsébet*.

Az előadások és gyakorlatok szervezése, koordinálása a Biokémiai Intézet munkatársa, *Rauch Tibor* munkáját dicséri. Szállásunk az SZBK tőszomszédságában levő Herman Ottó Kollégiumban volt, étkezést az SZBK éttermében kaptunk.

A tudományos programon túl a szabadidő tartalmas eltöltéséről is igyekeztek gondoskodni: volt panorámabuszos városnézés, egésznapos kirándulás az Ópusztaszeri Nemzeti Történelmi Emlékparkba és egy szintén egész napos kirándulás az ásatthalmi erdőben levő Majoros-tanyára, sétakocsikázással, lovaglással, jó falusi ebéddel. A második héten a szegedi Fűvészkertben tanulmányi ki-

rándulással egybekötött grillparti színesítette a programot. A szabadidős tevékenység szervezése, a tábor technikai lebonyolítása *Zámbari Ferencné* munkája volt.

A szervezők remélik, hogy kezdeményezésük kedvező visszhangra talál mind a középiskolások, mind tanáraik, mentoraik körében, és az idei tábor megrendezésével sikerült hagyományt teremteniük. Ezt a reményt tükrözi, hogy a rendezvény neve mellé immár sorszám is került: I. Középiskolás Élettudományi Kutatótábor.

Vígh László

a biol. tud. dokt. (MTA SzBK, Biokémiai Intézet)  
vigh@nucleus.szbk.u-szeged.hu

## TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRÖK

fél évszázad

a tehetséggondozás szolgálatában

A magyar iskolarendszer, a magyar felsőoktatás világraszóló eredményeiben mindig is igen nagy része volt annak a tanár-diák közösséges szakmai és emberi együttműködésnek, mely az elmúlt öt évtizedben tudományos diákköri tevékenységként vonult be a hazai felsőoktatás történetébe. Sok tudós életútjára, a magyar tudomány elért sikereire is fényt vet, magyarázatot ad. A magyar egyetemeken és főiskolákon folyó tudományos diákköri mozgalom, építve a korábbi, a felsőoktatásban mélyen gyökerező önképzőkori tevékenység átörököltetését, tiszteletreméltó hagyományaira, több egyetemen a tanárok és a diákok kezdeményezéseként indult az ötvenes évek elején. A hallgatók egy részének önképzési szándéka, a minőségi képzés iránti igény, a felsőoktatási tudományos utánpótlás elősegítésének szándéka hívta életre. Ugyan a korabeli hivatalosság 1952-re teszi a diákköri mozgalom indulását, születését Magyarországon – a kiadott diákkörökkel kapcsolatos első miniszteri utasítás dátuma

szerint –, de már az 1950/1951-es tanévben jelentős számban alakultak meg tudományos diákkörök. Az indulás évének végére, a következő tanévre már 97 diákkört regisztráltak a felsőoktatásban. Az első tudományos diákkörök nagyobb része természettudományi és műszaki jellegű volt, de volt közöttük pedagógiai diákkör is. Olyan tevékenységről van tehát szó, amely a hazai felsőoktatás legnemesebb és legsikeresebb hagyományait ápolja, amely a változó időkben, a körülötte zajló viták ellenére kiemelkedő eredményességgel szolgálta a felsőoktatási tehetséggondozás ügyét. Mindig alapfeladatának megfelelően működött, s mindig értéket tudott felmutatni.

*Tudományos diákköri tevékenység (TDK)*

A tudományos diákköri tevékenység a minőségi értelmiségi képzés fontos területe, a tehetséggondozás legfontosabb, legjelentősebb formája a hazai felsőoktatásban. Az indulástól *alapfeladata és lényege*: a kötelező ismeretanyag elsajátításán túl önálló kutatásokat folytató, érdeklődő, törekvő hallgatók és segítő, lelkes tanáraik „alulról épülő mozgalma”. A diaktudományos munka az alsóbb években kezdődő, gyökerező, folyamatos tutoriális (mentor) jellegű hallgató-

tanár műhelymunka, szakmai kapcsolat, amely már az alapképzés idején lehetőséget ad a hallgatóknak az önálló alkotó tevékenységre, egy-egy tématerület és az alkalmazható kutatási módszerek, eszközök mélyebb megismerésére, a kötelező tananyag elsajátításán túlmutató új ismeretek megszerzésére, továbbá hozzájárul a hallgatók tudományos kutatói pályán való elindulásához, s ezzel a szakmai, oktatói, kutatói utánpótlás, a magyar tudományos elit kinevelődéséhez.

A kutatás, a kutató élete, így a tudományos diákköri munka is sajátos életforma hallgatónak és tanárnak egyaránt. Kitartó, következetes munkán, állandó tanuláson és igazi megmérettetésen alapul. Megtanít érvelni, vitatkozni, mások igazát megismerni, elfogadni, néha még a felnőtt tudós nemzedéknek is példát mutatva örülni más sikereinek, elért eredményeinek. A szakmai, tudományos sikerek mellett, vagy inkább mindezek előtt emberségre, igényességre, a gondolkodás meg nem alkuvó becsületességére, a kutatói életforma nagyszerűségére, a felfedezés öröme, az új melletti kiállásra, de együttműködésre és toleranciára is nevel. Személyes élet, személyes döntés, mely tudományos alázattal, szorgos, kitartó munkával jár, de a felfedezett, segített, támogatott tehetségek élete sikeresebb, örömtelibb és tudományt előrevivőbb lesz. Mindez megéri a „befektetést”. A befektetést, hogy minél többen menjenek végig ezen az úton.

Hallgató-tanár kapcsolatról, együttműködésről van tehát szó, amiben a korábbi évszázadok tanulsága szerint is meghatározó, elvitathatatlan szerepe van a tanárnak, a felnőtt kutatóknak. Ahogyan ezt Eötvös Loránd nevezetes, 1891. szeptember 15-i rektori székfoglaló beszédében fogalmazta: „... az egyetem tudományos tanításának színvonalát egyedül tanárainak egyénisége állapítja meg”. Amikor a tudományos diákkörökről beszélünk, ennek hangsúlyozása és főként elismerése elengedhetetlen.

Külön kell említeni, hogy a tudományos diákköri tevékenység, a diáktudományos munka a doktori képzés egyik legjobb előiskolája. Mára a doktori iskolák felvételi eljárása során jelentős pontszámmal kerül figyelembevetelre, beszámításra a TDK keretei között folyó tudományos munka és az ott elért eredmény.

Arra, hogy valóban tehetséges és kiváló képességű szakemberek kerülnek ki a tudományos diákkörökből, igen meggyőző bizonyíték, ha az MTA rendes- és levelező tagjainak névsorát és írásos bemutatkozásukat megnézzük. Szinte mindenki diákkörben kezdte tudományos pályafutását, írta első dolgozatát, köztük szép számmal olyanok, akik ma is diákkörös hallgatók témavezetői, s olyanok is, akik kiemelkedő diáktudományos tevékenységet segítő tanári munkájukért *Mestertanár* elismerésben részesültek. Ez is példa, vonzó életpálya lehet az egyetemi és főiskolai hallgatók számára.

#### *TDK a felsőoktatási intézményekben*

Mára már az ország csaknem minden felsőoktatási intézményében folyik tudományos diákköri munka. Lényege ugyanaz mindenhol, de változatos hagyományokon alapszik, és eltérő múltú. Más-más a belső rendszerük, így működésük, konferenciáik megrendezésének kerete, formája, időpontja, és más-más az elismerés rendje. Működésük többnyire írásban szabályozott, az intézmények tanulmányi- és vizsgaszabályzataiban vagy önállóan. Az Országos Tudományos Diákköri Tanács Titkársága sajátos eszközeivel segíti, szolgálja folyamatosan az intézményekben folyó TDK munkát, szoros együttműködésben a TDK elnökökkel, titkárokkal. A kapcsolattartás során feltárultak, ismertté váltak az intézményi tudományos diákköri munka helyi hagyományokon alapuló formái, módjai, eredményei. Ismertekké váltak azok a kiadványok, összefoglaló kötetek, diákköri füzetek, évkönyvek, a kiemelkedő és nyer-

tes dolgozatokat, eredményeket közétevéő kiadványok, gyűjtemények, egyre gyakrabban internetes publikációk, amelyek a diákkörök gondozásában látnak napvilágot.

Az utóbbi időben nőtt az egyházi intézmények, alapítványi iskolák és a határon túli felsőoktatási intézmények diákköreinek száma, és a művészeti egyetemek, karok, tanházak bekapcsolódása is jó úton halad. Tudományos és Művészeti Diákkörök alakultak és működnek.

Az intézményekben, az intézmények között egy-egy tudományterületen zajló konferenciák elismerései, az Országos Tudományos Diákköri Konferenciákon szerzett helyezések és a Pro Scientia Aranyérmek erkölcsi elismerést jelentenek a szakmai, tudományos karrier indulásához, ám önmagukban nem pótolhatják a nem megfelelő, gyakran hiányzó kutatási feltételeket.

Ezt elismerve az oktatási tárca a Jedlik Ányos Kuratóriummal együtt a doktori és mesteriskolák pályázata mellett a tudományos diákköri tevékenység új pályázati támogatási rendszerét is kidolgozta. Az Oktatási Minisztérium 2001. szeptember 24-én megjelentetett, kiírt *pályázatának célja*: az állami és államilag elismert felsőfokú intézményekben folyó, graduális szintű hallgatói kutatómunka, illetve alkotói művészeti tevékenység támogatása a tudományos diákköri tevékenység feltételeinek javításával, a művészeti diákköri tevékenység alapfeltételeinek megteremtésével. A kétéves futamidejű pályázat csaknem fél milliárd forintot biztosít a diákköri munka fejlesztésére 122 pályázó számára (ami 42 intézményt érint). E pályázat jelentősége abban van, hogy nem csak a meglévő, működő TDK további fejlődését segíti, hanem a létrejövő és hagyományokkal, szervezettel még nem rendelkező intézmények, karok számára is lehetőséget ad. A pályázati összeg felhasználása során elsődleges cél a közvetlen kutatási, művészeti tevékenység támogatása, de a pályázatban meg-

határozott módon tervezhető dologi kiadások, kisebb beruházások is (könyv, folyóirat, szoftver, egyéb eszközök beszerzése). Továbbá lehetőséget biztosít a diákköri tevékenységgel kapcsolatos egyéb hallgatói költségek fedezésére, mint például tanulmányutak, konferencián való részvétel, dolgozatok, demonstrációs anyagok elkészítése. Ezen kívül a tudományos, művészeti diákköri szervezet egyéb szakmai költségeit is finanszírozza, mint a vendéglőadók díjazása, a felmerülő szervezési költségek fedezése. A pályázat eredményei már ismertek, és remélhetően rövidesen, a pályázat kiírása szerinti szeptemberben már rendelkezésükre is állnak a pályázóknak.

A tudományos diákköri munka támogatói között egyre jelentősebb szerepet vállal az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok, az OTKA, amit 2001-es kiemelt támogatása önmagában is bizonyít. Számos további támogatóról, egyre szélesedő támogatói körrel számolhatunk be. A különböző szakalapítványok, minisztériumok, egyéni vállalkozók között az országos rendezvények kiemelt támogatói az OTP Bank Rt. Fáy András Alapítványa, s az utóbbi két évben a Matáv Rt., illetve az Rt. Alapítvány a Távközlési és Telematikai Felsőoktatásért nevű szervezetének kuratóriuma.

#### *Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK)*

A kétévenként megrendezésre kerülő Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) a legkiválóbb egyetemisták és főiskolások tudományos eredményeinek bemutatási lehetősége. Az országos konferencia tehát döntő, a második forduló, melyet első fordulóként intézményi konferenciákon való szakmai zsűri előtti „válogatás” előz meg. Az országos rendezvényen való bemutatási lehetőség csak intézményi jelölés, illetve pozitív bírálói javaslat, minősítés alapján valósulhat meg. Az utóbbi országos konferenciák

adatait figyelembe véve, 3000-3500 hallgató nevezett a kétévente rendezett konferencia különböző szekcióiba. Az OTDK-kat az Országos Tudományos Diákköri Tanács az Oktatási Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia védnökségével, a felsőoktatásban érintett minisztériumok és országos hatáskörű intézmények erkölcsi, anyagi támogatásával szervezi egyre növekvő társadalmi nyilvánosság mellett. A részvétel elsősorban erkölcsi elismerés, olyan lehetőség, amely alkalmat ad egy-egy tudományterület legelismertebb képviselőiből álló szakmai zsűri és a hallgatóság előtti érvelésre, vitára, véleménycserére, egyben felkészít a szakterület hazai és külföldi konferenciáin való szereplésre, a saját és mások munkájának, előadásának értékelése révén pedig megerősítést, további ösztönzést adhat a sokszor nem kis áldozattal járó kutatómunkához. Emellett a felnőtt tudósok, oktatók és kutatók hasznos találkozója és jelentős fóruma is a konferencia. Az igényes, jól szervezett szabadidős programok élményt, kikapszolódást, jó hangulatot biztosítanak a résztvevőknek.

A TDK 2001-ben ünnepelte fél évszázados születésnapját. A jubileumi, XXV. OTDK – a korábbi konferenciákhoz hasonlóan – kiemelkedő színvonalú, különlegesen sikeres, több mint tízezer résztvevőt és érdeklődőt befogadó tudományos rendezvény volt. A 15 szekció 276 tagozati ülésére 3065 pályamunkát neveztek be a legkiválóbb egyetemi és főiskolai hallgatók. Számos dolgozat eredményei figyelemre méltóak, nemzetközi mércével is mérhetők. A tudományos diákköröket bemutató ezen írás nem ad lehetőséget a hallgatói tudományos eredmények bemutatására, elemzésére, és talán nem is feladata. Ezekről kiadványainkban, elsősorban a Diáktudós folyóiratunkban, részletesen olvashatnak az érdeklődők. Úgy gondoljuk, ezek a diáktudományos eredmények, törekvések bemutatása egy további elemző cikket is megérdemelne. A jubileumi konferen-

cián minden eddiginél többen vettek részt, eredményesen szerepeltek határon túl tanuló magyar egyetemisták, egyházi, alapítványi intézmények és néhány szakkollégium hallgatói is. A szekcióüléseken először vehettek részt középiskolás kutató diákok is, ami a két szervezet: az OTDT és a Kutató Diákok Országos Szövetsége (KDOSZ) egyre gazdagodó kapcsolatát jelzi.

A tudományos diákköri munka folyamatoságát jelképezi, hogy a konferencia zárásakor már bejelentésre, meghirdetésre került a következő, szám szerint a XXVI. OTDK. Új színfoltja lesz, hogy a 2003-ban megtartott rendezvényeken a művészeti képzéssel foglalkozó intézmények hallgatói is jelen lesznek, már nemcsak művészettudományi dolgozatokkal, hanem befogadást nyernek a művészeti alkotások, experimentális munkák, az előadó-művészet is. Az első, *Országos Művészeti és Művészettudományi Diákköri Konferenciát* a Magyar Iparművészeti Egyetem falai között rendezzük meg a XXVI. OTDK 15 szekciója mellett.

#### *Országos Tudományos Diákköri Tanács (OTDT)*

A tanszéki, szakterületi, kari, illetve intézményi szinten szerveződő diákkörök országos koordinálására 1973-ban jött létre az Országos Tudományos Diákköri Tanács (OTDT). Az OTDT ülések közötti folyamatos munkát, az intézményi TDK felelősökkel történő kapcsolattartást 1987 óta a Szakmai Bizottságok, az Ügyvezető Elnökség és a Titkárság működése segíti. Az OTDT célját és feladatait, valamint a működés anyagi feltételeit a felsőoktatási törvény is rögzíti. Ennek megfelelően a Tanács feladata a felsőoktatási intézményekben tudományos tevékenységet végző hallgatók és az őket segítő oktatók, kutatók szakmai képvisellete, országos szintű támogatása és összefogása; a tudományos diákköri mozgalomban központi szerepet betöltő szakmai bizottságok működési feltételeinek

biztosítása; az országos jellegű tudományos rendezvények, fórumok szervezése.

A jubileumi év alkalmas volt arra is, hogy átgondoljuk – saját történetünk feltárása során szerzett tapasztalatainkat is figyelembe véve, a TDK alapfeladatait megtartva, – hogyan tudnánk jobban alkalmazkodni, felkészülni az új évszázadban a magyar felsőoktatásra váró kihívásokra a jelenlegi képzés, a reformok alatt álló felsőoktatás keretei között. Foglalkoztunk ezekkel a kérdésekkel az OTDT és a Szakmai Bizottságok ülésein, továbbá a Tanács 2001 októberében a Magyar Tudományos Akadémia Dísztermében rendezett nyilvános ülésén. A tanácsulást az ország valamennyi TDK elnökének részvételével rendeztük meg, melynek napirendje: *A diáktudományos tevékenység helyzete és távlatai.*

Az említett üléseken, tanácskozáson érintett legfontosabb kérdések:

- a tudományos diákköri mozgalom átörökíthető tapasztalatai;
- a sajátos hagyományokra épülő, vagy kialakulóban levő intézményi TDK támogatása, működési feltételeinek javítása, illetve létrehozásuk feltételeinek megteremtése;
- a diáktudományos tevékenység és a kredit rendszerű felsőoktatás;
- tudományos diákkörök az intézményi szabályzatokban;
- a hallgatók és a hallgatói önkormányzatok szélesebb körű bevonásának lehetőségei a TDK szervezésébe;
- a TDK versenyek, konferenciák, az OTDK szabályainak alakítása a kialakuló képzéshez a TDK alapjainak sérülése nélkül;
- a tudományos teljesítmények bizonyos határok közt mozgó objektív bírálatának biztosítása, erősítése a diákokban, ebben az oktatók szerepe;
- a tehetség felfedezésének módjai;
- a diákköri munka, a diákköri konferenciák tisztaságának biztosítása, hogy a konferencián való szereplés, részvétel minden-

fajta díjazás mellett elsősorban erkölcsi, tudományos elismerés legyen;

- a főiskolákon folyó TDK munka, a tehetséggel való foglalkozás nehézségei;
- a tehetség nevelésének kérdései;
- a határon túli intézmények TDK munkájának segítése, támogatásukhoz képviselő biztosítása;
- a kutató diákok törekvéseinek támogatása, részvételük lehetősége az OTDK szekcióban;
- az együttműködés módjai, lehetőségei mindazokkal, akik részesei a tehetséggondozásnak;
- a sikeres diáktudósok összetartása, tudományos közéletbe való bevonásuk, a Pro Scientia Aranyérmesek Társasága működésének segítése, és még további, minden fontos részletet is érintő kérdések.

#### *Az OTDT kitüntetései*

Az országos konferenciákhoz kapcsolódóan kétfévente kerül meghirdetésre a *Pro Scientia Aranyérem* pályázat. Ennek keretében körültekintő, többlépcsős odaítélési eljárás során a kimagasló hallgatói tudományos teljesítményt elismerő kitüntetést 1989 óta minden alkalommal 45 hallgató nyerheti el.

Ugyancsak kétfévente, a hallgatói elismeréssel egy időben a diáktudományos tevékenység szervezéséért, elősegítéséért, hosszú idő óta számos diák eredményes felkészítésében közreműködő, a színvonalas és sikeres tanár-diák együttműködésben megvalósuló műhelymunkáért, a tudományos iskolateremtésért 50 oktató, kutató, akiket egyrészt az intézményük, másrészt az Országos Tudományos Diákköri Tanács szakmai bizottságai erre az elismerésre érdemesítettek, *Mestertanár* kitüntetésben részesülhet. Mindkét elismerés, kitüntetés alapja a teljes életpálya mérlegelése, a folyamatosan bizonyított tudományos teljesítmény, mesterek-nél pedig a tudományos iskolateremtés. Minden kitüntetési alkalommal *Honoris Causa*

*Pro Scientia Aranyérem* odaítélésére és átadására is sor kerül kiemelkedő iskolateremtő professzornak, tudósnak, közéleti személyiségnek, azoknak, akik példamutatóan segítik, támogatják a felsőoktatásban tanuló fiatalok önképző tevékenységének ügyét. Eddig huszonketten vehették át az OTDT legrangosabb elismerését.

Az OTDT 2001 szeptemberében *Máriás Antal Emlékérmét* alapított a fáradhatatlan TDK vezető professzor tiszteletére és emlékére, amelyet szintén két évente a nagy iskolateremtő szenior mestereknek, köztük mindig egy közgazdásznak adományoz.

A jubileumi konferencia évében a jelentős szponzori támogatásnak köszönhetően 450 *Jubileumi Emlékplakett* is kiadásra kerülhetett, rajta a felirat: *Tudással Magyarorszáért*. Az emléklaplakettel és oklevéllel olyan oktatókat, kutatókat, továbbá támogatókat ismert el a Tanács, akiknek szívügye, életük fontos, meghatározó része a diákköri tevékenység segítése, támogatása.

#### *Az OTDT kiadványai*

Az OTDT kiadványai között a legismertebb a *Diáktudós* című időszaki kiadvány, melynek 2002-ben már XVI. évfolyama jelenik meg. Az *Almanach* kötetünket két évente, a konferenciák évében adjuk ki. Ez a kitüntetettek mutatja be, s a Magyar Tudományos Akadémia Dísztermében rendezett ünnepi zárulásra jelentetjük meg. Új kiadványunk *Az Országos Tudományos Diákköri Tanács Közleményei* sorozat. A közlemények füzeteiben elsősorban a tudományos diákkörök intézményi szervezőinek tesszük közzé legfontosabb aktuális információinkat. Az első füzetben a XXVI. OTDK felhívásának dokumentumait jelentettük meg. Fontosnak tarjuk megemlíteni az OTDT honlapját is (<http://www.prof.iif.hu/otdt>), mint az információ közlésének, közzétételének további lehetőségét, külön kiemelve az egyre gazdagodó intézményi TDK oldalakat.

#### *A tudományos diákköri mozgalom története*

A jubileumi, XXV. Országos Tudományos Diákköri Konferenciára készülve fogtunk hozzá a tdk történetének feldolgozásához, s a jubileum alkalmából sikerült is megjelentetnünk *A magyar tudományos diákköri konferenciák fél évszázada* című történeti kötetet. Az *Anderle Ádám* tanszékvezető egyetemi tanár (SZTE BTK Hispanisztikai Tanszék), az OTDT Ügyvezető Elnökségének tagja által írt és szerkesztett kötetet egy hosszú távú tudománytörténeti kutatás első eredményének tekintjük, s meggyőződésünk, hogy feltétlenül folytatást igényel, követel. Címének megfelelően a tudományos diákköröket mint országos mozgalmat kívántuk bemutatni, a megrendezett diákköri konferenciákon keresztül. A kötet első része a diákköri mozgalom általános, országos koordinátáit rajzolja meg. Megszületésének, indulásának körülményeit – utalva röviden a magyar diákköri előzményekre –, szervezeti változásait és ennek formálódását, az országos konferenciák növekedésének dinamizmusát, mozgásának jellegzetességeit, a diákkörökkel és a diákköri mozgalommal kapcsolatos belső, értelmezési vitákat, a mozgalom tagoltságát, a tudományos érdeklődés fő irányait, az oktatásügyi kormányzathoz való mindenkorai kapcsolódását, a kapcsolat tartalmát. A második, nagyobb részben az egyes tudományterületek és szekciók szakmai bizottságai által készített tanulmányok a tudományos érdeklődés változásait, a műhelyteremtő oktatókat, tudósokat, a kiemelkedő, mára tudóssá váló diákkutatókat, kiemelkedő dolgozatokat mutatják be, továbbá egy-egy tudományterület és felsőoktatási szféra fél évszázadban felmerült gondjait, az elitképzés és a tehetséggondozás, a kutatóvá nevelés részleteit. A kötet olvasói tapasztalhatják, hogy a tudományos diákkörök természetesen nemcsak a diákszereplőket, diáktudósokat, hanem a mindenkor választott ku-

tatási témák, ötletek, kutatási módszerek, eljárások újdonságát, ezek alakulását is feltárják. Sok esetben a közelmúlt tudományos irányzatait, iskoláit is bemutatják, s nemcsak a diákok, a hallgatók, de mestereik érdeklődésének, tudományos felfogásának formálódásáról is vallanak, s mutatják a felsőoktatási intézmények tudományos törekvéseit, itt-ott rivalizálását, jellegzetességeit is.

A tervezett hosszú távú tudománytörténeti kutatáshoz támogatást, segítséget várunk és kérünk a Magyar Tudományos Akadémiától, annak Osztályaitól, az OTKA-tól, a felsőoktatási kutatásokkal foglalkozó intézményektől. Erre vonatkozó kutatási elképzelésünk, programunk, a felsőoktatási intézményeket is bevonva, elkészült.

Az elmúlt két évben többször idéztük – jelentősége miatt most is ezt tesszük – az akkor 41 éves első Bolyai-díjas *Freund Tamás* fiatalokhoz szóló gondolatát, aki II. éves egyetemi hallgatóként írta első tudományos diákköri dolgozatát, majd 1999-ben Mestertanár kitüntetést kapott. „...*Számomra a díjnak nem az az értelme és célja, hogy a díjazott pályafutását előmozdítsa, hanem hogy a felnövekvő tudóspalántákban megerősítse a hitet: itthon, Magyarországon is elérhet az ember tudományos eredményt, tudományos karriert.*”

Az idei Bolyai-díjas Roska Tamás a fiataloknak szóló üzenetnek tekinti az elismerést. *A tudománynak nincs hazája, de a tudósnak van.* majd azt mondja: *A mai egyetemistáktól,*

*főiskolásoktól nagyon is függ a jövő, kérem, ne pazarolják el ezt a fontos időszakot!*

A tudományos diákköri konferenciák eddigi története, az elért diáktudományos sikerek, a jubileumi év eseményei reméljük, nagyon sokak számára megerősítették, hogy az új évszázad új kihívásainak közepette, a tömegesedő képzés, a bevezetés előtt álló kredit rendszer időszakában is folytatódik a nagy hagyományú TDK sikertörténete. Továbbra is lesznek a fenti gondolatokat valló kiváló hallgatók, őket segítő témavezetők, iskolateremtő tanárok, a dolgozatok bírálatban, a zsűrik munkájában feladatot vállalók, a szervezésben közreműködők, s nagyszerű támogatók a magyar egyetemisták és főiskolások legjobbjai nagy közösségének szolgálatában, hogy beteljesedjen Magyarországon a tudás alapú társadalom szép ígérete.

Országos Tudományos Diákköri Tanács  
Titkárság, Professzorok Háza  
1146 Budapest, Ajtósi Dürer sor 19-21.  
(06-1) 352-6910 • 4 06 (1) 352-6910  
titkar@otdt.huninet.hu  
titkarsag@otdt.huninet.hu  
<http://www.prof.iif.hu/otdt>

Szendrő Péter  
egyetemi tanár, rektor (SZIE), az OTDT elnöke  
szendro@mgi.gau.hu  
Koósne Török Erzsébet  
könyvtáros-informatikus, az OTDT titkára  
titkar@otdt.ph.hu

## IRODALOM

Almanach (2001). Pro Scientia Aranyérmesek és Mestertanárok. Az Országos Tudományos Diákköri Tanács Kiadványa. Budapest, (Tudományos Diákköri Füzetek, 6.)  
Diáktudós (2001). Az Országos Tudományos Diákköri Tanács időszaki kiadványa. Budapest, XV. 1-2  
Fiatalok a tudományban (2002). Tudományos közéleti fórum. Kecskemét, 2002. március 23–24. (A konferencián elhangzott előadások anyaga. Nyomdai előkészítés alatt)  
Gondolatok tárháza (2001). Tanulmányok a Tehetséggondozás 2000 konferencia anyagából. Kiadja

a Professzorok Batthyány Köre és a Kecskeméti Lapok Kft. Kecskemét  
A XXVI. Országos Tudományos Diákköri Tanács felhívásának dokumentumai, 2003 tavasza. (2002). Budapest, Az Országos Tudományos Diákköri Tanács Közleményei, 1.  
A magyar tudományos diákköri konferenciák fél évszázada (2001). Szerkesztette Anderle Ádám. Kiadja az Országos Tudományos Diákköri Tanács. Budapest  
A tudományos diákköri tevékenységről (2002). Magyar Felsőoktatás 3.

## Hozzászólás

# A COLLEGIUM BUDAPEST ÉS A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

Válasz Berend T. Iván szeptemberben  
megjelent hozzászólására

Berend T. Iván a Magyar Tudomány szeptemberi számában hozzászólott a Collegium Budapestről szóló korábbi cikkemhez: nehezményezte, hogy történész létemre pontatlanul ismertetem a Collegium történetét, és „kivülről jött kezdeményezésnek” tüntetem fel azt, ami valójában legelőször is személyesen tőle, az MTA akkori elnökétől indult ki, s amelynek megvalósításában az MTA a későbbiekben is komoly szerepet játszott. Mint rövid válaszomban siettem leírni, valóban illett volna az MTA folyóiratában jobban hangsúlyozni az Akadémia ez ügyben játszott szerepét, bár nem a Collegium Budapest története volt a kérdéses cikk témája, hanem a legutóbbi év tevékenysége. De örülök, hogy Berend T. Iván írása most alkalmat ad ennek bepótlására.

A Wissenschaftskollegban töltött 1990-91-es évben hallottam Berend T. Ivánnak az MTA elnökeként 1989-ben tett javaslatáról, amelynek valóban fontos szerepe volt abban, hogy a Wissenschaftskolleg vezetői elkezdtek foglalkozni a Collegium Budapest megalapításának gondolatával. Ennek nyomán azonban ők kezdték meg azokat a tárgyalásaikat, amelyekben meggyőztek hat európai államot és számos magánalapítványt, hogy adják össze a tervezett intézet

első öt évéhez szükséges közel húszmillió márkát. 1991-ben figyelemmel kísérhettem a megalapítással kapcsolatos tárgyalásokat: az intézmény felépítéséhez, működtetéséhez szükséges tartós nemzetközi segítségért és mindenekelőtt az első öt évre szükséges teljes pénzösszeget felkínáló alapítók a magyar államtól csak a Collegium funkciójához méltó, alkalmas székház felajánlását kérték. Ebben azonban igencsak vonakodtak a „külföldi” kezdeményezést bizalmatlanul szemlélő akkori minisztériumi emberek, s ez 1991-ben majdnem zsákutcába juttatta a tárgyalásokat. Ebből két kezdeményezés tudta megtalálni a kiutat: *Granasztói György*, aki megnyerte *Antall Józsefet* a Collegium támogatására, és *Kosáry Domokos*, az MTA új elnökéé, akinek az 1991-es tárgyalások során tett nagyvonalú gesztusa – az MTA Nyelvtudományi Intézetének más helyre költöztetése – tette lehetővé, hogy elfogadható ajánlat szülessen a megalapítandó Collegium Budapest székházára: az MTA kezelésében levő volt budai Városházára.

Az MTA-val azóta is igen szorosan együttműködik a Collegium Budapest. Az MTA elnöke *ex officio* tagja a Collegium Kuratóriumának (1997-től „Közgyűlésének”). *Kosáry Domokos* 1997 után a Collegium tiszteletbeli tagja (*honorary fellow*) lett. *Glatz Ferenc* 1997 és 2002 között a Collegium Budapest Közgyűlésének elnökhelyettese

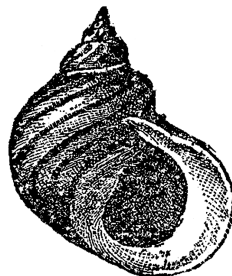
volt, 2002-ben *Vizi E. Szilveszter* vette át tőle ezt a funkciót. *Vékás Lajos*, a Collegium alapító rektora nagy súlyt fektetett az MTA tagjaival és kutatóintézeteivel való kapcsolatok kiépítésére, és magam is ezen fáradozom *permanent fellow* kollégáimmal, *Kornai Jánossal* és *Szathmáry Eörsszel* együtt. Az elmúlt tíz év nagy számú közös tudományos rendezvénye és kutatóprogramja mellett ezt segíti elő az Akadémia vezetőinek bevonása a meghívásokról és a tudományos projektekről döntő nemzetközi Tudományos Tanácsba. *Marosi Ernő*, az MTA Művészettörténeti Intézetének volt igazgatója (jelenleg az MTA elnökhelyettese) 1997 és 2001 között volt e testület tagja, 2001-től részt vesz benne *Kroó Norbert*, az MTA főtitkára. Több más magyar akadémikus is tagja (vagy volt tagja) e Tudományos Tanácsnak (*Heller Ágnes*, *Szegedy-Maszák Mihály*, *Vékás Lajos*, *Vida Gábor*).

A Collegium Budapest és az MTA együttműködésének egyik fontos területe a „kiválósági központok” (*centres of excellence*) 1999-2000-es EU pályázatához kapcsolódik. A pályázat kiírásához vezető „lobbizásban” kulcsfontosságot játszott a Collegium által szervezett 1997-es nemzetközi konferencia,

és nagy siker, hogy a Collegium Budapesttel együtt öt magyar akadémiai intézet bekerült a 186 benyújtott közép-kelet-európai pályázat közül elfogadott 36 közé: a KFKI, a KOKI, a Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet, a Szegedi Biológiai Központ és a SZTAKI pályázata. Ezekkel az intézetekkel azóta is szoros együttműködést folytat a Collegium Budapest. Az MTA és a Collegium „európai” együttműködései közül megemlíteném még az európai régiókról 2000-ben közösen rendezett budapesti konferenciát, amely az EU Bizottság tudományos tanácsadó testülete által évenként kétszer más-más városban megrendezett (*Carrefour*-nak nevezett) konferenciák sorozatába illeszkedett, és amely fontos szerepet játszott EU-s tudományos kapcsolatrendszerünk kibővítésében.

Még egyszer köszönöm tehát Berend T. Ivánnak, hogy emlékeztetett, mindezekről az MTA-hoz fűződő kapcsolatokról külön szólni érdemes az MTA folyóiratában. Abban a reményben, hogy a Collegium Budapest ügyét az Akadémia a továbbra is támogatni fogja, átlátja stratégiai jelentőségét, és a jövőben is a sajátjának érzi.

*Klaniczay Gábor*



# Tudománypolitika

## AKADÉMIA ÉS TUDÁSÁTADÁS, A MINDENTUDÁS EGYETEME

Dr. Fábri György

MTA tudománypolitikai főtanácsos,  
A Mindentudás Egyeteme program akadémiai szervezője

A közelmúltban Európa-szerte nagy sikert aratott a francia *L'Université de tous les savoirs* program, Yves Michault gondozásában. Alapeszméje (akárcsak a hasonló angol-szász példáké) a modern nyugati tudományosság univerzális igényű összefoglalásához, a Nagy Enciklopédiához kapcsolódott: *áttekinteni és az érdeklődő közönség számára hozzáférhetővé tenni a korszak legmagasabb szintű tudományos ismereteit*. Alapos előkészületek után, több ezer témát több száz szakértővel megvitatta, 2001. januárjától az év minden napján elhangzott és videóra rögzített előadásfolyam jött létre. Ennek hatására még élesebben fogalmazódott meg kontinensünk tudományos életében a kérdés, amit *tudomány és közösség, tudományos tudás és laikus gondolkodás, tudásalapú társadalom és az antiszcien-tista hullámok* fogalompárjaival szokás leírni, vitatni, továbbgondolni.

A magyar tudóstársadalomban, az Akadémián sem ismeretlenek ezek a problémák. Az MTA Ismeretterjesztő illetve Társadalmi Kapcsolatok elnöki bizottságai, tematikus osztályülések, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulattal való szoros akadémiai együttműködés vagy éppen a Magyar Tudomány írásai időről-időre visszatérnek mind-

erre. Szakmai szinten önálló kutatási irányok (MTA Filozófiai Kutatóintézet, Tudástársadalom Intézetközi Kutatási Program stb.) és akadémiai programok (e-learning) keresik azokat az új lehetőségeket, amelyeket a *legkorszerűbb információs és kommunikációs technológiák alkalmazása kínál a tudomány eredményeinek széleskörű megismertetésében*. Itt okkal büszkén támaszkodhatunk a magyar tudományos ismeretterjesztés hagyományaira, a TIT megalapításától kezdve a színvonalas folyóiratokon (Természettudományi Közlöny, később Természet Világa, Élet és Tudomány, Valóság, Föld és Ég) át a televíziós korszak sok nagyhatású műsoráig (Tudósklub, Öveges professzor, Gólyavári esték, Delta).

Érthető hát az akadémikusok, kutatók és az Akadémia vezetésének nyitottsága, amellyel a *MATÁV javaslatát fogadta a Mindentudás Egyeteme magyarországi megvalósítására*. A kezdeményezés lényege ugyanis, hogy a magyar tudomány nemzetközi színvonalú kutatóinak és műhelyeinek munkájára támaszkodva, az infokommunikáció közegében adaptálta a tudásterjesztés nemzetközi törekvéseit és magyar hagyományait.

A program a heti rendszerességű *nyilvános előadásokra épül, amelyeket televízió-*

*ban, rádióban és az interneten is megjelenített, feldolgozott formában* ismerhet meg az érdeklődő közönség. Az 53 előadás (az akadémiai év beosztáshoz igazodó szünetekkel együtt) 2002. szeptemberétől 2003. decemberéig mutatja be a tudomány legfrissebb, leginkább aktuális eredményeit és kérdéseit. Hétről hétre azonos időpontban, hétfő esténként és azonos helyen, a Műegyetem Informatikai Tömbjében tarjuk az tervek szerint 45 perces előadásokat, amelyeket 60 perces kötetlen beszélgetés követ a jelenlévők kérdései, megjegyzései alapján. Az egyes előadások tartalmát, felépítését teljes egészében az előadók határozzák meg. A program célközönsége az általánosan művelt, legalább érettségi szinten képzett érdeklődők köre, ezért számukra érthető nyelvezeten előadott, szemléletesen bemutatott prezentációkra kerül sor. Az előadásokról *televíziós és rádiós felvétel* készül, amelyek internetről letölthető formája mellett országos televíziós és rádiós csatornákon lesznek láthatók/hallhatók. Médiapartnerként folyóiratok és napilapok is közreműködnek rendszeres tudósításokkal, az előadókkal készített interjúkkal. Mindez olyan nyilvánosságot ad a magyar tudományos közösségnek és az Akadémiának, amelyenre hosszú ideje nem volt példa.

A program kulcsfontosságú eleme az *internetes megjelenés*. Az előadások tagolt, az internetes olvasás sajátosságaihoz alkalmazott, többszintű és tömör szövegelemekből felépülő formája kerül az önálló honlapokra. Ugyanitt jelennek meg a szakirodalmi hivatkozások és szükséges kiegészítő anyagok, a hipertextes megoldások maximális kihasználásával. Az internetes feldolgozás olyan szakmai környezet felépítésével egészül ki, amely tartalmazza a témakör tudománytörténeti áttekintését, a legújabb kutatási eredmények bemutatását, a kérdéskör aktualitásának és gyakorlati vonatkozásainak taglalását, a területen elért magyar kutatási

eredményeket, a legfontosabb műhelyeknek és a terület oktatási hátterének, alpműveinek utalásait. Ugyancsak az interneten folytatódik az előadás interaktív része, fórumok, chatek formájában. Ezek felépítésében és működtetésben kiemelt feladatot kapnak azok a fiatal kutató, doktorandusz kollégák, akik szakmai asszisztensként működnek közre az előadások gondozásában és szerkesztésében.

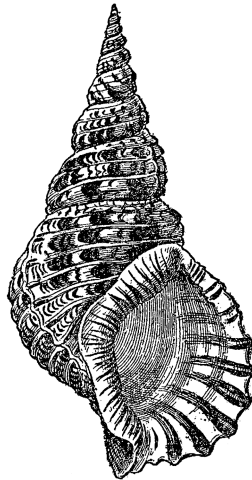
Természetesen eleve lehetetlen vállalkozás volna a világ megismerésének rögzített, teljes körű és kimerítő tudományos feldolgozására törekedni. A szakmai egyeztetések nyomán felkért előadók (többségükben akadémikusok illetve vezető kutatók) olyan prezentációkat tartanak, amelyek saját kutatási területük bemutatásával a tudományos kutatásnak, a tudomány értékeinek konkrét példáit jelenítik meg. Az előadás-sorozat azért nem zárt rendszert kínál: célja az érdeklődés felkeltése, a tudományos kommunikáció és a tudomány kommunikációjának széleskörű kiterjesztése a magyar tudományos kiválóság azon képviselői felé is, akik közvetlenül nem szerepelnek az előadók között. Ennyiben tehát a *Mindentudás Egyeteme az európai egyetemi, gondolkodói hagyományt követi, amely példákön, személyiségeken és műhelyeken keresztül nyit ösvényeket az érdeklődők számára a tudomány felé.*

A program mindezekén túl alkalmat kínál az *internetes tudásközvetítés kérdéseinek feldolgozására és a tudásszerveződés legújabb fejleményeinek elméleti feltárására* is. Ennek keretében sor kerül a tudomány-szociológia, a tudományrendszerezés, a tudományos újságírás nézőpontjából áttekinteni a tudomány világát, konferenciák, tanulmányok, kiadványok formájában.

A Mindentudás Egyeteme a közreműködő félszáz előadó, az érintett szakmai közvélemény, a várható médiahatás és az Aka-

démia intézményes részvétele miatt messze több, mint egyszeri szponzorációs akció. Elindítása és finanszírozása ezért kiemelkedő jelentőségű a MATÁV csoport társadalmi szerepvállalása és internetes tartalomszolgáltatójának, az Axeleronak közösségi funkciója szempontjából egyaránt. Az Akadémia mint a magyar tudományosság országos köztestülete, a programban lehetőséget kap a magyar tudományos teljesítmény megismertetésére, ezzel a tudományos kutatás társadalmi tekintélyének erősítésére. Közös céljuk ugyanakkor segíteni a magyar tudástársadalom kiépülését,

hiszen a legmagasabb színvonalú tudásbázis a legkorszerűbb ismeretközvetítő (tudásközösséget teremtő) technológiával lesz hozzáférhető. Az együttműködés, amelyet Vizi E. Szilveszter, az MTA elnöke és Kroó Norbert, az MTA főtitkára illetve Straub Elek, a MATÁV vezérigazgatója és Pásztor Tamás, a MATÁV vezérigazgató-helyettese által aláírt hivatalos megállapodás indította el 2002. június 3-án, túlmutat önmagán: példája a gazdasági szereplők és a szellemi élet intézményei közötti új típusú, valóban nemzeti léptékű eredményeket ígérő közzeledésének.



## Megemlékezés



### SZABÓ FERENC

1926–2002

Meghalt Szabó Ferenc a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja. 2002. július 13-án ért véget eredményekben gazdag, tiszteletre és szeretetre méltó élete. 1926. március 10-én született Gyomán, Békés megyében. Édesapja a híres Kner Nyomda jeles betűszedő mestere volt, aki korán felkeltette fiában a szép és jó könyvek iránti vonzalmat. E vonzalomból aztán hamar kibontakozott a tudományos gondolkodás elsajátítása, a valóság megismerése, az ismeretlen feltárása iránti vágy, amely döntő volt abban, hogy a kutatói életpályát választotta. Középiskolai tanulmányait vonaton bejáró diákként Békéscsabán, a Felső Kereskedelmi Iskolában végezte. Ez az iskola, mint oly sok diákjának, neki is megtanította, hogy eredményt elérni csak sok, gondosan és pontosan végzett munkával lehet. Érdeklődése messze túlterjedt az iskola által megkövetelt tantárgyakon. 1943 nyarának egyik nagy élménye volt számára, hogy elolvasta *Beke Manó Bevezetés*

*a differenciál- és integrálszámításba* című, csodálatosan megírt könyvét. Már fiatal éveiben nagy hatással volt rá *Németh László A minőség forradalma* című, gondolkodást formáló, remek írása.

1944 júniusában érettségizett, és a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közgazdasági Karára iratkozott be, majd 1945-ben, letéve a szükséges vizsgákat, gimnáziumi érettségivel a Villamosmérnöki Karon folytatta tanulmányait. Kiváló matematikai tudását és képességeit felismerve Egerváry professzor már elsőéves korában meghívta gyakornoknak az analízis tanszékre. A tudás megszerzése és tökéletesítése mellett szükségesnek tartotta, hogy részt vegyen azoknak a fiataloknak a munkájában is, akik a múltbelinél igazságosabb, demokratikusabb, az alkotó munkát jobban megbecsülő társadalom kialakításában reménykedtek: népi kollégistaként, majd a Bánki Donát Népi Kollégium igazgatójaként sokat tett a fiatal, szegény mérnökhallgatók továbbtanulási lehetőségeinek segítése érdekében. Később mindig nagy szeretettel beszélt fiatalságának erről a nem hosszú, de boldog időszakáról.

Villamosmérnöki diplomájának megszerzése után először betegsége akadályozta meg abban, hogy az Egyesült Izzó Kutató Laboratóriumában megkezdett tudományos munkáját befejezhesse, majd pedig az, hogy gyógyulása után a Minisztertanács Titkárságára hívták, ahol az egész hazai tudományt érintő ügyek gondozásával kellett törődnie. Így került kapcsolatba a működését akkor éppen csak megkezdő Központi Fizikai Kutató Intézettel, amelynek megerősödését sokoldalúan támogatta. Az ENSZ által 1955-

ben, Genfben megrendezett atomenergia konferencia után azon fáradozott, hogy hazánkban is megalakuljon a nukleáris energia békés célú hasznosításával felelősen foglalkozó kormányzati szerv: az Atomenergia Bizottság. Nagy segítséget nyújtott az első magyar kutatóreaktor létesítésének előkészítő munkálatokhoz, amelyek a KFKI-ban folytak. 1957-ben szívesen fogadta a KFKI vezetőinek meghívását, hogy dolgozzon *fern a hegyen*, és vegyen részt az atomtechnika hazai megalapozásában és fejlesztésében.

Szabó Ferenc rövid idő alatt egyik meghatározó személyisége lett a KFKI-nak. Az első években azon fáradozott, hogy a kutatóreaktor építési és szerelési munkálataiban nagy figyelmet fordítsanak a minőségbiztosításra. Nagy körültekintéssel irányította az üzembehelyezést is. Az, hogy a kutatóreaktor 1959-től kezdve évtizedeken át gyakorlatilag üzemzavar nélkül működött, többek közt annak a megfontoltságnak és gondoságnak köszönhető, ami Szabó Ferenc munkáját mindig jellemezte, és amit munkatársaitól is oly kedves szigorúsággal megkövetelt.

Korán felismerte a reaktorfizikai kutatók hazai megindításának fontosságát: a kutatóreaktor fel nem használt fűtőelemeiből, néhány munkatársával összefogva, szubkritikus rendszert (neutron-erősítőt) épített, amelyen aztán olyan mérési módszereket próbáltak ki, amelyekre később a zéróreaktor programban (az ún. ZR-6 programban) is szükség volt. A KFKI Atomenergia Kutatóintézetének első igazgatójaként Szabó Ferenc részese és egyik meghatározója volt annak a nagy kutatási programnak, amely a víz-vizes atomerőművek tervezésénél alkalmazott számítási módszerek nagy pontosságú mérésekre alapozott, szigorú ellenőrzését lehetővé tette. A nagy nemzetközi részvétellel megvalósított program első szakaszában elért eredményekért, két közvetlen munkatársával együtt, 1978-ban Állami díjjal tüntették ki.

Nagy érdeme Szabó Ferencnek, hogy felismerte annak a tudományos és mérnöki kutatómunkának a fontosságát, amelyre az jellemző, hogy csak akkor eredményes, ha számos diszciplína szakembereinek jól szervezett, koherens együttműködésére épül. A 70-es évek elejétől fennállásának egész ideje alatt a KFKI messzemenően alkalmas volt az ilyen típusú kutatómunkára, s Szabó Ferenc ezt a nagy lehetőséget eredményesen használta ki.

A nukleáris technikának a mérnökképzésbe való beillesztését szolgálta a kezdeményezés, hogy létesüljön a Budapesti Műszaki Egyetemen tanreaktor. Megtervezésében és felépítésében is jelentős szerepet vállalt a Szabó Ferenc által vezetett Atomenergia Kutatóintézet.

Mint a hazai energetika problémáit jól ismerő mérnök, már a hatvanas évek közepétől szorgalmazta, hogy a hazai energia-szükséglet egy részének fedezésére épüljenek atomerőművek. Amikor megszületett a döntés a Paksi Atomerőmű létrehozásáról, munkatársaival együtt azt a célt tűzte ki, hogy a KFKI tudományos bázisintézményként tanácsokkal, javaslatokkal és a szükséges vizsgálatok elvégzésével segítse elő, hogy Pakson a szovjet tervezésű reaktorblokkok biztonsági mutatói a nyugat-európai normákat is kielégítsék. Az Atomenergia Kutatóintézet ma is az egyik legfontosabb feladatának tekinti az atomerőmű biztonságos működését szolgáló kutatásokat.

1978-ban nevezték ki Szabó Ferencet a KFKI főigazgatójának. Ezt a tisztét 1989 végéig, nyugállományba vonulásáig látta el. Ebben az időszakban születtek a KFKI-ban olyan kiemelkedő műszaki eredmények, mint a paksi 3-as és 4-es blokk irányítórendszere vagy a *teljes léptékű tréningsszimulátor*. Ezek az eszközök is hozzájárultak ahhoz, hogy a Paksi Atomerőmű nemzetközi minősítése kiemelkedően jó, s erre büszke lehet az ország. Meg kell azonban jegyezni, hogy

ezeket az üzembehelyezésük idején korszerű számítógépes rendszereket csak azért lehetett létrehozni, mert a KFKI-ban kiváló szakemberek kifejlesztették a TPA-típusú számítógépeket. Ezt a munkát Szabó Ferenc nagyra értékelte, állandóan figyelemmel kísérte, és mindig abba az irányba terelte, hogy a KFKI számítógépei mintarendszerekbe épülve, az egész hazai műszaki fejlődést szolgálják. E törekvését sokféle módon támogatta az akkori Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság is.

A nyolcvanas években az űrkutatás lebilincselően érdekes és nehéz műszaki feladatai is felkeltették szakmai érdeklődését. Amikor a KFKI a szovjet űrkutatási intézettől azt az ajánlatot kapta, hogy vegyen részt a Vénusz és a Halley-üstökös megfigyelésére tervezett, nemzetközi „űrmisszióban”, a VEGA-programban, a munkatársaival folytatott alapos elemző munka után arra a következtetésre jutott, hogy az ajánlatot el kell fogadni. Meggyőző érvekkel bizonyította az illetékeseknek, hogy a feladat, amely új dimenziókat nyithat a nagy megbízhatóságú elektronikus eszközök fejlesztésében, a KFKI-ban megoldható, de jelentős szellemi és anyagi erőkoncentrációt igényel. Szabó Ferenc kiváló kapcsolatteremtő képességére, meggyőző, logikus érveire és „kálvinista” következetességére volt szükség ahhoz, hogy ezt a nem kis kockázattal járó feladatot a KFKI kiváló szakembereinek összefogásával megoldják. Bizonyára Szabó Ferenc életének is egyik legszebb pillanata volt, amikor a földi állomáson, ahová őt is meghívták, megjelent a kép a Halley-üstökösről, jelezve, hogy kifogástalanul működik a magyar kutatók által épített űrtelevíziós rendszer. Ma is büszkeséggel nézhetjük azt az egész

világon ismertté vált felvételt, amely az üstökös magját mutatja, s amelyen a következő felirat olvasható: IKI-KFKI-MPAE, VEGA-2, MARCH 9, 1986. Ez a felvétel benne van abban az ENCOUNTER '86 c. kiadványban is, amelynek első példányát *II. János Pál* pápának nyújtotta át 1986 novemberében *R. Lüst*, az Európai Űrügynökség igazgatója a Halley-misszió minden résztvevője nevében. Szabó Ferencnek és munkatársainak nagyszerű teljesítményét 1986-ban újabb Állami-díjjal ismerte el a magyar kormány.

Már a nyolcvanas években jelentős nemzetközi sikert aratott a KFKI-ban kifejlesztett, PILLE névre keresztelt űrdoziméter. Amikor *Sally Ride*, az Amerikai Egyesült Államok első űrhajósnője meglátogatta a KFKI-t, és meglátta a dozimétert, kifejezetten kérte, hogy űrrepülése során kipróbálhassa. Szabó Ferenc fontosnak tartotta, hogy a kipróbálás megtörténjen, s miután az illetékes hivatalos szerveket meggyőzte, a Challenger fedélzetén a kipróbálás meg is történt. Talán nem véletlen, hogy e doziméter továbbfejlesztett példányait fogják használni a most épülő nemzetközi űrállomáson is.

Abban az időben, amikor Szabó Ferenc a KFKI főigazgatója volt, a KFKI a magyar kutatás-fejlesztés nemzetközileg elismert, kiváló központja, igazi értékteremtő műhely volt, ahova csak a legjobbaknak sikerült bekerülni. Vannak, akik még most is örömmel emlékeznek arra, hogy valamikor a KFKI-ban dolgoztak. Közéjük tartozik e sorok írója is, aki legjobb barátját vesztette el Szabó Ferencben, és bánatát csak az enyhíti, hogy tudja, úgy élni, ahogy Szabó Feri élt, érdemes volt.

*Pál Lénárd*  
az MTA rendes tagja

## Könyvszemle

### *Olvasónapló*

Az ezeréves államiság több éven át elhúzódó évfordulója számos történeti összefoglalás elkészítésére adott alkalmat. Ilyen az Osiris-nál megjelent *Millenniumi magyar történet*. Magyarország története a honfoglalástól napjainkig, Tóth István György szerkesztésében. A tekintélyes kötet érdemben a mai történeész középnemzedék kutatóit sorakoztatja fel, határpontként az egyik oldalon a sajnos nagyon korán elhunyt Engel Pállal mint az idősebb és Zsoldos Attilával, mint a fiatal nemzedék képviselőjével. A szöveg jórészt azonos a Pannon Enciklopédia korábbi kötetekben megjelenttel, hisz a szerzők is azonosak. Itt azonban mindenesetre egy kötetben található meg az egész magyar történelmet, tizenhárom kronológiai fejezetben.

Az újabb korok iránti fokozottabb érdeklődés és a történeti teljesség közti, vitatható arányokat a kötet nagyon rokonszenvesen úgy oldja meg, hogy mintegy fele tárgyalja a 18. sz. végéig terjedő korszakot, az utóbbi két évszázadnak jut aztán a második, valamivel nagyobb rész. A fejezetek beosztása a hagyományos, korszakok szerinti, ilyen szintézis esetében nem is volna helyes ettől eltérni. Az egyetlen, nem lényegtelen változtatás, hogy az 1790-től az 1848-as forradalomig tartó időszakot egy fejezet tárgyalja *A nemzeti ébredés kora* címmel. Ezzel az újítással teljes mértékben egyetértünk, hisz érdemben valóban egybefüggő korszakról van szó.

Nemcsak a beosztás hagyományos, hanem az ilyen összefoglalásoknak az a jellegzetessége is, hogy alapjában véve a köz-történeti eseménysorozatot adják vissza,

nagyobb korszakok esetében a gazdasági és a társadalmi állapotokat, a legújabb korban akár már a hétköznapiakat is tárgyaló alfejezetekkel. Ugyancsak az ilyen fejezeteknél találhatóak a művelődésre vonatkozó alfejezetek, ezek persze többnyire inkább csak a legfontosabb adatok felsorolásai.

A kötet nagy előnye, hogy az utóbbi évtizedekben a szakmában vitatott kérdéseket is felvetik, nemegyszer pedig az eddigitől eltérő értékeléseket is adnak a szerzők. Semmitmondó tartalmi ismertetés helyett néhány ilyen mozzanatra hívjuk fel a figyelmet. Mindjárt a bevezető fejezetben Engel Pál nem zárkózik el teljesen a „kettős honfoglalás” problematikájától, mint eddig a szakma általában, felvázolja a kérdést, és arra utal, hogy kellő forrásanyag híján a kérdés nem érett meg érdemi vitára. Az államalapítás előtti század vonatkozásában a törzsi államok meglétét állapítja meg. A tatárjárás veszteségét józanul a lakosság 15-20 %-ában valószínűsíti, ez 3-400 ezer főnyi veszteséget jelent. Buda 1541-es török megszállásánál kimondja, hogy a vár megnyitása a törökök parancsára történt, nem valamiféle török csel volt. A sokakat felháborító 1664-es vasvári békét a spanyol örökösödési háborúra való felkészüléssel magyarázza. XIV. Lajos francia király 1688-as szembefordulása a Habsburgokkal sokba került Magyarországnak, viszont az 1711-es szatmári béke a lehető legjobb kompromisszum volt. A 18. században a magyar gazdaságot a kormányzat nem különböztette meg hátrányosan, a mezőgazdasági kivitelt éppenséggel támogatta.

A 19-20. század vonatkozásában mintha a kötet inkább ragaszkodna az utóbbi évti-

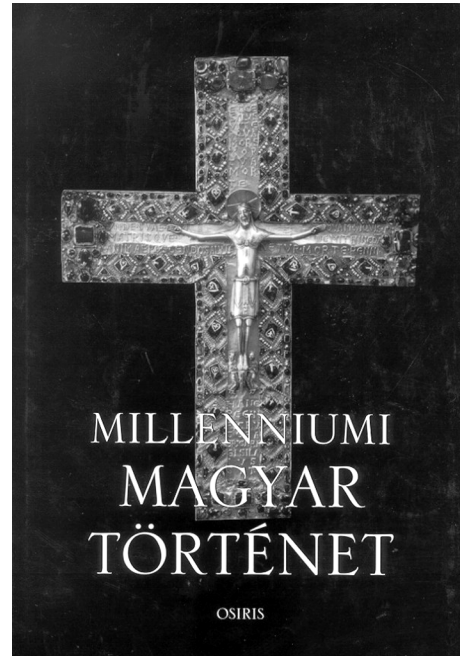
zedek megszokott megállapításaihoz, amikor 1848 kapcsán horvát mozgalmáról és délvidéki szerb lázadásról beszél. Viszont zseniális a megfogalmazás, hogy az 1849-es trónfosztást nem annyira az országgyűlés, mint egy népgyűlés mondta ki. Nagyon okos az a megállapítás, hogy az 1867-es kiegyezés értékelése eldönthetetlen. Az az állítás viszont, hogy a dualizmus-kori nemzetiségi politika kivételes volt a korabeli Európában, önmagában, összehasonlítások nélkül nem meggyőző, inkább a pártállami értékelést idézi fel. A 20. század vonatkozásában a kötet nagyjából az utóbbi években kialakult közmegegyezést összegzi. Igen figyelemreméltó az a megfogalmazása, hogy Kádár János regnálása utolsó évtizedében nem a hatalmat akarta erősíteni, hanem a társadalmat gyengíteni.

Apró hiányosságokra rá lehet mutatni, ha a recenzens nagyon kritikus igyekszik lenni (pl. Liszt és Bartók közt Erkel Ferencről nem esik szó). A Bach-korszak értékelésénél nem ártott volna említeni, hogy ez a modernizálás bizonyos elemeit is magával hozta, hivatalnokai legalább felerészben magyarok voltak. Nincs szó arról, hogy 1944-ben Debrecen a megújulás székhelyéül Molotov ajánlotta. Az ilyen jellegű megjegyzések vagy olykor pontatlan névírások csak a munka epidermiszét érintik.

A terjedelmes Függelékben Zsoldos Attila a koronázási jelvények és a szentkorona-tan problémáiról ad világos áttekintést. Jó a Kocsis Gabriella által összeállított kronológia (talán két dátummal bővítenénk) és bibliográfia. Ez utóbbi fő jellemzője, hogy szinte kizárólag magyar nyelvű szakirodalmat közöl – zömmel az egyes fejezetek szerint – és az utóbbi néhány évtizedben megjelent munkákat.

A recenzensnek már csak egy megjegyzése marad. A magyarországi nemzetiségek kérdése néhány mondat erejéig sokszor előfordul az 1918 előtti fejezetekben. Egészé-

ben mégis az az olvasó benyomása, hogy Magyarország a kezdetektől a magyarok országa volt. Minthogy hamarosan már száz éve lesz Trianonnak, hogy ez a látásmód, amely egyébként megfelel a mai köztudatnak, talán indokolt.



*(Millenniumi magyar történet. Magyarország története a honfoglalástól napjainkig. Szerk. Tóth István György. Osiris, Budapest, 2001, 720 o.)*

Ugyancsak a millennium jegyében tartott a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem ünnepi tudományos ülészakot 2000. november 23–24-én. Ebből az alkalomból az egyetem mindhárom karának oktatói előadásokkal léptek fel. Ebből az anyagból szerkesztette meg két történészprofesszor, Gergely Jenő és Izsák Lajos a kötetet. Ők írták a rövid előszót, amely a magyar történelem peripetáit vázolja fel. Klinghammer István rektor megnyitó beszédében nem tagadja meg geográfus voltát, és Magyarország euró-

pai elhelyezkedésének elnevezését elemzi (Közép-Európa, újabban Kelet-Közép-Európa).

A számos előadás zömét szekciókban hallgathatták az érdeklődők. A plenáris nyitóülésen Szabad György a polgári átalakulás reformkori és 1848-as megalapozásában a döntő mozzanatnak a jobbágyfelszabadítást tekinti. A polgári átalakuláson nem lehet számon kérni valamiféle földosztást. Az alkotmányjogász Kukorelli István a hagyomány és a modernizáció kapcsolatát vizsgálja a magyar alkotmányfejlődésben, a sorozatos rendszerváltozások eredményeként, és a további teendőket is felvázolja. Kósa László az időmérés példáján mutatja be a magyarországi civilizációs változásokat a 18. sz. végétől a 20. sz. elejéig, a kezdő időpont táján válik általánossá a ciklikus év helyében a lineáris időszámítás. A zónaidőt az Osztrák-Magyar Monarchia Németországgal és Olaszországgal egy időben fogadta el, jóval korábban, mint pl. Franciaország. A fizikus *Nagy Károly* utal a bevett felfogásra, hogy a 20. sz. a fizika százada, ezt a kvantumelmélet, a relativitás-elmélet és az atomelmélet kidolgozásával támasztja alá. Kovács Sándor Iván nyilván utólag kibővített előadásban részletesen tárgyalja a magyar szépirodalom állásfoglalását a Dunáról és a Tiszáról, mint a magyar történelem fontos tényezőiről.

A történelmi szekcióban Székely György a magyar államalapítás nyugati és keleti összetevőit vizsgálta, a közép-európai mozzanatot hangsúlyozva. Kubinyi András Budát mutatta be mint a késő középkori magyar fővárost, az itt zajló ünnepekkel. R. Várkonyi Ágnes az oszmán korszakban vizsgálja a magyar államiság tudatát, ez Erdélyben is élt, nemcsak a királyi Magyarországon. Hangsúlyozza, hogy Erdély nem „Szolimán szultán találmánya”. Pölöskei Ferenc kimutatja, hogy a millenniumi ünnepek idején a századfordulón létező magyarországi intézmények 1918/19 után is erősen hatottak.

Salamon Konrád 1917 tavaszától vizsgálja a forradalmak korát, előzményeikkel együtt, elítéli a féktelen kommunista előretörést, és úgy látja, 1919 őszétől szerény növekedés indult meg az államban. Izsák Lajos az 1944/45-ös és az 1947/49-es fordulatot elemzi, utal arra, hogy az 1949-es teljes fordulatot, az egy-pártrendszert még 1948-ban sem tervezték.

A jog és társadalom szekcióban Mezey Barna a magyar jogfejlődésnél az ősi elemek bizonytalanságát hangoztatja, azután a szokásjog hosszú uralmát. A kodifikáció, mint Európában általában, a 15. sz. végén indult meg. A polgári jog a fejlődés folytonosságát emeli ki. A modernizáció több évtizedes folyamat volt, amely már a neoabszolutizmus idején elkezdődött. A dualizmus kora hozta meg a szisztematikus jogalkotást. A jog a 20. században aljas célokat is szolgálhatott. Fűrész Klára az 1949-es alkotmány 1989-es módosítását, az ekkor létrehozott intézményeket ismerteti, hangsúlyozva, hogy egy gyökeresen új alkotmány még nem készült el. Kisfaludi András a társaságok, elsősorban a részvénytársaságok állami szabályozásának európai folyamatát is bemutatja. A magyar jogalkotás itt késésben volt; mire létrejött, az állami beavatkozás már európaszerűen eltűnt. Rácz Lajos a feudalizmus idején vizsgálja az állam és az egyház kapcsolatait. A korai szakaszban a területi kibontakozás párhuzamosan ment, a vármegye és a főesperesség területileg azonos volt. A későbbiekben túlságosan megerősödött az összefonódás a katolikus egyházzal. Szilágyi Péter a magyar jogfilozófiát a természetjogtan és a jogpozitivizmus között, mintegy középpont helyezi el, ez ma is a korszerű felfogás. Az előzményeket Werbőczytól kell számítani. Schlett István azt a kérdést, hogy milyen kép alakult ki a 20. századi magyar történelemről a politikai gondolkodásban, úgy látja, hogy a dicsőséges vagy szegyenletes minősítés váltakozik, az úttévesztés Szekfűnél, Németh Lászlónál és Bibónál egyaránt előkerült. A magyar politi-

kai gondolkodás historizáló módszerét sokan elítélik, holott erről nem lehet lemondani.

A természettudományi szekcióban Beniczúr András a kommunikáció fejlődését és korunk információs forradalmát matematikai képletekbe foglalja. Császár Ákos a 20. századi magyar matematikusok munkásságát elemzi a matematika szakágai szerint. Fodor Zoltán a világ eredetével kapcsolatban (ősrobbanás) veti fel a kérdést, hogy az anyag és az antianyag aránya hogyan alakult, az anyag fölénye vagy hamarosan az ősrobbanás után jött létre, vagy a világegyetem későbbi tágulásának következménye. Gergely János az immunológia egyetemes fejlődését mutatja be a feketehimlő elleni oltás feltalálásától. Az 50-es években indult meg a fejlődés második korszaka, a jövőben az autoimmun betegségek gyógyítása várható. Klinghammer István a magyar térképészet fejlődését az egyetemes fejlődésbe illeszti. Medzihradský Kálmán *A századforduló szerves kémiája* címmel elsősorban a gyógyszerkutatók történetét ismerteti. Meskó Attila a magyar geofizika eredményeit sorolja fel Eötvös torziós ingájától kezdve. (A két világháború közt már 1814 térkép készült.)

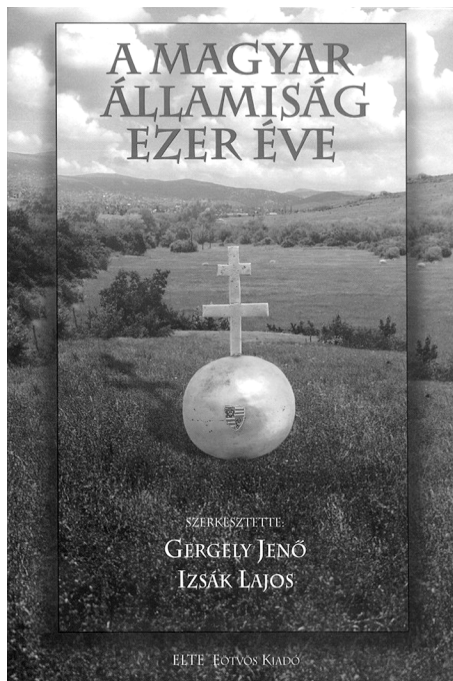
A kultúra és művelődés szekcióban Bácskai Vera kimutatja, hogy a polgárosodás a 18-19. században sokáig csak partikuláris, városi identitásra vezetett, a régi rendi polgárság létszáma a 19. sz. derekáig csökkent. Gergely Jenő egyértelművé teszi, hogy a 19-20. században Magyarországon a felekezethez való tartozás sok esetben etnikai hovatartozást is jelentett. A felekezetek urbanizáltságának foka eltérő volt, első helyen az izraeliták álltak. A „nemzeti” egyházak szerepe a nemzeti fejlődésben egyértelmű. Paládi-Kovács Attila az anyagi kultúrát a tárgyinal szélesebb kategóriának látja. A tárgyitörténet eredményeit a rokon finn-ugor népeknél és a környező népeknél is számba veszi. A vizsgálatban a formai kritériumokat eltűzöttaknak tartja. Szógi László a magyar egyetemjái

rás fő kérdéseit veszi elő: e nélkül nem lett volna magyar művelődés. A korai újkorban a legtöbben a bécsi egyetemre jártak, annyian, mint az összes protestáns egyetemre együttvéve. A külföldön tanulók 71 %-a tudományegyetemeket látogatott, 39,5 % teológiát hallgatott, 7,58 % agrár-, 7,23 % jogi érdeklődésű volt. Tallián Tibor az opera magyar irodalmi visszhangját tárgyalva arra utal, hogy bár Petőfi még ellenezte, Ambrus Zoltánnál vagy Krúdy-nál már pozitív az értékelés. Számos, a témával kapcsolatos szépirodalmi utalást mutat be.

Az utolsó, irodalmi és nyelvészeti szekcióban Bíró Ferenc Szt. István alakját keresi a 18. századi magyar irodalomban. Úgy látja, a szekularizálódás miatt ez nem jó téma volt, az udvarnak és a konzervatív rendeknek volt fontos. Minthogy az általános érdeklődés ekkor az államtól a nemzet (vagyis a nyelv) felé fordult, az államalapítás helyett a honfoglalás került az előtérbe. Ez is mutatja a kor bizonytalankodását az állam és a nemzet fogalmával kapcsolatban. Rónay László a 20. századi katolikus irodalomelmélet kezdeteit Prohászka Ottokárnál találja meg. A Sik Sándor által is képviselt, szorosabban egyházi kötöttségű irodalom helyett ma Babits Mihály műve az irányadó. Tarján Tamás Spiró György drámaírói munkásságában egykori tanárai és iskolái ihletését keresi. Szathmári István a magyar nyelv nemzetfenntartó szerepét igazolja: az északkeleti nyelvjárás alapján hamar kialakult az irodalmi nyelvi norma, a magyar nyelvű szépirodalom pedig páratlan értékű termést hozott. A nyelvfejlődés módja manapság is az idegen szókészlet átvétele, a szóképzés (sokszor rövidülés formájában), de a szleng szerepe is növekvőben van. Fábián Pál a magyar helyesírás kezdeteit Kniezsa nyomán a kancelláriai gyakorlatban, tehát állami behatásban látja. Nagy szerepe volt megalapítása után az Akadémiának. A 20. században a nyelv gyors fejlődése miatt 20-30 évenként kell megújítani a he-

lyesírást. Domokos Péter az ezer év előtti korszakra is kitér, felveti, hogy a kereszténységre való áttérés hosszas folyamat volt, a pogány korszak maradványai mindmáig megtalálhatók, ahogy azt Erdélyi Zsuzsa gyűjtései mutatják. A finnek a lutheri reformáció révén váltak keresztényekké, az Ural környéki kis népeket a 18. századtól érintette meg az ortodoxia. E kis népek jövője bizonytalan (van, amelyik csak tíz főből áll).

Az ülésszak előadásai változó jellegűek, hol átfogóak, hol részletekre világítanak rá. Az egyetem oktatóinak széles spektrumát felhasználva számos alapvető kérdést mutatnak be az ország történetéből és mai helyzetéből. A kötetnek van angol és német nyelvű tartalomjegyzéke, meggondolandó volna mégis az egész kötet angol, esetleg német nyelven való megjelentetése.



*(A magyar államiság ezer éve. Kultúra és tudomány a magyar államiság ezer évében. Szerk. Gergely Jenő, Izsák Lajos. ELTE Eötvös Kiadó, Bp., 2001, 544 o.)*

Ebben a rovatban ritkán ismertetünk idegen nyelven megjelent magyar munkákat, de a most következővel kivételt kell tenni. Az állam millenniuma alkalmából jelent meg az érettebb fiatal nemzedékhez tartozó Zsoldos Attila szerkesztésében egy kötet Szent Istvánról és az általa létrehozott új európai királyságról. Csukovits Enikő bevezetője a köztörténeti előzményeket vázolja fel, és utal arra, hogy Magyarország az egyetlen az ekkor alakuló államok sorában, amely meg tudta tartani önállóságát a német-római birodalommal szemben. Kristó Gyula a pontos és hiteles élettörténetet veszi számba, és hangsúlyozza, hogy nyugati mintájú országot hozott létre, bár különálló törzsi területek ekkor még léteztek. Makk Ferenc külpolitikájának az állandó német és bizánci fenyegetés közepette kialakult fő vonalait elemzi. A fiatal nemzedéket képviselő Thoroczkay Gábor elmélyült forráskritikával állapítja meg a püspökségek alapításának sorrendjét: az első Veszprém, azután Győr, még a koronázás előtt az esztergomi érsekség, az erdélyi azért nem városról kapta nevét, mert székhelye, Gyula csak a 11. sz. második felében jött létre. Kalocsa 1001 után nem sokkal, Pécs 1009-ben jött létre és kb. ugyanekkor Eger és Csanád. Vácot talán Ottó király alapította, Bihar I. András. Ahol lehet, az első püspököket is felsorolja a szerző. Solymosi László a szabadokat és a szolgákat mutatja be a társadalom két alaprétegeként, a szolga magyar neve szláv származású. A szolga felszabadítható, a szabad elvesztheti ezt a státusát, ez a gyakoribb eset. Zsoldos Attila szélesebben vizsgálja a korabeli társadalmat. A törzsi korszakból származó klánok ekkor felbomlanak. A szolga is embernek számít, az ókortól eltérően. A szabadok vérdíja azonos, tehát elvben helyzetük is az, mégis vannak már különböző rétegek, az ispánok, a külföldről származó jövevények, a régi arisztokrácia, középosztálybelinek számíthatók a milesek, tehát a katonáskodó elem, alul vannak a vul-

garis kategóriába sorolhatók. A 11. sz. végére a felső réteg általános elnevezésévé a nobiles válik, a szolgákon belül is megindul valamelyes rétegződés. Veszprémy László a szentkorona mellett a királyi kincstárba tartozó egyéb tárgyakat is elemzi, ezek a lándzsa, a jogar, a palást, a Prágában lévő viking kard és a Bécsben őrzött magyar szablya. A korona mai alakjában mintegy 1600 óta ismert biztosan. Az alsó, bizánci korona I. Géza idejéből származik, a felső, ún. latin korona eredete bizonytalan. A kettőt talán III. Béla idején egyesítették. III. László pecsétjén szerepel először zárt korona (a koronázási paláston még nyitott). A 13. sz. közepén kezdték a koronát szentnek nevezni, utána alakul ki fokozatosan a 20. századig élő szentkoronatan. Gerics József a korai politikai gondolkodás jeleként mutatja be az egyházszervezést mint a német-római birodalomtól való függetlenség jelét, az ország Szűz Máriának történő felajánlásában pedig a pápától való függetlenedés jelét látja. Ladányi Erzsébet Esztergomot és Székesfehérvárt veti össze, egyiknek sincs kiváltságlevele, mert királyi székhelyek lévén jogi személyiségük volt. Esztergom idővel egyházi székhellyé alakul át. Az utolsó, leghosszabb tanulmányban Tringli István Szent István szabadságait, a

szent királyok szabadságait és a szent királyok örökségét mutatja be a hagyományban a középkor végéig. Az egyház, a nemesek, a várjobbágyok, az udvarnokok bizonyos csoportjai egyaránt igyekeztek minden szabadságot István rendelkezésére visszavezetni. Az egyházi jogállás világos, a nemesi kiváltságokat sehol sem pontosították a középkor során. Idővel a szent királyok fogalma általánosabbá vált, de valójában a régi királyokat is értették alatta (a latinban a *divus* jelzőt használták, hogy a kanonizált szentektől megkülönböztessék őket).

A kötet korábban magyarul megjelent tanulmányok átdolgozása a külföldi olvasó számára. Ezért kell nagy örömmel üdvözölni ezt a kiadványt, hiszen sok év óta nincs idegen nyelvű magyar történész szakfolyóirat, és az idegen nyelvű kiadványok is nagyon ritkák.

*(Saint Stephen and His Country. A New-born Kingdom in Central Europe: Hungary. Essays on Saint Stephen and His Age. Ed. by Attila Zsoldos. Lucidus, Budapest 2001, 183 o.)*

*Niederhauser Emil*

*az MTA rendes tagja, egy. tan. (ELTE)*

## *Környezet- és természet- védelmi lexikon I-II.*

*Főszerkesztő: Láng István*

Kivételesen értékes és hasznos kiadvánnyal gyarapodott a hazai környezet- és természetvédelem. A Láng István által összefogott szerkesztő és szervezőgárda (csaknem 300 közreműködő!) gyors, mégis többnyire igen alapos munkája nyomán 2002 tavaszán megjelent a kétkötetes *Környezet- és természetvédelmi lexikon*.

1993-ban került a könyvpiacra a némi-képp szűkebb témakörű korábbi *Környezet-*

*védelmi lexikon*. Az új kiadás az Európai Unió releváns szókincsének beépítése mellett a környezetgazdálkodás és különösen a biodiverzitás védelme témakörökkel bővült. Valóban, hacsak felületesen is belenézünk a két vastag kötet bármelyikébe, vagy akár csak a fedőlapokra, szembeűnő, milyen gazdagon, szép fotókkal illusztrálták a védett állat- és növényfajokkal, természeti tájakkal, védett természeti objektumokkal kapcsolatos címszavakat. Mindez egyszerre dicséri a szerkesztők, a szócikkek szerzői, a fotósok és a nyomdatechnika szakértőinek munkáját. Jogos tehát az új kiadás címének bővítése: *Környezet- és természetvédelmi lexikon*.

A lexikon első kiadása 8000 címszót tartalmazott. A bővített változatot először 50 %-os gyarapítással, 12 ezer címszóval írták meg, majd kényszerítő körülmények miatt 9600-ra kellett redukálni. Az online változatban azonban a teljes anyag elérhető lesz.

A lexikon első, majd a mostani második kiadásának érdekes és tanulságos történetéről Láng István a *Természet Világa* 2002/5 számában számolt be. Itt olvasható a szerkesztőbizottság célja is az új kiadás megszervezésében: *Az volt a célunk, hogy olyan Környezet- és természetvédelmi lexikont készítsünk, amelyet sikerrel hasznosíthatnak mindennapi életükben a tanárok, a tanítók az oktatás valamennyi szintjén, a közművelődési szakemberek, a közigazgatási és önkormányzati szakemberek és a falugazdászok, a média képviselői, a középiskolás diákok és egyetemi hallgatók, a vállalkozások közép- és felsőszintű vezetői, az érdeklődő társadalmi csoportok a szakemberek széles köre, elsősorban a rokon területek vonatkozásában, továbbá mindenki, akinek fontos a környezet és természet védelme.* Jó lenne remélni, hogy ez minden gondolkodó embert jelent!

E cél megvalósításának megítélése természetesen hosszabb időt igényel. A lexikon gazdag szócikkanyaga, s a közreműködők elismert kompetenciája azonban előre valószínűsíti a sikert. A majdnem tízezer címszó széles spektrumban öleli fel a természet- és műszaki tudományok kapcsolódó fogalmait. Foglalkozik a témakör jogi, szervezeti, gazdasági, technológiai vonatkozásaival is. Külön értéke, hogy – a második kötet végén, mintegy függeléként – részletes információt kapunk a hazai és nemzetközi környezet- és természetvédelmi szervezetekről, kiadványokról s ezek elérhetőségéről. Megtudhatjuk, hogy hazánkban hol, milyen szinten folyik környezetvédelmi képzés. A hazai védett és fokozottan védett állat- és növényfajok listája is adva van, sőt, még az Európai

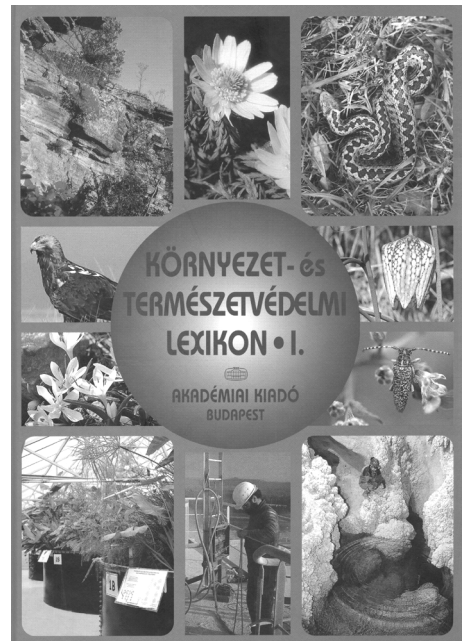
Unió ilyen fajait is megtaláljuk külön táblázatban. Kár, hogy a fajok a magyar nevük szerint vannak ábécé-sorrendben felsorolva, ami azért is nehézkes, mert a magyarban ez a nemzetségen belüli specifikumra szokott utalni. Például az erdei ciklámen nyolc másik erdei virág mellett keresendő. Olyan ez, mintha a személynévjegyzékben a keresztnévnek és nem a vezetéknevnek volna csoportosítási elsőbbsége. Tovább nehezíti a dolgot, hogy a nálunk nem élő fajoknak olykor nincs is magyar nevük, így ezek az ábécé végén szerepelnek. Latin tudományos néven valamit visszakeresni így eléggé reménytelen feladat.

Mindezzel együtt bátran mondható, hogy a *Környezet- és természetvédelmi lexikon* hasznos és fontos forrás lesz problémáink kezeléséhez, s a fenntartható, emberhez méltó környezetünk kereséséhez.

(*Környezet- és természetvédelmi lexikon, Akadémiai, Bp. 2002. I. 564 o. – II. 588 o.*)

Vida Gábor

az MTA rendes tagja



## *Kommunikáció és demokrácia*

*Mobil információs társadalom –  
A 21. századi kommunikáció új  
útjai*

Szerkesztette: *Nyíri Kristóf*

2001. szeptember 11-e óta ismét nyilvánvalóvá vált, hogy a gyors kommunikáció a demokráciaellenes erőknek is eszközévé válhat. Nemcsak a „kizsákmányolók” válnak láthatatlanná, mint Nyíri Kristóf hangsúlyozza, hanem a nyugati civilizáció és a demokrácia ellenségei is. A legjobb kommunikációs eszközök birtoklása a történelem folyamán stratégiai előnyt jelentett, a háborúk mindig a kommunikáció küzdelmei is voltak. A kommunikációs eszközök hatékonysága a nyilak, ágyúk és bombák erejével, számával és jelentőségével vette föl a versenyt, ha nem is pótolhatta ezeket. Úgy tűnt, hogy a második világháború után az európai és az észak-amerikai emberiség számára egy új, „melegháborúktól” mentes korszak kezdődött. Az 1945 utáni új idő talán úgy vonul be a történelembe, mint amikor az emberiség fölhagyott a technika fejlesztésének elsőrendű hadi orientációjával. Az új korszak a nagy üzlet és a nagy technológiák ideje, amikor is a tudomány eredményei a humanitás klasszikus és modernizált eszméivel összefogásban egy jobb, emberibb világ létrehozását szolgálják. Az Amerikában „föltalált” *big business* „kedves szörnyként” – hogy Santayana szavait használjuk – egyre nagyobb területeket, egyre több országot „kebelezett be”, és az eredménye mindeztideig az egyes emberek életszínvonalának emelkedése, a demokrácia terjedése. Kérdés, hogy ez mindig így lesz-e, de kétségtelen, hogy az emberiségnek most először van lehetősége arra, hogy hosszú távon békét, jólétet és demokráciát teremtsen e bolygón.

Ezt az optimizmust sugározzák a Nyíri Kristóf által kiadott könyvek, amelyek igazolni látszanak azt a Dewey által föllállított tézist, hogy a demokráciának, ha ténylegesen demokrácia, minden javára válik – következésképpen a mobil kommunikáció is, sőt, ez különösen. A könyvek mintegy kimondatlanul sugallják az alaptételeket, hogy a mobil kommunikáció újfajta, jobb, ha nem túlzás a szó, boldogabb társadalmi jövőt formál, továbbá, hogy a kommunikáció és a kommunikációs technikák fejlődése önmagában nem jó, hanem fölhasználható jó célokra – mint ahogy rosszakra is. A jó cél a családok, a barátok szorosabb összekapcsolása, a civil társadalom erősítése, a társadalmi-politikai esélyegyenlőség növelése, a demokratikus jogrend védelme és a legkülönfélébb módokon létező elnyomó struktúrák feltárása és megszüntetése lehet, továbbá, újabban, a demokráciák védelme a nemzetközivé előlépett terrorizmussal szemben.

Reménykeltőnek tűnhet, hogy a kommunikáció jelenlegi teljes decentralizálódása és individualizálódása, a közösségek növekvő rugalmassága és mozgékonyasága lehetetlenné teheti, hogy a társadalom feletti uralmat olyan átfogó, egész társadalmakat behálózó, fenyegető terrorisztikus hatalmak vegyék át, mint a most fellépő nemzetközi terroristák vagy a múlt század első felében a bolsevikok. Ehhez azonban lehetséges, hogy Castell javaslatának megfelelően újra fel kell találnunk a demokráciát, a „helyek ellenhatalmát”.

A mobilitásból eredő decentralizálás vezethet a nyugati világban jó kétszáz éve tartó politikai demokratizációs folyamat felgyorsításához, aminek vannak biztató jelei, de természetesen vezethet bizonyos lokális hatalmi-elnyomó struktúrák létrehozásához is. A kommunikáció felgyorsított individualizációja segíthet abban is, hogy gyorsabban intézzük ügyeinket, ám növelheti a „közegszennyezettséget”, a mindennapok zajszint-

jét, ami olyan publikus tereken, mint a vonat vagy autóbusz nem kívánt hatásokkal jár.

A *Mobil információs társadalom* (a továbbiakban *Mobil*) és *A 21. századi kommunikáció új útjai* (a továbbiakban *A 21. sz.*) egymásra következő kötetek, interdiszciplináris cikkgyűjtemények, amelyek a *Westel Magyarországtámogatásával* létrejött és Nyíri Kristóf akadémikus által az MTA Filozófiai Kutatóintézetében vezetett kutatási program eddigi, konferenciákon is bemutatott eredményeit foglalja össze. Aligha lehet túlértékelni ezt a nemzetközi összehasonlításban úttörő vállalkozást, amelyben a „Nagy Tudomány” és a „Nagy Üzlet” egymással szövetségre lépve próbálják föltárni, magyarázni és értékelni azokat a változásokat, amelyeket az új kommunikációs formák (mobiltelefon, internet stb.) az egyén, a társadalom, a politika számára jelenthetnek.

Mindkét tanulmánykötet Nyíri Kristóf bevezetőjével indul, azt a jövőbe vetett hitet közvetítve, hogy a „mobil multimediális interaktív kommunikáció” kulturális és tudományos gazdagodáshoz vezet, s az egyént is szorosabban hozzákapcsolja környezetéhez, nem alávettettként, hanem mint olyant, aki folyamatos, egyenrangú interakcióban van azzal. Az új kommunikációs technológiáknak ugyan nincs meg az a hatékonyságuk, mint a személyes találkozásoknak (*Mobil*8.), ám a korábbiaknál több személyes kommunikációt hozhatnak létre. A kötetekben mindvégig problematikus marad a Nyíri Kristóf által fölvetett információ – tudás – bölcsesség viszonya tekintettel arra, hogy a „bölcsesség” kiszorult a filozófiái (*bölcséleti*) gondolkodás fő irányjaiból. Ferencz Sándor arra figyelmeztet, hogy az információözön veszélyeztetheti „tudásintegráló” képességünket, Sándor Klára szerint pedig az új telefon megkönnyítve az üzenetváltást, „könnyített” írásmódot terjeszt el. Rituper Tamás a mobiltelefonok közti írásos üzenet-

váltás (*chat a wapon*) szociológiai-antropológiai elemzésével arra a következtetésre jut, hogy e közlésfajta olyan új kapcsolatokat hoz létre, amelyek enélkül soha nem alakultak volna ki. Nyíri András a mobiltelefon képernyőjén egy új népművészet-fajta kialakulását véli felfedezni.

Pléh Csaba fölhívja a figyelmet az „olcsóvá vált lexikai tudással szemben” felértékelődő „készség” fogalmára, amelyet csak „interperszonálisan” lehet tanítani. Kiemeli: továbbra is szükség van a „tétéles tudásra”, mivel ezek nélkül képtelenek vagyunk strukturált készségek (pl. az orvosi operációs készség vagy diagnosztikai készség) kialakítására (*Mobil* 68-73.) Tétéleit Krajcsi Attilával és Kovács Kristóffal végzett empirikus kutatásokkal támasztja alá. Gedeon Péter szerint a mobiltelefon elterjedése révén fennáll a veszélye annak, hogy az egyszerű „telefonlót”, a „fogasztót” az egyre rugalmasabb struktúrájú kereskedelem „elektronikus porázon” rángatja (*Mobil* 16-17.). Benczik Vilmos a másodlagos szóbeliség elérézését diagnosztizálja, amely az írás által uralt kultúra elidegenítő hatása után visszahozhatja a közvetlen kommunikáció „meghitt közelségét”.

Nyíri Kristóf *Képjelentés és mobil kommunikáció* című tanulmányában azt a tézisét képviseli, hogy: „*az emberi gondolkodás eredendően nem szónyelvi formában, hanem lelki képek közegében zajlik*”. A képek ennél fogva alapvetőek, a szavak, a szöveg viszont csak másodlagos, innen válik értelmezhetővé a tanulmány mottójaként idézett Neurath kijelentés, amely szerint: „*a szavak elválasztanak, a képek összekötnek*”. Persze, idézhetnénk egy másik bécsit, Stefan Zweiget, aki viszont azt mondta, hogy a világ szolgáltatja ugyan a képeket, de az író adja hozzá a szöveget, és akkor annál az örökös vitánál tartanánk, hogy létezik-e egyik a másik nélkül, összeköt-e a kép szöveg nélkül. Nyíri plauzibilisen és a vonatkozó nemzetközi irodalmat szuverénül mozgatva érvel a

gondolkodás képi alapstruktúrája mellett, amivel ugyancsak föladja a leckét azoknak a mesterséges intelligencia-kutatóknak, akik az emberi gondolkodást alapszinten digitális vagy neurofiziológiai struktúrákra kívánják visszavezetni. Ugyanakkor tanulmánya végén elfogadni látszik azt a Gombrich által is képviselt kantianus tételt, amely szerint „képek és szavak újra meg újra egymás segítségére szorulhatnak”. E következtetése azért is hathat megnyugtatóan, mert ha megmaradt volna a képi fundamentalizmus mellett, akkor olyan kérdésekre kellene válaszokat kidolgoznia, hogy pl. el tudja-e gondolni, hogy az *itt* leírt szövegét vagy akár az általa kiadott két kötetet meg lehetne jeleníteni mindvégig képi és csak képi szinten.

Az új kommunikációs eszközök pszichológiai hatásáról írva Buda Béla pszichiáter a patológikus függőségi, narkotizáló hatásokat vizsgálja, rámutatva a terapeutikus lehetőségekre. Csépe Valéria szerint „*a mobil köldöksínór ... beépülőben van virtuális testképünkbe.*” (*Mobil*82.) Sükösd Miklós és L. László János empirikus vizsgálatainak eddigi eredménye, hogy a mobiltelefonok gyorsíthatják az ügyintézés és a közgyűlési képviselők gyors kommunikációja révén erősíthetik a demokratikus működéseket, másrészt hozzásegíthetnek a végrehajtó hatalom erősítéséhez és „bebetonozásához”, tehát a hatalomban privilegizáltak elszigetelődéséhez és elhatalmasodásához. Mester Béla szerint az új médiumok számára ki kell dolgozni a szűrés, a szerkesztés és a továbbítás etikáját és politikáját, míg Karácsony András a szabadsághoz és a szabadságjogokhoz való újfajta viszony lehetőségére hívja föl a figyelmet. Heller Mária szerint az új technikákkal az emberek könnyebben hozzáférnek a nekik szükséges társadalmi információkhoz és diskussziókhöz. Kondor Katalin arra a következtetésre jut, hogy a tudományos kutatás is felgyorsul, végső eredmé-

nyek helyett ezentúl hozzá kell szoknunk a közbülső eredményekhez.

Laki János és Palló Gábor megállapítják, hogy az új kommunikációs eszközök lehetővé teszik a tudomány helyhez kötöttségének lazítását, hogy ne csak az elit társaságok – mint a „Bostoni körút” – birtokolják az avantgard tudás tőkét. Az internetnek olyan lehetséges hatását jósolják, amely „*szétzilálhatja a tudomány egész eddigi rendszerét*”. Lehetséges persze, hogy földrajzi értelemben „*eltűnnek a centrum és periféria közötti különbségek*”, de a tényleg értékes tudás, az, ami most keletkezik, ennél fogva kimagasló piaci értékkel bír, továbbra is néhány tudósfejedelem kezében marad. Ahol az anyagi források, a tudomány és a befolyás forog kockán, ott az információk szűrését is meg fogják oldani. Fekete László „*személyközpontú, nyitott és sokszínű beszédkultúra létrejöttében*” reménykedik, Kiss Ulrich egy kommunikációs teológia lehetőségét elemzi írásában.

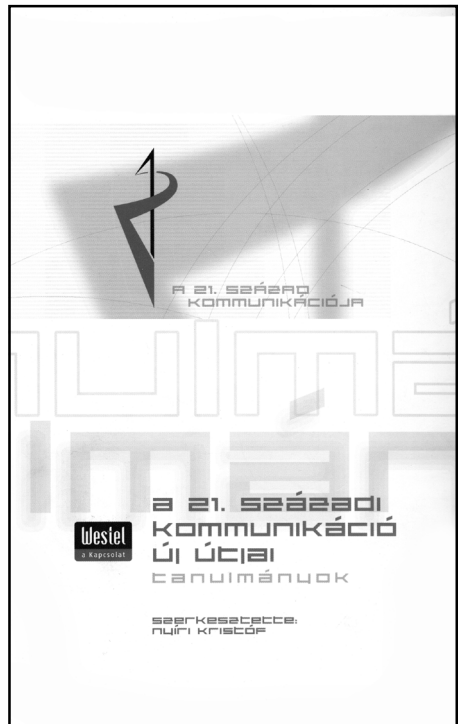
A Nyíri Kristóf által szerkesztett kötetek úttörő jellegűek. A hatalmas irodalmi tájékozottságot felvonultató, a hatásmező majd minden területét átfogó tanulmányok bátran ajánlhatók mind a kutató tudósoknak, mind tudománypolitikusoknak és tudománysszervezőknek. Egy dolgot azonban nem a találnak meg a kötetekben – legalábbis kidolgozott állapotban –, nevezetesen a hatalom és a befolyás évezredes kérdését. A történelemből láthatjuk, hogy bár minden új kommunikációs és technológiai eszköz kognitív, tudományos, gazdasági stb. átrendeződéseket hoz, a hatalom birtokosai átmentett vagy új eszközökkel, de mindig megtalálták annak a módját, hogy a valóban értékes hatalmat vagy az információkat visszatartsák, és hierarchikusan, hatalmuk erősítésére mozgassák és alkalmazzák. Az információk szűrésének és szűrt továbbadásának rendszere és a hozzá kapcsolódó hatalmi rendszerek együtt fejlődtek az információ előállításával és

átvitelével, ahogy az autók biztonsági rendszerei, ha lépéshátrányban is, együtt fejlődnek a tolvajlási módszerekkel. Valódi veszélyt az hozhat a demokráciákra, ha az információk felgyorsult közlekedésével, szűrésével olyan gazdagságok és hatalmak jönnek létre, amelyek a társadalom által ellenőrizhetetlenül növekedve azzal fenyegethetnek, hogy átvesszik a társadalom fölötti ellenőrzést. A mai demokratikus nyugati világban erre kellő fékek és egyensúlyok vannak beépítve, de:

1. e szabályozott, jogalkotó és jogérvényesítő procedúrákba beépített ellenerők még nem számolhatnak a jövőben kialakuló, ezért részben vagy teljesen ismeretlen, tehát ellenőrizhetetlenül felgyorsuló információforgalommal, ez következésképpen moderálhatatlan hatalmak kialakulásához vezethet;

2. a világban működő terrorisztikus erők éppen az évezred első évében mutatták be, hogy a nyugati demokratikus világ kommunikációs eszközeivel a modern időkben is megjelentethetik a legsötétebb prehisztórikus múlt féktelen kegyetlenségét, fanatizmusát és brutalitását.

Éppen az ilyen munkák segíthetnek bennünket abban, hogy elgondolkodjunk, tehát felkészüljünk az előttünk álló változásokra. Nyíri Kristóf kutatási projektje a 2002. május



24-25-én rendezett nemzetközi konferenciával nemzetközi mércével is megmértetett. (MTA Filozófiai Kutatóintézete – Westel Magyarország, Budapest, 2001. I. 145 o. - II. 294 o.)

**Boros János**

az MTA doktora, egy. tanár (Pécsi Tudományegyetem)

## *Táj és történelem Tanulmányok a történeti ökológia világából*

*Szerkesztette: R. Várkonyi Ágnes.  
A szerkesztő munkatársai: Tiba  
Istvánné, Kincses Katalin Mária*

Friss, alig másfél évtizedes múltra visszatekintő tudományág a történeti ökológia (Environmental History), „amely a természet és a társadalom évezredes

együttélésének, kölcsönhatásának hosszú távú folyamait vizsgáló, a természettudományok és a társadalomtudományok eredményeit történetileg szintetizálva értelmező tudomány”.<sup>1</sup> 1986-ban a berni Nemzetközi Gazdaságtörténeti Kongresszuson fogadták el önálló diszciplínának, s Magyarországon az ELTE-n 1987-ben kezdték meg az oktatását. Hamar polgárjogot nyert, az 1998-ban megjelent tankönyv, más újonnan

<sup>1</sup> R. Várkonyi Ágnes: Történeti ökológia. In: A történelem segédtudományai. Szerk. Bertényi Iván. Pannonica-Osiris, Bp, 1998. 51. (Böv. jav. kiadás:2001.)

alakuló segédtudományok között, már önálló fejezetet szentelt neki.

Természetesen ez a tudományos terület a hagyományos szakterületek (régészet, földrajz stb.) összefogása nélkül nem létezhet. Ezt az összefogást példazzák e szakág művelését célzó tanulmánykötetek, köztük az ismertetésünk tárgyául választott könyv.

A tanulmánygyűjtemény 18 szerzőjének írásai négy nagy fejezetbe csoportosíthatók. Az első tematikus egységbe a hazai erdeinkkel kapcsolatos írások kerültek. A második nagy fejezetet a vizek védelmével foglalkozó tanulmányok alkotják. A harmadik fejezet az *Ember és természet* címet viseli, míg az utolsó nagyobb egységben a módszertani dolgozatokat találja meg az olvasó.

Témaválasztásuk sokszínűsége ellenére a munka tanulmányai összefüggnek egymással. Összeköti őket az a tény, hogy egyik dolgozat szerzője sem hagyta figyelmen kívül (szóljon bár árvízvédelemről vagy reneszánsz udvarról) az erdőket, az erdőtakaró alakulásából fakadó ökológiai problémákat (igaz, ökológiai témájú munkában ez így természetes).

A 19 tanulmányból 11 (néhányik csupán érintőlegesen) a 18. századot vizsgálja. Az érdeklődést megmagyarázhatja a kötet szerkesztője, *R. Várkonyi Ágnes* írása. A dolgozat átfogóan tárgyalja a korszak ökológiai kérdéseit. Azt a véleményét fogalmazza meg, hogy ebben a században bomlott meg a Kárpát-medence hagyományos természeti egyensúlya. Ebben az évszázadban a megduplázódó népesség igényeit még hagyományos módszerekkel fedezték. Elmaradt a mezőgazdasági technika forradalma, elmaradt az energiaváltás. A bányák, a lakosság energiaszükségletét az erdők biztosították. A faállomány csökkenése tisztító árvizeket vont maga után. A szerző vitába száll azzal a nézettel, amely szerint az Alföld pusztája jellege a török korszaknak a következménye (az emberi élet eltűnése, a pásztorkodás

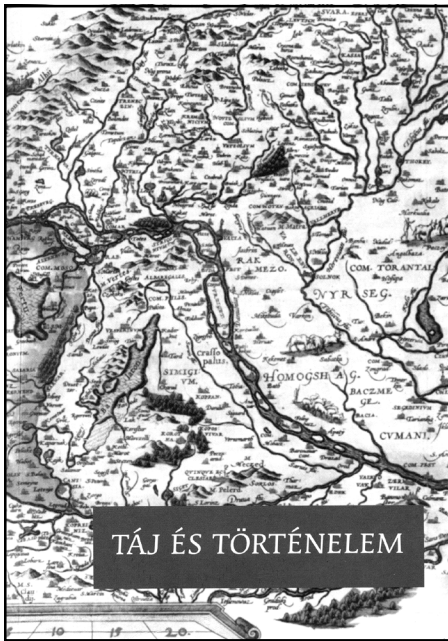
megerősödése befolyásolta a természet alakulását). Alföldünknek fátlan pusztasággá válását a 18. századi változások rovására írja.

Tonk Sándor arra keresi a választ, miképp vált a középkorban erdőkkel tarkított, tavakkal teletűzdelt Mezőség fátlan, kietlen tájjá, ahol a sok tó már csak emlékként él. Azt a sejtését fogalmazza meg, hogy a táj változása több más tényező mellett összefügghet a 17-18. századi etnikai váltással. A magyar népesség kipusztult, helyükre románok települtek, akik kiterjedt állattartást folytattak. Az erdők eltűnéséhez az erdei legeltetés járult hozzá.

A nagyarányú fakitermelés, az erdei legeltetés készítette Mária Teréziát, hogy 1769-ben erdőrendtartást adjon ki Magyarországnak számára. E rendelet előzményeit vizsgálja részletes forrásbázis és szakirodalmi ismeretek alapján Magyar Eszter. Az 1769-es rendelet előzménye, hogy a Habsburg-birodalom nyugati részén mind az uralkodóház, mind a nagybirtokosok szemében felértékelődött az erdő. Magyarországon a kamarai uradalmak jártak elől az erdővédelemben. A Kárpát-medence erdeivel foglalkozó többi írás (Bartha Dénes, Kincses Katalin, Oroszi Sándor) már hazai erdeink 19-20. századi sorsára is figyel.

Soós Kálmán Ung, Bereg, Zemplén és Szabolcs megyéknek azokat az erőfeszítéseit ismerteti, amelyekkel megkísérelték a 18. századi tiszai áradásokat megzabolázni. Deák Antal András Mikoviny Sámuel vízvédelmi tevékenységét vizsgálja (a Vág vidékén folyamszabályozás, a tatai mocsárvilág lecsapolása, a selmeci bányák számára víztározó rendszer létesítése).

E témakörhöz sorolható Rácz Lajosnak a Kárpát-medence kora-újkorai éghajlati változásairól készített dolgozata. Véleménye szerint a 16. század második felétől a 18. század végéig a nyarakat leszámítva a középkorhoz képest az éghajlat hűvösebbé vált, az évszakok pedig csapadékosabbak lettek. A 19.



század első felében csökkent a csapadék mennyisége, a nyarak szárazabbra fordultak.

Gellén Zsolt írása (A Rába védelmében) a 17. századba visz, bemutatva, miként felügyelték a végbeliek a rábai gázlókat. Kincses Katalin másik tanulmánya a soproni szegénygondozás 16-18. századi történelméről ad áttekintést. Surányi Dezső Lippay Calendariumának agroökológiai szemléletét mutatja be. Lippay műve azért is érdekes, mert nemcsak a 17. századnak, hanem a következő évszázadnak sokat olvasott könyvről van szó. Izsák Éva az urbanizáció tájalakító hatásáról értekezik. Példaként két budapesti területet, Pesthidegkútot és Józsefvárost választotta ki. Munkája ugyan a 18. századi kezdetekről sem feledkezik meg, elsősorban mégis a 19-20. század történetéről szól.

A 18. század mellett a középkor és a reneszánsz természet szemléletének egy-egy elemét világítja meg néhány írás. Bertényi Iván a címerábrákat veszi sorra. Azt kutatja, miként ábrázolták az állatokat. Általában a természetben előforduló formákat örökítet-

ték meg, ám van, amikor a festő nemigen ismerte állatalakját (pl. oroszlán). A címerképek bizonyos jellegzetes vonásokat (pl. a sas karma, csőre) gyakran eltúloztak.

Sz. Jónás Ilona a középkori gyümölcsös-kertekhez kötődő középkori felfogást mutatja be. Hangsúlyozza: a kor embere számára a kert mintegy az elveszett Édent jelentette. A gyümölcsösnek fontos szerep jutott a kolostorokban, hisz a szerzetesi étkezési szabályok megnövelték a veteményes és a gyümölcsös-kertek jelentőségét. A kert egyúttal a séta, a pihenés színtere. A kor világi irodalmában is fontos szerep jut a kertnek. Vigasságot rendeznek ott, a szerelem színtere. Erdősi Péter a reneszánsz természetkultuszáról ír.

Tanulságosak a régészeti tematikájú dolgozatok. Külön figyelmet érdemel Takács Károly tanulmánya (Árpád-kori csatornarendszerek kutatásáról). A fiatal régész a Győr megyei Tököz Árpád-kori csatornáiról ad áttekintést. Azt a véleményét fogalmazza meg, hogy az ásott árkok révén tudták eleink a vizeket szabályozni. Hasonló ásott árkok az Alföldön is léteztek. A tanulmányban megfogalmazott véleményt, hogy átgondolt, országos méretű vízgazdálkodás folyt az Árpád-korban, remélhetőleg újabb kutatásokkal sikerül megszilárdítani.

Pálóczi Horváth András a környezetregészet érdekében írt. Ez a régészeti ágazat azért fontos, mert segítségével egy-egy település hajdani életének az egészét tanulmányozhatjuk. Így az állatcsontok összegyűjtése mellett érdemes figyelni a hajdani rágcsálókra, a növényi magvakra. Nemcsak az egykori ember életmódja rekonstruálható így, hanem a hajdani növény- és állatvilág is feltérképezhető. Az alföldi Szentkirályon 160 növényfaj magját találták meg. Kiderült, a falu erdeje tölgyerdő volt.

Ugyancsak a Kárpát-medence vegetációtörténetének megismerését segíti elő a dendrokronológia, amelynek módszereivel Grynaeus András ismertet meg. Ez a kutatási

mód nem csupán az éghajlat változásainak vizsgálatát teszi lehetővé, hanem erdőgazdálkodási kérdések megválaszolását is. Például azt, honnan és mikor szállították építési helyére a fát. A régészek feltárták az ecsedi várhoz vezető dorongút egy szakaszát. A faanyag elemzéséből kiderült, ahol azok a fák nőttek, ott kiterjedt erdei legeltetés folyt.

## *Gulyás Pál – Viczián János: Magyar írók élete és munkái*

Nagy – ez az egyik vagy tán a leggyakoribb családnevünk. Viszonylag kevés azonban a Nagy nevű írónk. A Ványi Ferenc szerkesztette Magyar irodalmi lexikonban (1926) csak 35, Benedek Marcell Irodalmi lexikonában (1927) 23 Nagy szerepel. Az ugyancsak Benedek Marcell szerkesztésében megjelent Magyar irodalmi lexikonban (1965) 61 Nagy kapott helyet. Péter László Új magyar irodalmi lexikonában (1994) s ennek újabb, CD változatában 86 Naggyal ismerkedhetünk meg. A Gulyás Pál – Viczián János-féle *Magyar írók élete és munkái* című sorozat (Argumentum Kiadó) ez év áprilisában forgalomba került XIX. kötete (N – Ö) 135 oldalon, 270 hasábon több mint ezer Nagy címszót tartalmaz.

Ez a hallatlan bőség jelzi a különbséget az említett lexikonok és a szóban forgó sorozat, vagyis az író fogalmának szűk és tág értelmezése között. Ebben a páratlanul gazdag életrajzgyűjteményben ugyanis nemcsak a jeles szépírók sorakoznak betűrendben, rövidebb-hosszabb ismertetőikkel, hanem a publikáló tudósok, szakírók, szerkesztők, fordítók, újságírók, alkalmi szerzők is, mindazok, akik – a hangyaszorgalmú gyűjtők látókörében – körülbelül az ötvenes évek végéig valahol, valamely sajtótermékben akárcsak egyszer is megjelentek. Kincseshánya, nélkülözhetetlen kalauz a közelmúlt időkben bűvarkodó kutatóknak.

A kötet írásai arról győzik meg az olvasót, szükség van a történeti ökológiára és művelésére, ugyanis a vizsgálatok múltunk mindennapjainak kérdéseire adhatnak választ. (*Osiris Kiadó, Budapest, 2000. 370 o.*)

*Draskóczy István*  
egy. docens (ELTE BTK)

A pályakép felrajzolása után a szellemi munkásság bemutatása következik mind a napilapokban és folyóiratokban, gyűjteményes kiadványokban (antológiákban, kalendáriumokban, tanulmánykötetekben) közölt kisebb írások, mind pedig az önálló kötetként napvilágot látott művek felsorolásával, megjelölve a lelőhelyet és a megjelenés időpontját. Egy-egy mű után a könyvismertetések, bírálatok adatai szerepelnek. Az álnevek és betűjegyek zárják a címszavakat, utalással arra, melyiket hol és mikor használta a szerző. S minden adatot a forrás közlése hitelesít.

Gulyás Pál (1881–1963) az Országos Széchényi Könyvtár főkönyvtárosa volt, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja. Nagyszabású művét, amelynek első hat kötete 1939 és 1944 között került ki a nyomdából, a magyar bibliográfia egyik legnagyobb alakjának, id. Szinnyei Józsefnek hasonló című, a 19-20. század fordulóján publikált tizennégy kötetes sorozata alapozta meg (ezt a jelentős művet 1980-1981-ben a Magyar Könyvkereskedők és Könyvterjesztők Egyesülete reprint kiadásban jelentette meg). Gulyás a második világháború után folytatni akarta munkáját, de lépten-nyomon akadályozták, s mondva-csinált okokra hivatkozva lehetetlenné tették újabb kötetek kiadását. Végredeletében a hatalmas adatgyűjteményt az MTA Könyvtárára hagyományozta.

1981-ben Viczián János, az MTA Könyvtárának munkatársa – a fatartalmú papiros öregedésére, porladására, a ceruzás feljegyzések fakulására hivatkozva – javaslatot tett a pótolhatatlan értékű anyag megmentésére

és kiadására. Kedvező légkörben vetette fel a gondolatot. A könyvtár – az Irodalomtudományi Intézettel és a Petőfi Irodalmi Múzeummal összefogva – programjába vette a kiadást, s a sajtó alá rendezéssel megbízta a javaslattevőt. 1990-től évente egy–három kötet kiadását tervezték, az I–VI. kötet után nyomásával párhuzamosan. Így is történt, 1995-ig évente átlag két kötet jelent meg, s a sorozat eljutott a XVII. kötetig.

Itt a folyamat sajnos megtorpant (nyilvánvalóan az ekkor bevezetett megszorító intézkedések következtében). Négy meddő év következett, majd 1999-ben mégis csak elkészült a XVIII. kötet. Megint három évnek kellett eltelnie, mire a fentiekben bemutatott XIX. kötet napjainkban a könyvesboltokba kerülhetett. Örvendetes tény, mindazonáltal képtelen helyzet, hogy egy ilyen fontos sorozat folytatása minduntalan kérdésessé váljék, az a veszély fenyegetse örökösen, hogy torzóban marad, ha nem

akad mecénás, aki alkalomadtán könyöradományként rászán némi pénzt. A nemzeti kulturális programok keretében külön fejezetet kellene szentelni a sorozatoknak, hogy az elkezdett munkákat ésszerű időhatáron belül tető alá lehessen hozni.

A *Magyar írók...* mindenesetre megérdemelné a folyamatos támogatást, hogy két-három éven belül befejeződjék. Még hét kötet vár kiadásra. Jelentősége rendkívüli. Kiegészíti és továbbfejleszti Szinnyei művét. Rengeteg olyan szerzőről ad tájékoztatást, akiről sehol másutt nem lehet még adatmorszákat sem találni. Korrigálja a felhasznált irodalomban talált hibákat, eligazít az azonos nevű szerzők megkülönböztetésében. Művelődéstörténeti forrás, sajtótörténeti adattár, bizvást mondhatjuk – Viczián Jánost idézve – a nemzeti önismeret egyik alapműve. (*Argumentum, Budapest, 2002. 492 o.*)

*Nyárády Gábor*

*szerkesztő*



---

# *A Magyar Tudományos Akadémia Elnökségi ülése*

Pécs, Akadémiai Központ, 2002. szeptember 24.

Napirend:

*10,30 – Elnökségi ülés*

- Az MTA Pécsi Területi Bizottságának tevékenysége (Tigyi József)
- Előterjesztés a 2002. évi Eötvös-koszorú adományozásáról (Hámori József)
- Tájékoztató a Magyar Tudomány Napja előkészítéséről (Meskó Attila)
- A 2002. novemberi közgyűlés időpontjának, a meghívottak körének és tárgysorozatának meghatározása (Keviczky László)
- Tájékoztató az Akadémia 2003. évi költségvetéséről folytatott tárgyalásokról (Meskó Attila)
- Az Elnökség 2002. II. félévi munkatervének elfogadása (Pannonhalmi Kálmán)
- Tájékoztató a „Mindentudás egyeteme” tudományos ismeretközvetítő programról (Vizi E. Szilveszter, Fábri György)
- Egyebek

*12,00-14,30 Kibővített elnökségi ülés*

- A pécsi régió tudományos tevékenysége, kutatási eredmények, publikációk (Tigyi József)
- A regionális fejlesztés irányjai, lehetőségei (Vizi E. Szilveszter)
- Fogadás (A fogadás keretében a Pécsi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet bemutatása)  
A bemutatót vezeti: Dr. Kozma Pál igazgató

*15,00-18,00*

- Szentágothai János tiszteletére sétány elnevezése, emléktábla avatása.  
Az emléktáblát Vizi E. Szilveszter elnök úr és Újvárosi Jenő pécsi alpolgármester úr avatja fel (Kálvária utcától délre, az alagút után indul a Szentágothai sétány).
- A világörökség részét képező római kori emlékek megtekintése
- A program befejezéséért öminenciája Mayer Mihály megyéspüspök úr egy koccintásra fogadja az ülés résztvevőit a püspöki rezidencián.

---

## CONTENTS

### *Chaos and Nonlinear Dynamics*

Guest Editor: FOKASZ NIKOSZ and SZABADOS LÁSZLÓ

Preface (Fokasz Nikosz and Szabados László).....	1272
Maródi Máté: Chaos in Social Sciences? – (Mis)Interpretation of the Chaos Theory in Social Sciences .....	1274
Vizváry Béla: Dynamic Markets and Control.....	1284
Muraközy Balázs: Chaos at Financial Markets?.....	1297
Fokasz Nikosz: Nonlinear Time Series – Chaos in Capital Markets .....	1312
Bozsónyi Károly – Veres Előd: Nonlinear Behaviour of the Daily Level Suicidal Time Series .....	1330
Götz Gusztáv: Atmospheric Chaos – The Certainty of the Uncertainty of Weather Forecasts .....	1336
Kolláth Zoltán: Chaos in the Music of the Spheres .....	1344

### *Europe*

Fleischer Tamás: Considerations on the Road Transport Corridors Crossing Hungary.....	1354
--	------

<i>The Scientists of the Future</i> .....	1368
---	------

<i>Discussion</i> .....	1384
-------------------------	------

<i>Science-policy</i> .....	1386
-----------------------------	------

### *Obituary*

Szabó Ferenc ( <i>Pál Lénárd</i> ) .....	1389
--	------

<i>Book Review</i> .....	1392
--------------------------	------

---

---

---

