Magyar Tudomány

HÁLÓZATOK
Vendégszerkesztők:
Vicsek Tamás és Szabados László

Az élet lehetősége a Marson

Könyvdigitalizálás

Az üzleti titok és a know-how

2006 • 11

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata. Alapítás éve: 1840
167. évfolyam – 2006/11. szám

Főszerkesztő:
Csányi Vilmos

Vezető szerkesztő:
Elek László

Olvasószerkesztő:
Majoros Klára

Szerkesztőbizottság:
Ádám György, Bencze Gyula, Czelnai Rudolf, Császár Ákos, Enyedi György, Kovács Ferenc, Köpeczi Béla, Ludassy Mária, Niederhauser Emil, Solymosi Frigyes, Spät András, Szentes Tamás, Vámos Tibor

A lapot készítették:
Csapó Mária, Gazdag Kálmánné, Halmos Tamás, Jéki László, Matskási István, Perecz László, Sipos Júlia, Sperlágh Sándor, Szabados László, 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., Bártfai u. 65.
Tel.: 2067-975 • akaprint@akaprint.axelero.net

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., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 6048 Ft
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567
Felelős vezető: Freier László
Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Hálózatok
Vendégszerkesztő: Vicsek Tamás, Szabados László
Vicsek Tamás: Bevezető 1296
Barabási Albert-László: A hálózatok tudománya: a társadalomtól a webig 1298
Csermely Péter – Sőti Csaba: Az öregedésről – a hálózatok szemszögéből 1309
Kertész János: Súlyozott hálózatok: a tőzsdétől a mobiltelefóniáig 1313
Derényi Imre – Farkas Illés – Palla Gergely – Vicsek Tamás:
Csoportosulások szociológiai, technológiai és biológiai hálózatokban 1319
Benczúr András – Bíró István – Csalogány Károly – Rácz Balázs –
Sarlós Tamás – Uher Máté: PageRank és azon túl:
hiperhivatkozások szerepe a keresésben 1325
Tóth István János – Szántó Zoltán: Magyar közgazdászok szerzőtársi
kapcsolathálói és tudományos teljesítménye 1332
Vedres Balázs: Politikusok a magyar nagyvállalatok hálózatában 1987-2001 között 1339
Falus András: Rendszerszemléletű biológia; posztmodern genomika túl a géneken? 1345
Szvetelszky Zsuzsa: A társas mezőktől a hálózattudatig 1353

Tanulmány
Horváth András – Gánti Tibor – Bérczi Szaniszló – Pócs Tamás – Kereszturi Ákos –
Sik András: Marsi sötét dűnefoltok: az élet lehetősége a Marson? 1357
Tószegi Zsuzsanna: A könyvdigitalizálás egyes kérdései 1376
Bobrovszky Jenő: Rejtélyek és fortélyok. Hozzászólás az üzleti titok
és a know-how kérdésköréhez a *Polgári Törvénykönyv* reformja kapcsán 1385

Interjú
Közös nevező: a matematika
Gimes Júlia beszélgetése Lovász László matematikussal 1397

A jövő tudósai
Bevezető *(Csermely Péter)* 1405
Megalakult a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács *(Csermely Péter)* 1405
„BioGén" tehetséggondozó tábor *(Tátrai Ágnes)* 1409

Megemlékezés
Peschka Vilmos *(Lamm Vanda)* 1410

Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia) 1413

Könyvszemle (Sipos Júlia)
Berzeviczy Gergely: A közgazdaságról *(Bekker Zsuzsa)* 1417
Erwin Kuntz – Hans-Dieter Kuntz:
Hepatology, Principles and Practice *(Berencsi György)* 1418
Mikor a filozófus és az uralkodó… *(Belhaj Abdessamad – Tüske László)* 1419

Hálózatok

BEVEZETÉS

Vicsek Tamás
az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, ELTE Biológiai Fizika Tanszék
vicsek@angel.elte.hu

Vajon mi lehet az oka, hogy a hálózatok kutatása divatos területté vált? Mert tagadhatatlan tény, hogy napjainkban sokkal többet lehet hallani, olvasni a legkülönfélébb természeti és társadalmi jelenségek hálózati szemszögből való interpretációjáról, mint korábban. A legközismertebb hálózat az internet, ma már százmilliók használják rendszeresen, de ettől függetlenül, egyre inkább előfordul, hogy nagyon más, absztrakt vagy konkrét rendszerről is mint hálózatról gondolkodunk. Ennek az a fő oka, hogy egyre több összetett, azaz nagyszámú, egymással kölcsönhatásban levő egységet tartalmazó, ún. komplex rendszert tudunk áttekinteni, elsősorban az információtechnológia robbanásszerű fejlődése következtében. A számítógépek segítik rendszerezni a különféle berendezések és a számítógépek alkalmazásával összegyűjtött adatokat, amelyek szinte elárasztanak minket. Ebben a helyzetben kézenfekvő megközelítés, hogy a komplex rendszert annak valamiféle egyszerű modelljével helyettesítjük, mert annak teljes leírása reménytelenül bonyolult egyenletrendszerek megoldását igényelné.

A komplex rendszer népszerű modellje egy viszonylag egyszerű matematikai objektum, amelyet gráfnak hívnak. A gráf csúcsokból és az őket összekötő élekből áll, ahol a csúcsok a rendszer elemeit szimbolizáló „pontok", az élek (a csúcsokat összekötő szakasszal szokták ábrázolni őket) meg az egységek közötti kölcsönhatást jelölik. Sokféle gráf van, és a jelen cikkgyűjteményben éppen arról lesz szó, hogy az egyes biológiai vagy társadalmi jelenségeknek milyen tulajdonságú gráfok, azaz hálózatok felelnek meg. A gráfokkal kapcsolatos első igazán izgalmas matematikai tétel éppen két nagy magyar kutató, *Erdős Pál* és *Rényi Alfréd* nevéhez fűződik, s lehet, hogy részben ezért, de a hazai és magyar származású tudósok tevékenysége azóta is világviszonylatban kiemelkedő elismertségű ezen a területen.

A hálózatok kutatásának három fő vonulatát látom kibontakozni. Az egyik megközelítés arra irányul, hogy általános – ahogy

az ezen a területen igen aktív fizikusok mondják: univerzális – *törvényszerűségeket tárjon fel* a legkülönfélébb eredetű gráfok tulajdonságaival kapcsolatban. Ide tartozik *Barabási Albert-László* cikke, aki elsőként vette észre, hogy a természeti és emberi hálózatok többsége növekedési mechanizmussal jön létre, és ezért olyan, hogy a csúcsokból kifutó élek számának eloszlása hatványfüggvény szerint csökken. Ez a kiemelkedő fontosságú összefüggés egyike volt azon két alapvető eredménynek, amelyek a hálózatkutatás mai lendületes fejlődését beindították. *Csermely Péter* munkáiban arra hívta fel a figyelmet, hogy azok az élek, amelyek viszonylag gyenge kölcsönhatásért felelősek, a legkülönfélébb hálózatok viselkedése szempontjából centrális jelentőségűek. Ezt a gondolatot itt az öregedés és a hálózatokat érő perturbációk kontextusában elemzi. A kutatások egy jelentős csoportja a hálózat tulajdonságait feltérképező *módszerek kidolgozására* irányul, és természetesen a módszerrel elérhető eredményeket is illusztrálja. *Kertész János* több, a gyakorlati élet szempontjából érdekes példán (tőzsde, telefonhálózatok) mutatja be, hogy a súlyozott gráfok (azaz amelyekben az élek/kölcsönhatások erősségének mértéke meghatározó jellegű) vizsgálatában az általa bevezetett „intenzitás"-mennyiség a szerkezet meghatározása szempontjából igen hasznos. *Derényi Imre* és munkatársai bevezetnek egy csoportosulásdefiníciót, és ennek segítségével meghatározzák több hálózatban azokat a tartományokat, amelyek egymással sűrűbben összekötött, átfedő csúcscsoportokat tartalmaznak. *Benczúr András* és társai azt az érdekes kérdést vizsgálják, hogy milyen információ nyerhető az internetes oldalak fontosságáról a hálózaton való „véletlen szörfölés" útján. A kutatások egy további kategóriájában a *meglevő módszerek* érdekes, konkrét hálózatokra való *alkalmazása* során szereznek újszerű információt a vizsgálat tárgyát képező gyakorlati fontosságú rendszerekről. *Tóth István János* és *Szántó Zoltán* a magyar közgazdászok együttműködési hálózatát tárta fel a közösen írt cikkek elemzése alapján. *Vedres Balázs* azt kutatta, hogy a magyar nagyvállalatok vezetésében különféle tisztségeket betöltő személyek milyen hálózatot alkotnak, konkrétabban, ezek a szereplők milyen politikai kötődésűek voltak az idő függvényében az 1987-től 2001-ig tartó időszakban. A jelen cikkek negyedik csoportja *áttekinti* a hálózatos gondolkodás szerepét két tudományterületen. *Falus András* kibontja, hogy a bioinformatika és a rendszerszemléletű biológia, karöltve a génhálózatok elemzésével, új fejezetet nyit a genomikai kutatások terén, ami komoly reményeket ébreszt egy új, hatékonyabb orvostudományi megközelítés kialakulására. Elgondolkodtató összefüggésekre mutat rá *Szvetelszky Zsuzsa*, aki élvezetesen foglalja össze, hogy milyen hatással lehet a hálózatos gondolkodás a társas (szociális) viszonyokra.

A HÁLÓZATOK TUDOMÁNYA: A TÁRSADALOMTÓL A WEBIG

Barabási Albert-László
az MTA külső tagja
University of Notre Dame, Indiana, USA
alb@nd.edu

Amióta a National Science Foundation 1995-ben feladta az internet feletti gyámságot, úgy tűnik, a hálózat önálló életre kelt. Kis és nagy társaságok ezrei adnak hozzá állandóan *router*-eket és vonalakat, amelyek közül egyik sem köteles jelentést tenni a tevékenységéről. Ez a kontrollálatlan és decentralizált növekedés kutatókká változtatta a tervezőket. Valóban, miközben az utóbbi időkig minden internettel kapcsolatos kutatás jobb kommunikációs protokollok tervezésére koncentrált, a tudósok újabban egyre gyakrabban tesznek fel egy váratlan kérdést: Pontosan mit is alkottunk? Egy dolog világos: noha teljesen emberi tervezésű, mégis úgy tűnik, a web több közös vonást mutat egy sejttel vagy egy ökológiai rendszerrel, mint egy aprólékos gonddal megtervezett svájci órával. Számos különböző komponens – melyek mindegyike egy specializált feladatot hajt végre – járul hozzá egy hihetetlen sebességgel kibontakozó és változó rendszerhez. Mi pedig egyre inkább ráébredünk, hogy az internet és a WWW fejlődése megértésének hiánya nem számítástudományi kérdés, hanem egy olyan tudományos váz hiányából ered, amely a mögötte álló hálózat topológiáját jellemezné.

Hálózatok mindenhol vannak. Az agy axonok által összekötött idegsejtek hálózata, maguk a sejtek pedig biokémiai reakciók által összekötött molekulák hálózatai. A társadalmak szintén hálózatok, olyan emberek hálózatai, akiket a barátság, a családi kapcsolatok és szakmai kötelékek kötnek össze. Magasabb szinten a táplálékláncok és ökoszisztémák a fajok hálózataiként ábrázolhatók. A hálózatok átjárják a technológiát is: az internet, az elektromos hálózatok, valamint a szállítási rendszerek csupán néhány példa erre. Még a nyelv is, amit gondolataink közvetítésre használunk, önmagában véve nem más, mint szintaktikai kapcsolatokkal összekötött szavak hálózata.

Mégis, a mindent átható hálózatok fontosságának ellenére a tudósok kevéssé értették meg struktúrájukat és tulajdonságaikat. Hogyan eredményez rákot számos hibásan működő gén kölcsönhatása egy komplex genetikai hálózatban? Hogyan képes olyan gyorsan elterjedni bizonyos társadalmi és kommunikációs hálózatokon keresztül, betegségek és olyan számítógépes vírusok járványait okozva, mint például a Love Bug? Hogyan tud néhány hálózat még azután is tovább működni, hogy csomópontjaik túlnyomó többsége elromlott?

Az újabb keletű kutatások kezdték megválaszolni az ilyen kérdéseket (Barabási, 2003; Albert – Barabási, 2002; Pastor-Satorras – Vespignani, 2004; Barabási – Oltvai, 2004). Az elmúlt néhány év során különböző területeken dolgozó tudósok felfedezték, hogy a komplex hálózatok olyan alapvető szerkezettel jellemezhetők, amelyet egyetemes alapelvek irányítanak. Felfedeztük például, hogy számos hálózatot – a world

wide webtől a sejt anyagcsererendszerén át a hollywoodi színészekig – viszonylag kisszámú csomópont ural, amelyek erősen kapcsolódnak más csomópontokhoz. Ezek a fontos csomópontok, a „középpontok" nagymértékben befolyásolhatják egy hálózat általános viselkedését, például figyelemreméltóan szilárddá tehetik véletlen hibákkal, azonban rendkívül sebezhetővé összehangolt támadásokkal szemben.

A véletlen hálózat paradigma

Több mint negyven évig a tudomány teljesen véletlenként kezelt minden komplex hálózatot. E paradigma gyökerei két magyar matematikus, Erdős Pál és Rényi Alfréd munkájából erednek, akik 1959-ben, a kommunikációban és az élettudományokban látható hálózatok leírása érdekében azt javasolták, hogy a hálózatokat véletlenszerűen kellene építenünk (Erdős – Rényi, 1959, 1960). A receptjük egyszerű volt: végy N csomópontot, és kösd össze L véletlenszerűen elhelyezett kapcsolattal. A modell egyszerűsége, valamint az Erdős és Rényi által javasolt kapcsolódó tételek némelyikének eleganciája új életre keltette a gráfelméletet, amely a matematika egy új – a véletlen hálózatokra fókuszáló – területének kialakulásához vezetett (Bollobás, 1985).

A véletlen hálózat elv egyik fontos előrejelzése, hogy annak ellenére, hogy véletlenszerűen helyezzük el a kapcsolatokat, az ebből származó hálózat mélyen demokratikus, hiszen a legtöbb csomópontot hozzávetőleg ugyanannyi kapcsolat jellemzi. Valóban, egy véletlen hálózatban a csomópontok egy harang alakú Poisson-eloszlást követnek, és rendkívül ritkán lehet olyan csomópontokat találni, amelyek jelentősen több vagy kevesebb kapcsolattal jellemezhetők, mint az átlagos csomópont. A véletlen hálózatokat exponenciális hálózatoknak is nevezik, mivel annak valószínűsége, hogy egy csomópont k másik csomóponthoz kapcsolódik, exponenciálisan csökken nagy k esetén *(1. ábra)*. Az Erdős–Rényi-modell azonban felvet egy fontos kérdést: hisszük-e, hogy a természetben megfigyelt hálózatok igazán véletlenszerűek? Képes lenne-e az internet ezt a viszonylag gyors és láthatatlan szolgáltatást nyújtani nekünk, ha a számítógépek véletlenszerűen kapcsolódnának egymáshoz? Vagy, hogy egy szélsőségesebb példát vegyünk, képes lenne-e olvasni ezt a cikket, ha egy bizonyos pillanatban a testében levő kémiai anyagok úgy döntenének, hogy véletlenszerűen reagálnak egymásra, kikerülve a merev kémiai hálót, amelyhez rendes körülmények között alkalmazkodnak? A válasz ösztönösen nem – mindannyian érezzük, hogy minden komplex rendszer mögött létezik egy annak alapjául szolgáló hálózat nem véletlen topológiával. Így a mi feladatunk felkutatni a rendezettség jeleit a csomópontok és kapcsolatok millióinak ebben a látszólagos káoszában.

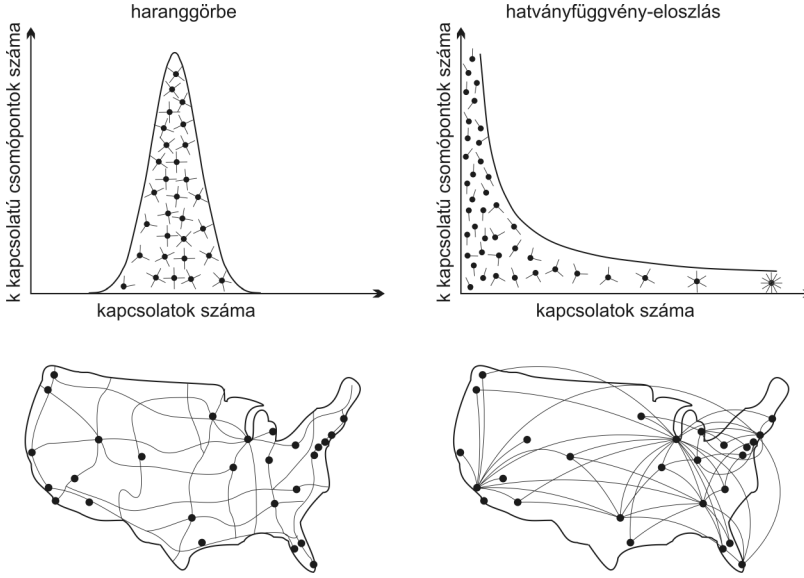
A world wide web és az internet mint komplex hálózatok

A WWW több mint egymilliárd dokumentumot tartalmaz, amelyek ennek a komplex hálónak a csomópontjait jelentik. URL-ek kötik össze őket, amelyek lehetővé teszik, hogy egyik dokumentumról egy másikhoz navigáljunk. A tulajdonságainak elemzése érdekében szükségünk van egy térképre, amelyik elárulja nekünk, hogyan kapcsolódnak egymáshoz az oldalak. Ezt az információt keresőgépek gyűjtik össze rutinszerűen, mint például a Google vagy az Alta Vista, ezek azonban gyakran vonakodnak megosztani ezeket kutatási célokra. Így hozzá kellett jutnunk a saját térképünkhöz. Pontosan ezt tettük 1998-ban – írtunk egy robotot vagy keresőrobotot, amelyik egy adott weblapról kiindulva összegyűjtött minden kimenő kapcsolatot, és követte azokat, hogy ellátogasson a vonatkozó oldalakra, és még több kapcsolatot gyűjtsön össze (Albert et al., 1999).

Ezen az ismétlődő folyamaton keresztül feltérképeztük a web egy kis részletét.

Jelenleg körülbelül nyolcvan dokumentum létezik világszerte, amelyik a mi weblapunkra (www.nd.edu/~networks) mutat. Míg teljes ellenőrzést gyakorolunk a weblapunkról kimenő linkek k_{out} száma felett, a bejövő linkek k_{in} számáról mások döntenek, így ez jellemzi az oldal népszerűségét. A másik oldalon az internet maga routerek hálózata, amelyek adatkötegeket navigálnak egyik számítógéptől a másikig. A routerek különböző fizikai vagy drót nélküli kapcsolatokkal kötődnek egymáshoz, és különböző címtartományokba oszlanak. Annak valószínűsége, hogy egy weblapot k_{in} vagy k_{out} kapcsolat jellemez, hatványfüggvény alakú. Az eredmények egy több mint 325 000 weblapot tartalmazó mintán alapulnak, amelyet Hawoong Jeong gyűjtött.

Mivel a WWW irányított hálózat, minden dokumentum jellemezhető a kimenő (k_{out}) és bejövő (k_{in}) kapcsolatok számával. Az első általunk vizsgált mennyiség a kimenő (bejövő) fokszámeloszlás volt. $P(k)$ a valószínűsége annak, hogy egy véletlenszerűen kiválasztott weblapot pontosan k_{out} (k_{in})



1. ábra • Véletlen és skálafüggetlen hálózatok. A véletlen hálózat fokszáma Poisson-eloszlást követ, amely alakját tekintve nagyon közel haranggörbe. Ekkor a legtöbb csomópontnak azonos számú kapcsolata van, és nem létezik kiemelkedően sok kapcsolatú csomópont (fent balra). Így a véletlen hálózat hasonló egy országos közúti hálózathoz, amelyben a csomópontok a városok, a kapcsolatok pedig az őket összekötő főútvonalak. Valóban, a legtöbb várost durván ugyanakkora számú közút szolgálja (lent balra). Ezzel ellentétben, egy skálafüggetlen hálózat hatványfüggvényű fokszámeloszlása előrevetíti, hogy a legtöbb csomópontból csupán kevés kapcsolat indul ki, amelyeket néhány nagymértékben összekapcsolt középpont tart össze (fent jobbra). Ez vizuálisan nagyon hasonló a légiközlekedési rendszerhez, amelyben nagyszámú kis repülőtér kapcsolódik egymáshoz néhány fő középpont által (lent jobbra). (Barabási, 2003 után)

kapcsolat jellemzi. A véletlen gráfok elmélete által vezérelve azt vártuk, hogy $P(k)$ Poisson-eloszlású. Így meglehetősen meglepő volt, amikor az adatok azt mutatták, hogy $P(k)$ hatványfüggvény szerint csökkent,

$$P(k) \sim k^{\gamma}, \quad (1)$$

ahol $\gamma_{out} \cong 2,45$ ($\gamma_{in} \cong 2,1$).

Jelentős különbségek mutatkoznak a Poisson- vagy hatványfüggvény-eloszlású hálózatok között (amint azt az *1. ábra* mutatja). Valóban, véletlen hálózatoknál a legtöbb csomópontnak hozzávetőleg ugyanakkora számú kapcsolata van, $k \approx \langle k \rangle$, ahol $\langle k \rangle$ az átlagos fokszámot jelöli. $P(k)$ exponenciális csökkenése garantálja az olyan csomópontok hiányát, amelyeknek jelentősen több a kapcsolatuk, mint $\langle k \rangle$. Ezzel ellentétben, a hatványfüggvény-eloszlás magában foglalja, hogy a csupán kevés kapcsolattal bíró csomópontok nagy számban vannak jelen, azonban egy elhanyagolható kisebbségnek nagyon nagy számú kapcsolata van. A közúti térkép például, amelynél a városok a csomópontok és az országutak a kapcsolatok, egy exponenciális hálózat, mivel a legtöbb város 2-5 országút kereszteződésénél található. A másik oldalon a skálafüggetlen hálózatok inkább egy légiforgalmi irányító térképre hasonlítanak, amelyet divatos repülős magazinokban szokás bemutatni: a legtöbb repülőteret csupán egy kevés szállítmányozó szolgálja, azonban van néhány középpont, például Chicago vagy Frankfurt, amelyekből kapcsolatok indulnak majdnem minden másik egyesült államokbeli vagy európai repülőtérre. Így mint a kisebb repülőtereknek, a WWW-ben a dokumentumok többségének csupán kevés kapcsolata van. Ez a kevés kapcsolat nem elegendő a hálózat teljes összeköttetésének biztosítására, amely funkciót viszont néhány nagymértékben kapcsolódó középpont garantálja, a csomópontokat összetartva.

Amíg egy Poisson-eloszlásnál egy tipikus csomópontot $k \cong \langle k \rangle$ kapcsolat jellemez, az átlag, $\langle k \rangle$, nem különösebben fontos egy hatványfüggvény-eloszlás esetén. Egy belső skála ilyen hiánya arra ösztönzött minket, hogy a hatványfüggvény-eloszlású hálózatokat skálafüggetleneknek nevezzük (Barabási – Albert, 1999). A felfedezés, hogy a WWW skálafüggetlen hálózat, fontos kérdést vetett fel: kialakulhatna-e ilyen inhomogén topológia más komplex rendszerekben is? Erre a kérdésre mostanában váratlan irányból érkezett válasz: az internet felől. Az internet fizikai hálózatot alkot, amelynek csomópontjai routerek és címtartományok, míg a kapcsolatok a különböző fizikai útvonalakat jelölik, például telefonvonalakat, optikai kábeleket, amelyek összekötik őket. A kapcsolatok fizikai természetének megfelelően várható volt, hogy ez a hálózat különbözik a WWW-től, ahol egy link hozzáadása egy tetszőleges távoli oldalhoz olyan könnyű, mint hozzákapcsolódni a szomszéd szobában lévő számítógéphez. Sokak meglepetésére a hálózat mögötti internet, úgy tűnik, szintén hatványfüggvényszerű fokszámeloszlást követ. Ezt először három testvér figyelte meg, Michalis, Petros és Christos Faloutsos, számítógéptudósok Egyesült Államok-beli és kanadai egyetemeken, akik router- és domainszinten elemezték az internetet. Ezen esetek mindegyikében azt találták, hogy a fokszámeloszlás hatványfüggvényt követ $\gamma = 2,5$ exponenssel a routerhálózat és $\gamma = 2,2$ exponenssel a domaintérkép esetén, jelezve, hogy az internet huzalozását is számos, nagymértékben kapcsolódó középpont uralja (Faloutsos et al., 1999).

19 lépésnyi távolság

Stanley Milgram harvardi szociológus 1967-ben merész állítással lepte meg a világot: a társadalomban két személy tipikusan öt-hat kézfogásra van egymástól (Milgram, 1967). Vagyis, bolygónk hatmilliárd lakosa ellenére,

„kisvilágban" élünk. A társadalmi hálózatok ilyen tulajdonsága „a hatlépésnyi távolságként" vált ismertté John Guare briliáns Broadway-színdarabja és filmje után (Guare, 1990). A szociológusok ismételten vitatták, hogy a társadalmi hálózatok csomópontjai kis halmazokba csoportosulnak, baráti és ismeretségi köröket jelölve, amelyekben minden csomópont hozzákapcsolódik minden más csomóponthoz, csupán gyér számú kapcsolattal kötődve a kinti világhoz (Granovetter, 1973). Míg az ilyen helyi csoportosulás és kisvilág-viselkedés megfelel ösztönös megérzéseinknek, előreláthatatlan volt, hogy ezek a jellegzetességek a társadalmi rendszereken túl is lényegesek lehetnek. A kérdés az: követi-e az internet és a WWW ezt a paradigmát? A helyes válaszhoz szükségünk van a web teljes térképére. Azonban, amint Steve Lawrence és Lee Giles 1998-ban megmutatták, még a legnagyobb keresőgépek is csupán a web 16 %-át fedik le (Lawrence – Giles, 1998, 1999). Ez az, ahol a statisztikus mechanika eszközei kapóra jönnek – a teljes web sajátságaira kell következtetnünk egy véges számú mintából.

Ennek érdekében elkészítettük a WWW kis modelljeit a számítógépen, biztosítva, hogy a kapcsolat eloszlása megegyezik a mért működési formával (Albert et al., 1999). A következő lépésként megállapítottuk a két csomópont közti legrövidebb távolságot, és átlagoltuk ezeket minden csomópont-párra, így megkapva a d átlagos csomópont-távolságot. Megismételve ezt különböző méretű hálózatokra, véges méretskálázást, a statisztikus mechanika egy standard eljárását alkalmazva arra a következtetésre jutottunk, hogy d a csomópontok N számától függ, mivel $d = 0{,}35 + 2{,}06 \times \log(N)$. Amikor 1999-ben a WWW-nek 800 millió csomópontja volt, ez azt vetítette előre, hogy a két véletlenszerűen kiválasztott oldal közötti legkisebb tipikus távolság körülbelül 19 – feltételezve, hogy létezik ilyen útvonal, ami a web irányított természetének köszönhetően nem garantált. Egy IBM–Compaq–AltaVista együttműködésben készült, kiterjedt tanulmány ezután azt találta, hogy a 200 millió csomópontra ez a távolság 16 – nem túl messze a 17-től, amit a mi képletünk jövendölt egy ilyen méretű mintára (Broder et al., 2000). Ezek az eredmények tisztán megmutatták, hogy a WWW egy kisvilágot jelöl, azaz két weblap közti klikkelések tipikus száma 19, a több mint milliárd lap ellenére. És amint azt Lada Adamic a Stanford Egyetemről megmutatta, a WWW nagyfokú csoportosulást is felmutat, mivel annak valószínűsége, hogy egy adott csomópont két szomszédja összekapcsolódik, sokkal nagyobb egy csoportosulásmentes véletlen hálózat esetében várható értéknél (Damic – Huberman, 1999). Csoportunk eredményei azt mutatták, hogy az internet is hasonlóan működik – két router között a tipikus távolság kilenc, azaz egy köteg bármely routert el tud érni tíz ugráson belül (Yook et al., 2002), a hálózat pedig nagymértékben csoportosodott, mutatva, hogy a kisvilág-paradigma gyorsan átitatta a Föld újonnan fejlődő elektronikus bőrét.

Fejlődő hálózatok

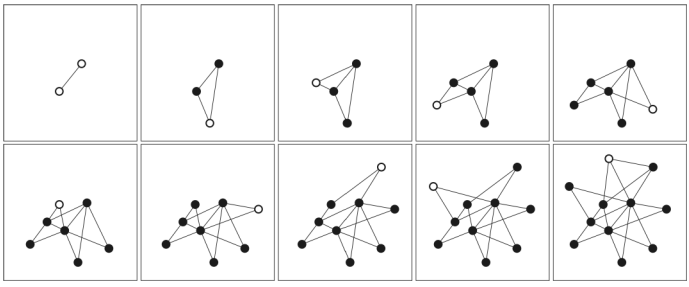
Miért alakítanak ki olyan különböző rendszerek, mint az internet fizikai hálózata vagy a WWW virtuális hálója hasonló skálafüggetlen hálózatokat? Mostanában vezettük vissza a hatványfüggvény fokszám eloszlásának kialakulását két általános mechanizmusra, amelyek hiányoznak a klasszikus gráfmodellekből, de jelen vannak számos komplex hálózatban (Barabási – Albert, 1999). A hagyományos gráfelméleti modellek feltételezték, hogy az egy hálózatban található csomópontok száma rögzített. Ezzel ellentétben a WWW folyamatosan terjeszkedik új weblapok hozzáadásával, az internet pedig növekszik új routerek és kommunikációs kapcsolatok bevezetésével. Továbbá, míg a véletlen gráfoknál feltételezik, hogy a

kapcsolatok véletlenszerűen oszlanak el, a legtöbb valódi hálózat preferenciális kapcsolódásról tesz bizonyságot: nagyobb a valószínűsége az olyan csomóponthoz való kapcsolódásnak, amelyiknek nagyszámú kapcsolata van. Valóban, nagyobb valószínűséggel kapcsoljuk weblapunkat a több kapcsolattal jellemezhető dokumentumokhoz a WWW-n, mivel ezek azok, amelyekről tudunk; a hálózati mérnökök hajlamosak az intézményüket olyan pontokon keresztül kapcsolni az internethez, ahol nagy a sávszélesség, amely szükségszerűen magában foglal nagyszámú egyéb fogyasztót vagy kapcsolatot. E két összetevőn alapulva létrehoztunk egy egyszerű modellt, amelyben minden időegységben egy új csomópont adódik a hálózathoz, a rendszerben jelen lévő csomópontok némelyikéhez kapcsolódva *(2. ábra)* (Barabási – Albert, 1999). Annak valószínűsége, Π *(k),* hogy egy új csomópont k linkkel kapcsolódik egy csomóponthoz, a preferenciális kapcsolódást követi,

$$\Pi(k) = \frac{k}{\sum_i k_i} \quad (2)$$

ahol az összeg minden csomóponton átmegy. A numerikus szimulációk azt mutatják, hogy az ebből eredő hálózat valóban skálafüggetlen, és annak valószínűsége, hogy a csomópontnak k kapcsolata van, (1)-ből $\gamma = 3$ kitevővel számítható (Barabasi et al., 1999). Ez az egyszerű modell illusztrálja, hogyan vezet a növekedés és a preferenciális kapcsolódás együttesen a középpont-hierarchia megjelenéséhez: egy kapcsolatokban gazdag csomópont gyorsabban fogja növelni a kapcsolatainak számát, mint a többi csomópont, mivel a bejövő csomópontok nagyobb valószínűséggel kapcsolódnak hozzá. Ez „a gazdag még gazdagabbá válik" jelenség, amely sok versenyrendszerben jelen van.

A hálózatokat hagyományosan statikus dologként szemlélték, a modellező szerepe megtalálni annak módját, hogy állandó számú csomópont között úgy helyezze el a kapcsolatokat, hogy az eredményként létrejövő hálózat hasonlóan nézzen ki, mint a hálózat, amelyet modellezni kívánunk. Ezzel ellentétben a skálafüggetlen modell a hálózatot dinamikus rendszernek tekinti, magában foglalva a tényt, hogy önállóan áll össze, és csomópontok, valamint kapcsolatok hozzáadása és eltávolítása által alakul ki



2 ábra • Egy skálafüggetlen hálózat születése. A skálafüggetlen topológia természetes következménye a valódi hálózatok mindig terjeszkedő természetének. Két összekapcsolt csomópontból kiindulva (fent balra) minden panelen egy új csomópont (üres körként jelölve) adódik hozzá a hálózathoz. Amikor döntenek, hova kapcsolódjanak, a csomópontok előnyben részesítik a több kapcsolatú csomópontokhoz való kötődést. A növekedésnek és a preferenciális kapcsolódásnak köszönhetően kialakul néhány nagyszámú kapcsolattal jellemezhető középpont (Barabási, 2003 után).

az időben. Az ilyen dinamikus megközelítés a fizikán alapuló modellezés hagyományát követi, amelynek célja megragadni a módot, ahogy a természet összeállította ezeket a hálózatokat. A várakozás e modellezési törekvések mögött az, hogy ha megragadjuk a kapcsolatok és csomópontok elhelyezését irányító mikroszkopikus folyamatokat, a strukturális elemek és a topológia ezekből következik. Ezenkívül a kialakuló hálózatok dinamikus rendszerekként való szemlélete lehetővé teszi számunkra, hogy analitikus módszerrel megjósoljuk számos tulajdonságukat.

Bose–Einstein-kondenzáció

A legtöbb komplex rendszerben a csomópontok különböznek a kapcsolatokért való versengés képességét tekintve. Néhány weblap például marketing és jó tartalom keveréke által rövid idő alatt nagyszámú linkre tesz szert, könnyedén felülmúlva kevésbé népszerű oldalakat, amelyek sokkal hosszabb ideje léteznek. Jó példa a Google keresőgép: viszonylag újonnan érkező, kiváló termékkel, kevesebb mint két év alatt a WWW egyik legtöbb kapcsolatát felmutató csomópontjává vált. Ez a kapcsolatok iránti versengés belefoglalható a skálafüggetlen modellbe, oly módon, hogy minden csomóponthoz egy fittséget rendelünk, amely annak képességét jellemzi a kapcsolatokért való versenyben más csomópontokkal szemben (Bianconi – Barabási, 2001a). Egy véletlenszerűen kiválasztott η_i fittség kijelölése minden i csomóponthoz a következőképpen módosítja a növekedési rátát (2) esetén

$$\Pi(k_i) = \frac{\eta_i k_i}{\Sigma_j \eta_j k_j} \qquad (3)$$

Az egyenlőtlen fittség által generált versengés multiskálázáshoz vezet: egy adott csomópont kapcsolatainak száma a következőképpen alakul: $k_i(t) \cong t^{\beta(\eta)}$, ahol $\beta(\eta)$ η-nel növekszik, lehetővé téve a nagy η-jú fittebb csomópontok számára, hogy egy későbbi időpontban csatlakozzanak a hálózathoz, és felülkerekedjenek a régebbi, de kevésbé fitt csomópontok felett.

A fittségi verseny modelljei szoros kapcsolatban vannak a Bose–Einstein-kondenzációval, amely jelenleg az egyik legtöbbet vizsgált probléma a nagy sűrűségű anyag fizikájában. Valóban, mostanában fedeztük fel (Bianconi – Barabasi, 2001b), hogy a fittség modell pontosan leképezhető egy Bose-gázba, ha minden csomópontot kicserélünk $\varepsilon_i = e^{\beta \eta_i}$ szintű energiával. E térképezés szerint az i csomóponthoz kötődő kapcsolatokat az e_i szintjén részecskékkel helyettesítjük, a Bose-gáz viselkedését pedig páratlan módon megszabja $g(\varepsilon)$ eloszlás, amelyből a fittség kiválasztódik. A $g(\varepsilon)$ működési formája várhatóan rendszerfüggő: egy hálózat esetén egy router vonzereje egy másik eloszlásból ered, mint a fogyasztókért versengő .com társaságok fittsége. A fittségi eloszlások széles osztályára kialakul a *gazdag még gazdagabbá válik* jelenség, amelyben, miközben a legfittebb csomópont több kapcsolatot szerez meg, mint kevésbé fitt megfelelői, nincs határozott győztes. A másik oldalon bizonyos fittségi eloszlások Bose–Einstein-kondenzációt eredményezhetnek, amelyek a hálózati nyelvben megegyeznek a *győztes mindent visz* jelenséggel: a legfittebb csomópont biztos nyertesként jelentkezik, kondenzációt alakítva ki azáltal, hogy megszerzi a kapcsolatok egy véges részletét, mely független a rendszer méretétől.

Az internet Achilles-sarka

Amint a világgazdaság növekvő mértékben válik függővé az internettől, egy gyakran kimondott aggodalom támad: fenn tudjuke tartani funkcionális voltát elkerülhetetlen hibák vagy gyakori hackertámadások közepette? A jó hír az, hogy mostanáig az internet meglehetősen rugalmasnak bizonyult a hibákkal szemben: miközben minden

pillanatban a routerek mintegy 3 %-a nem működik, alig érzékelünk jelentősebb töréseket. A kérdés az, honnan származik ez a robusztusság? Jelentős hibatűrés van beépítve a csomagkapcsolást irányító protokollokba, de újabban megtudtuk, hogy a skálafüggetlen topológia szintén döntő szerepet játszik. A hibatűrés hálózati komponensének megismerésében segítséget kapunk a perkolációtól, a fizika egy sokat tanulmányozott területétől. A perkolációelmélet elárulja, hogy csomópontok véletlenszerű eltávolítása egy hálózatból inverz perkolációátmenetet fog eredményezni: f_c-nek mint a csomópontok kritikus részletének eltávolításával a hálózatnak egymással nem kommunikáló csomópontok apró szigeteire kellene hullania. Meglepetésünkre a skálafüggetlen hálózatokon végzett szimulációk nem támogatták ezt az elképzelést (Albert et al., 2000): eltávolíthattuk a csomópontok akár 80 %-át, a megmaradó csomópontok még mindig szorosan kapcsolódó fürtöt alkottak. A rejtélyt Shlomo Havlin fedte fel munkatársaival a Bar-Ilan Egyetemen, kimutatva, hogy amíg γ kapcsolódási exponense kisebb, mint 3 (ami igaz a legtöbb valódi hálózatra, beleértve az internetet), a törés kritikus küszöbe $f_c=1$ (Cohen et al., 2000, 2001). Ez bámulatos bemutatása annak, hogy a skálafüggetlen hálózatok nem tördelhetők darabokra a csomópontok véletlen eltávolításával. Ez a hibákkal szembeni extrém robusztusság az inhomogén hálózati topológiában gyökerezik: mivel sokkal több kis csomópont létezik, mint középpont, a véletlenszerű eltávolítás nagy valószínűséggel ezeket érinti majd. Azonban egy kis csomópont eltávolítása nem vált ki jelentősebb törést a hálózati topológiában, amint egy kis helyi repülőtér bezárásának is csekély befolyása van a nemzetközi légiforgalomra, ami megvilágítja a hálózat véletlen hibákkal szembeni robusztusságát. A rossz hír az, hogy az inhomogén topológiának hátulütői is vannak: a skálafüggetlen hálózatok meglehetősen sebezhetőek a támadásokkal szemben (Albert et al., 2000). Valóban, a legtöbb kapcsolattal bíró csomópontok egy apró törése darabokra törné a hálózatot. Ezek a felismerések felfedték a skálafüggetlen hálózatok alapvető topológiai sebezhetőségét: míg az internet várhatóan nem törik meg a routerek és vonalak véletlen hibái miatt, jól informált hackerek könnyedén alakíthatnak ki olyan szcenáriót, amely árthat a hálózatoknak.

Skálafüggetlen járványok

A skálafüggetlen hálózatokkal kapcsolatos ismeretek a számítógépes vírusok, betegségek és szeszélyek megértéséhez is tartalmaznak feltevéseket. A járványkutatók és marketingszakemberek által évtizedek óta behatóan tanulmányozott diffúziós elméletek kritikus küszöböt jósolnak valaminek a populáción keresztüli elterjedésére. Minden vírus, ami kevésbé virulens, mint a jól meghatározott küszöb, elkerülhetetlenül kihal, míg a küszöb felettiek exponenciálisan megsokszorozódnak, végső fokon áthatva az egész rendszert.

Újabban azonban Romualdo Pastor-Satorras, a barcelonai Unversidad Politècnica de Catalunya és Allessandro Vespignani, a bloomingtoni Indiana Egyetem munkatársa meglepő következtetésre jutottak (Pastor-Satorras – Vespignani, 2001). Azt találták, hogy egy skálafüggetlen hálózatban a küszöb zéró. Vagyis minden vírus, még azok is, amelyek csak gyengén fertőzőek, el fognak terjedni, és fenn fognak maradni a rendszerben. Ez magyarázza, hogy a Love Bug, mostanáig a legkárosabb vírus, amelyik 2000-ben megtámadta a brit parlamentet, csupán a hetedik leggyakoribb vírus volt még egy évvel a bevezetése és feltételezett megsemmisítése után is. A meglepő viselkedés kulcsai a középpontok (hub). Mivel a középpontokból nagyszámú kapcsolat indul ki, legalább egy közülük hajlamos lesz megfertőződni

bármely fertőzött csomópont által. Ha pedig egy középpont egyszer megfertőződik, szét fogja sugározni a vírust számos más oldalra, végső soron veszélyeztetve más középpontokat, amelyek aztán segítenek elterjeszteni a vírust az egész rendszerben.

Mivel a biológiai vírusok társadalmi hálózatokban terjednek, amelyek sok esetben skálafüggetleneknek bizonyulnak, ez az eredmény azt sugallja, hogy a tudósoknak egy második pillantást kellene vetniük a hálózati topológia és a járványok kölcsönhatásáról írt kutatási anyagokra. Különösen egy skálafüggetlen kapcsolathálózatban, a véletlen immunizálás hagyományos közegészségügyi megközelítése könnyedén eredménytelen maradhat, mivel valószínűleg figyelmen kívül hagy a középpontok közül néhányat. A skálafüggetlen hálózatokkal kapcsolatos kutatások egy alternatív megközelítést javasolnak: a középpontokat vagy a legtöbb kapcsolattal rendelkező egyéneket megcélozva, az immunizálásnak a populáció csupán egy kis töredékét kell elérnie (Dezső – Barabasi, 2002; Pastor-Satorras – Vespignani, 2002; Cohen et al., 2003). A középpontok meghatározása egy társadalmi hálózatban azonban sokkal nehezebb, mint más rendszertípusok, például az internet esetében. Mindazonáltal Reuven Cohen és Shlomo Havlin az izraeli Bar-Ilan Egyetemről a New York-i Clarkson Egyetemen dolgozó Daniel ben-Avrahammal együtt nemrégiben okos megoldást javasoltak (Cohen et al., 2003): tedd védetté véletlenszerűen kiválasztott egyének véletlen ismerőseinek egy kis részét – ez egy olyan eljárás, amely nagy valószínűséggel választja ki a középpontokat, mivel ők sok emberrel állnak ismeretségben. Ez a megközelítés azonban fontos etikai dilemmákat vet fel. Például, még ha meg is lehetne határozni a középpontokat, elsőbbséget kellene-e kapniuk az immunizációnál és a kezelésnél?

Számos üzleti kontextusban az emberek járványokat akarnak indítani, nem pedig megállítani. Sok vírus jellegű marketingkampány például kifejezetten megpróbál középpontokat megcélozni, hogy a lehető leggyorsabban elterjesszen egy terméket. Természetesen ez a stratégia nem új. A Pfizer gyógyszerészeti óriás által támogatott tanulmány egészen az 1950-es évekig visszamenően feltárta azt a fontos szerepet, amelyet a középpontok játszanak abban, hogy orvosok egy adott közössége milyen gyorsan vesz át egy új gyógyszert. Valóban, a marketingszakemberek egy ideje ösztönösen tudják, hogy bizonyos fogyasztók sokkal hatékonyabbak az új termékekkel kapcsolatos promóciós hírek terjesztésében. A skálafüggetlen hálózatokkal kapcsolatban újabban végzett munka azonban biztosítja a tudományos vázat és a matematikai eszközöket a jelenség precízebb vizsgálatához.

Perspektíva

Habár a skálafüggetlen hálózatok meglepően elterjedtek, léteznek kiemelkedő kivételek. Például a közúti hálózat és az elektromos hálózat az Egyesült Államokban nem skálafüggetlen. Más hálózatok esetén az adatok nem meggyőzőek. A kisszámú, megbízhatóan feltérképezett táplálékláncok, amely elárulja, hogyan élnek egymásból a fajok, nem tette lehetővé a tudósok számára, hogy világos következtetésre jussanak a hálózat típusát illetően. Az agy nagy léptékű kapcsolati térképének hiánya nem engedi meg, hogy megállapítsuk e kritikus hálózat természetét. Az anyagtudományban látható legtöbb hálózat, például a kristályrács, amely leírja a szilárd anyagokban lévő atomok közti kölcsönhatásokat, szintén nem skálafüggetlen, de minden atomnak azonos számú kapcsolata van más atomok felé, ami meglehetősen szabályos hálózati topológiához vezet.

Talán még fontosabbak az egyéb paraméterek, amelyek meghatározzák egy hálózat szerkezetét. Az egyik ilyen tulajdonság

a hálózat átmérője vagy pályahossza: a legnagyobb számú ugrás, amely szükséges ahhoz, hogy bármely csomóponttól eljussunk bármely más csomóponthoz a lehető legrövidebb utat követve. A kis átmérőjű hálózatokat „kisvilág"-nak nevezik, és jelenleg sok kutatás vizsgálja ezt és más kapcsolódó jelenségeket, például a csomópontok csoportosulását és hierarchiáját.

Végezetül, megérteni egy hálózat szerkezetét csak a történet egy része. Például minden újabb kapcsolatnak egy csomóponthoz való adásakor megjelenhetnek túlzott károk, amelyek megakadályozhatnák, hogy bizonyos hálózatok, pl. az USA közúti rendszere, skálafüggetlené váljanak. A táplálékláncban néhány zsákmányt könnyebb megfogni, mint másokat, és ez a tény mélyreható befolyással bír az egész hálózatra. A társadalmi hálózatoknál a családtagokhoz fűződő kapcsolatok erősségüket tekintve sokban különböznek az ismerősökkel való kapcsolatoktól. Szállítási, transzmissziós és az internethez hasonló kommunikációs rendszerek esetén a specifikus kapcsolatok mentén jelentkező forgalmi torlódások jelentős tényezők.

Lényegében eleinte úgy tanulmányoztuk a komplex hálózatokat, hogy ez egyedi kapcsolataik és csomópontjaik részleteit figyelmen kívül hagytuk. Eltávolodva ezektől a sajátságoktól jobban meg tudtunk figyelni néhány szervező elvet a látszólag érthetetlen rendszerek mögött. Legvégül, az ebből a kísérletből származó tudás számos alapvető feltevés újragondolásához vezetett. A múltban például a kutatók véletlen hálózatként modellezték volna az internetet, hogy teszteljék, egy új forgalmi protokoll hogyan befolyásolná a rendszertorlódást. Azonban, amint most már tudjuk, az internet olyan viselkedésű skálafüggetlen rendszer, amely drámaian különbözik a véletlen hálózatokétól. Következésképpen a kutatók újraépítették a számítógépmodelleket, amelyeket az internet szimulálására használtak. Hasonlóképpen, a skálafüggetlen hálózatok tulajdonságainak ismerete felbecsülhetetlen lesz számos más területen, különösen ahogy túlhaladunk a hálózati topológiákon, hogy megvizsgáljuk az ezekben a komplex rendszerekben megtalálható bonyolult és gyakran nehezen megfogható dinamikát.

Az itt tárgyalt előnyök csupán a jéghegy csúcsát jelentik. A hálózatok az összetettség architektúráját ábrázolják. Azonban ahhoz, hogy teljesen megértsük a komplex rendszereket, e szerkezet mögé kell mennünk, és fel kell fednünk az alapvető dinamikus folyamatokat irányító törvényeket, például az internetes forgalomban vagy a sejt reakciókinetikájában. A legfontosabb, hogy meg kell értenünk, hogy a komplexitás, szerkezet és dinamika e két rétege hogyan alakul ki együtt. Ezek mind hatalmas kihívások a fizikusok, biológusok és matematikusok számára, új korszakot vezetve be, amelyet Stephen Hawking nemrég a „komplexitás századának" nevezett.

Kulcsszavak: *skálafüggetlenség, világháló, Bose–Einstein-eloszlás*

Angolból fordította: Arany Zsuzsanna

IRODALOM

Adamic, L. A. – Huberman, B. A. (1999): Growth Dynamics of the World Wide Web. Nature. **401**, 131.

Albert Réka – Jeong, H. – Barabási A.-L. (2000): The Internet's Achilles' Heel: Error – Attack Tolerance in Complex Networks. Nature. **406**, 378.

Albert Réka – Barabási A.-L. (2002): Statistical Mechanics of Complex Networks, Review of Modern Physics. **74**, 47–97.

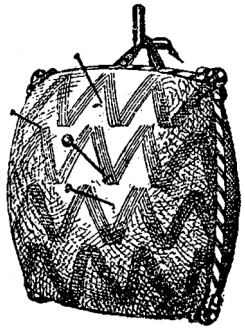
Albert Réka – Jeong, H. – Barabási A.-L. (1999): Diameter of the World Wide Web. Nature. **401**, 130–131.

Barabasi Albert-László (2001): The Physics of the Web. Physics World. 33–38.

Barabasi Albert-László (2003): *Linked: The New Science of Networks*. Plume Books, MA

Barabási Albert-László – Albert Réka (1999): Emergence of Scaling in Random Networks, Science.

286, 509–512.
Barabási Albert-László – Oltvai Zoltán N. (2004): Network Biology: Understanding the Cells's Functional Organization. Nature Reviews Genetics. **5**, 101–113.
Barabasi Albert-László – Albert R. – Jeong, H. (1999): Physica A. **272**, 173
Bianconi, Ginestra – Barabási A.L. (2001a): Europhysics Letters. **54**, 436
Bianconi, Ginestra – Barabási A.L. (2001b): Physical Review Letters. **86**, 5632
Bollobás Béla (1985): *Random Graphs*. Academic, London
Broder, Andrei – Kumar, R. – Maghoul, F. – Raghavan, P. – Rajalopagan, S. – Stata, R. – Tomkins, A. – Weiner, J. (2000): Graph Structure in the Web. Computer Networks. **33**, 1–6, 309–320.
Cohen, Reuven – Reez, K. – Ben-Avraham, D. – Havlin, S. (2000): Resilience of the Internet to Random Breakdowns. Physical Review Letters. **85**, 4626.
Cohen, Reuven – Reez K. – Ben-Avraham D. – Havlin S. (2001): Physical Review Letters. **86**, 3682.
Cohen, Reuven – Havlin S. – ben-Avraham D. (2003): Efficient Immunization Strategies for Computer Networks – Populations. Physical Review Letters. **91**, 247901
Dezső Zoltán – Barabási Albert-László (2002): Can We Stop the AIDS Epidemic? Physical Review E. **65**, 055103(R)
Erdős Pál – Rényi Alfréd (1959): Publicationes Mathematicae Debrecen. **6**, 290.
Erdős Pál – Rényi Alfréd (1960): Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences. **5**, 17.
Faloutsos, Michalis – Faloutsos P. – Faloutsos C. (1999): On Power-law Relationships of the Internet Topology. ACM SIGCOMM 99. Computer Communication Review. **29**, 251
Granovetter, Mark S. (1973): American Journal of Sociology. **78**, 1360.
Guare, John (1990): *Six Degrees of Separation*. Vintage Books; NY
Lawrence, Steve – Giles, C. Lee (1998): Science. **280**, 98
Lawrence, Steve – Giles, C. Lee (1999): Accessibility of Information on the Web. Nature. **400**, 107
Milgram, Stanley (1967): Psychology Today. **1**, 60.
Pastor-Satorras, Romualdo – Vespignani, Allessandro (2001): Physical Review Letters. **86**, 3200
Pastor-Satorras, Romualdo – Vespignani, Allessandro (2002): Immunization of Complex Networks. Physical Review E. **65**, 036104
Pastor-Satorras, Romualdo – Vespignani, Allessandro (2004): *Evolution – Structure of the Internet: A Statistical Physics Approach*, Cambridge University Press
Yook, Soon-Hyung – Jeong, H. – Barabási A.-L. (2002): Modeling the Internet's Large-Scale Topology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA **99**, 13382.



AZ ÖREGEDÉSRŐL – A HÁLÓZATOK SZEMSZÖGÉBŐL

Csermely Péter
az MTA doktora, Semmelweis Egyetem
Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai
és Pathobiokémiai Intézet
csermely@puskin.sote.hu

Sőti Csaba
PhD, Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani,
Vegytani, Molekuláris Biológiai
és Pathobiokémiai Intézet
csaba@puskin.sote.hu

A biológiának kevés olyan komplex jelensége van, mint az öregedés. Annak ellenére, hogy az utóbbi években egyre több „öregedésgént" sikerült megtalálni, az öregedés molekuláris magyarázatára szolgáló elméletek szinte mindegyike rendszerszemléletet alkalmaz, és a hálózatos megközelítéssel jól összhangba hozható. Cikkünkben e gondolatmenetet követve foglaljuk össze az öregedő hálózatok, öregedő sejtek és szervezetek legfontosabb sajátosságait. Az öregedésre jellemző véletlen hibák a hálózatok gyenge kölcsönhatásainak károsításával és moduljaik szétkapcsolásával hozzájárulnak az öregedő rendszerek növekedő instabilitásához, dezintegrálódásához és zajához. A csökkenő energiaforrások miatt az öregedő rendszer a legfontosabb funkciókra korlátozza magát. Mindezen folyamatokat a fiatal rendszerekben észrevétlen maradó, de a megnövekedett zaj miatt az öreg rendszer ingerküszöbén „átcsúszó" jelekre adott válaszok egy hálózati szinttel feljebb is hangsúlyossá teszik. A jelenleg egyre jobban elterjedő multi-target gyógyszerek és gyógyszerkombinációk hatékonyan segíthetik az öregedő szervezetet e káros hatások kivédésében.

Sejtes hálózatok

A sejtben kétfajta hálózatot szoktunk megkülönböztetni. A felépítés szempontjából beszélhetünk fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatról, továbbá a sejt szerkezetét fenntartó és a sejtet mozgató citoszkeleton hálózatáról és a sejtszervecskék (például mitokondriumok) membránokkal összekötött hálózatáról. Ezek mind fizikai struktúrákat jelölnek. A fehérje–fehérje kölcsönhatási hálózatok két fehérje fizikai kölcsönhatásának soksok sejten értelmezett valószínűségét adják meg. Ezzel szemben a citoszkeleton és a sejtszervecskék hálózatai konkrét kölcsönhatásokat jelölnek, amelyek létrejöttéhez számos fehérje-fehérje kölcsönhatás is szükséges. Funkcionálisan beszélhetünk a sejtbeli metabolikus hálózatokról, jelátviteli hálózatokról és génexpressziós hálózatokról, amelyekben a kölcsönhatások sok esetben nem direkt, fizikai kölcsönhatások, és így e hálózatok gráfokként interpretálhatóak. A metabolikus hálózatokban a hálózat elemei a sejt kisméretű kémiai molekulái (például szőlőcukor, adenin stb.) és a kölcsönhatások a molekulákat egymásba alakító reakciók, amelyeket enzimek katalizálnak. A sejt jelátviteli mechanizmusai is hálózatot alkotnak, amely átfed a gének kifejeződését szabályozó gén-expressziós hálózattal (Sőti et al., 2005).

A hálózatok egyik legfontosabb feladata a rendszer alkotóelemei közötti kommunikáció biztosítása. Az élő rendszerek mindegyike nyitott, így hálózataik határait bizonyos ér-

telemben mesterségesen jelöljük ki, hiszen azok a „környezettel" is kapcsolatban állnak. A hálózaton belüli kommunikációnak három fontos feladata van.

(1) A hálózatot kívülről érő vagy a benne keletkező zavar, zaj hatékony „eltüntetése", disszipációja. Ezt a hálózatok moduláris felépítése és a skálafüggetlen fokszámeloszlásából adódó csomópontjai segítik.

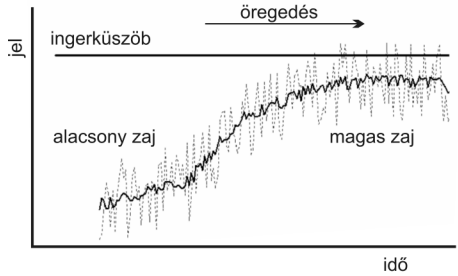
(2) A hálózatot érő jelek hatékony továbbítása. Ezt a hálózatok távoli pontjait összekötő, többnyire gyenge kapcsolatai segítik, amelyek a hálózatokat kisvilággá teszik.

(3) A zajok és jelek megkülönböztetése. Ez a hálózat „tanulóképességét" igényli, amellyel a közel azonos formában visszatérő, nagyobb intenzitású zajokra szerkezetének megfelelő átalakításával speciális választ fejleszt ki (Csermely, 2006). A hálózatok tanulóképességéhez (bizonyos nagyvonalúsággal: evolúcióképességéhez, evolvabilitásához) szükséges topológiai sajátosságok még nem kellőképpen ismertek. Az öregedő hálózatokban mindhárom fenti funkció sérül, illetve részben összekeveredik. Ennek eddig ismert mechanizmusait, illetve a védekezés eddig megismert módjait foglaljuk össze a továbbiakban.

Az öregedés hálózatos okai

Az öregedő sejtek és szervezetek zaja folyamatosan nő. E rendszerekben a zaj olyan kismértékű és véletlenszerű változásokat jelöl, amelyek nem a rendszerek szokásos, begyakorolt és a legtöbb esetben igen nagy erősítéssel járó válaszai, hanem akár a sejtek egyik vagy másik folyamatából származó belső zajok, akár pedig azok a kismértékű külső változások, amelyekre az érkező jelekkel ellentétben a sejtnek nincs begyakorolt válasza, és amelyeket az öregedő sejt nem tud gyorsan és hatékonyan eltüntetni, disszipálni. Az öregedő sejt zajának növekedésével párhuzamosan a rendszerek integritása és komplexitása csökkenésnek indul. Ráadásul e két folyamat kölcsönösen erősíti egymást. A megnövekedett zaj olyan alacsony jeleket is átmenetileg az ingerküszöb fölé emel, amelyek egy fiatal szervezet alacsony zaja mellett soha nem kerülnének az ingerküszöb fölé, s így észrevétlenek maradnának. E folyamatot véletlenszerű ingerküszöb-átlépésnek nevezhetjük (ez a kifejezés az angolszász irodalomban használt *stochastic resonance* átírása oly módon, hogy a magyar változat ne tartalmazza a fizikusoknál más fogalomkörre használt rezonancia szót; *1. ábra*). A jelenség az öregedő szervezet fokozódó mértékben véletlenszerű válaszainak egyik oka lehet (Sőti – Csermely, 2006).

Az öregedés egyik legfontosabb oka a rendszer véletlenszerű kopása, amelyet a sejtekben legnagyobbrészt a szabad gyökök károsító hatása okoz. Ennek egyik érdekes következménye, hogy a földön élő emlősállatok átlagosan hárommilliárd szívdobbanás után meghalnak, függetlenül attól, hogy



1. ábra • Az öregedő hálózatok egyre fokozódó véletlenszerű viselkedésének egyik lehetséges oka: a véletlenszerű ingerküszöb-átlépés. Az öregedő hálózatok megnövekedett zaja olyan jeleket is az ingerküszöb fölé emel, amelyek egy fiatal hálózat mérsékelt zaja esetén észrevétlenek maradnának. Mivel a zaj a különböző pillanatokban és a különböző sejtekben, szervezetekben más és más, az esély, hogy a rendszer véletlenszerű ingerküszöb-átlépéssel válaszol a hatásokra, elég kiszámíthatatlan, ami fokozza az öregedő hálózatok válaszainak esetlegességét.

patkányok-e, amik esetén ez négy év alatt következik be, vagy emberek, akiknél ehhez mintegy száz-százhúsz év szükséges. Ennek a hátterében az áll, hogy a patkány mitokondriumai időegység alatt negyvenszer annyi szabad gyököt produkálnak, mint az emberi mitokondriumok. Érdemes itt arra is utalni, hogy az öregedés visszafogásának eddigi egyetlen általános lehetősége a kalóriamegvonás. Ebből következően, aki kevesebb esélyt ad a mitokondriumainak a szabad gyök produkálására a túlzott kalóriabevitel elkerülésével, az akár tíz évvel is meghosszabbíthatja a várható élettartamát (Csermely, 2005).

Az öregedő hálózatok, azaz cikkünk szempontjából azok a hálózatok, amelyekben folyamatosan számottevő mennyiségű véletlen hiba generálódik, fokozatosan elveszítik a globális jeltovábbítás képességét (Chan et al., 2004). A hálózatok „távoli", globális kapcsolatai általában gyengék. E gyenge kapcsolatok mértéke az öregedő hálózatokban legalább három ok miatt csökken:

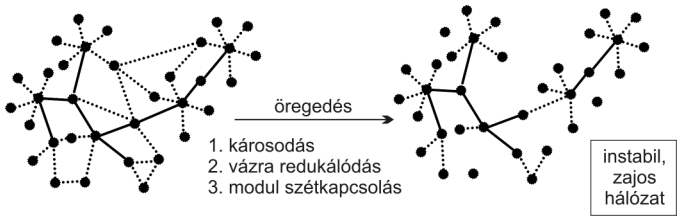
(1) A hálózatok véletlenszerű károsodása elsősorban a nagy többségben jelen lévő gyenge kapcsolataikat szünteti meg.

(2) A gyenge kapcsolatok számát az is csökkenti, hogy az öregedő sejt energiatermelése sérül, s a csökkenő mértékű energiát a hálózat a legfontosabb, erős kapcsolatainak fenntartására használja, akár korábbi elrendezésének teljes átalakításával, ún. topológiai fázisátmenettel. Ezen átalakulás során az öregedő hálózat a működését egyre inkább a hálózat vázára (szkeletonjára) vonja vissza.

(3) A sejt fehérjéi közötti gyenge kapcsolatok azáltal is sérülnek, hogy a sejtben felgyűlnek a kijavíthatatlanul sérült fehérjék, amelyek aggregálni kezdenek. Ezek az aggregátumok magukhoz vonzzák a gyenge kapcsolatokban lévő sejtes fehérjék egy részét is *(2. ábra)*.

A gyenge kapcsolatoknak a fenti három ok miatt bekövetkező relatív hiánya az öregedő hálózatban hozzájárul a hálózat fokozott zajához, integritásának és komplexitásának csökkenéséhez (Csermely, 2005, 2006; Derényi et al., 2004; Promislow, 2004; Sőti – Csermely, 2006).

A fenti értelemben vett „öregedő hálózatok" csoportstruktúrája, moduláris szerkezete is fokozatosan dezintegrálódni kezd. Ez egyrészt a modulokat összekötő gyenge kapcsolatok sérülésére vezethető vissza, de a sejtekben szerepet játszik a bennük lévő modulokat (például fehérjekomplexeket vagy mitokondriumokat) összekötő, dajkafehérjék által biztosított kapcsolatok speciális sérülékenysége is. E sérülékenység a dajkafehérjék integráló hatásaival függ össze, és arra vezethető vissza, hogy a károsodott fehérjéknek az öregedő sejtet elöntő tömege kompetitíven kiszorítja a dajkafehérjékkel



2. ábra • Az öregedő hálózatok átrendeződései. Az öregedő hálózatokat érő folyamatos, véletlenszerű károsodás, a hálózat erőforrásainak a csökkenése és védelmi mechanizmusainak beindulása szétkapcsolja a hálózat moduljait, lecsökkenti a gyenge kapcsolatait és a hálózatot egyre jobban az erős kölcsönhatásaiból felépülő vázára redukálja. Ez a hálózat stabilitásának csökkenéséhez és zajának növekedéséhez vezet.

alkotott komplexekből az eredetileg ott lévő és a sejt moduljainak összekapcsolását biztosító fehérjepartnereket. Ez a jelenség azonban már átvezet az öregedő hálózatok védelmi mechanizmusaihoz, hiszen a modulok szétkapcsolása megakadályozza a károsodás átterjedését az egyik modulról a másikra (Sőti – Csermely, 2006).

Öregedő hálózatok javításának módjai

A csomópontok kiemelkedő szerepét már régebben feltárták az öregedő hálózatok működőképességének fenntartásában (és – valószínűleg – a hálózat zajának csökkentésében). Az öregedő hálózatokban túlterhelődő csomópontok alternatív útvonalakkal tehermentesíthetők. A csomópontok tehermentesítésében – paradox módon – a hálózat karcsúsítása is segíthet, azaz akkor, amikor az öregedő sejt az előzőekben leírt módon a legfontosabb útvonalaira korlátozza magát, nemcsak energiát spórol, hanem a csomópontjait is védi a túlterhelés ellen (Promislow, 2004; Ferrarini et al., 2005; Motter, 2004).

A hálózatok gyenge kapcsolatait olyan beavatkozások is erősíthetik, amelyek több helyen hatnak, és az egyes elemek működését csak részben befolyásolják. Az ilyen multi-target gyógymódra alkalmas gyógyszerek vagy gyógyszer-kombinációk kifejlesztése jelenleg egyre nagyobb teret kap. E gyógyszerek az adott betegségre gyakorolt hatásuk, kisebb dózisukból fakadó kisebb toxicitásuk, mellékhatásaik és rezisztenciát okozó hatásaik mellett a beteg szervezet sejtjeit valószínűleg még stabilizálhatják is, és ilyen módon is hozzájárulhatnak az egészséges, zajmentesebb állapot visszaállításához. Ezek a gyógymódok a különböző kemoterapeutikumok kombinációja révén egyre nagyobb teret kapnak a rák gyógyításában, de használatosak a baktériumok rezisztenciájának leküzdésében vagy az AIDS gyógyításában is. Az egyszerre több támadásponton, de kis affinitással, gyenge kölcsönhatással ható, multi-target gyógyszerek igen nagy szerepet kaptak a pszichés megbetegedések, illetve a cukorbetegség gyógyításában (Csermely et al., 2005).

Kulcsszavak: *gyógyszerkombinációk, hálózatok, hálózati modulok, ingerküszöb, öregedés*

IRODALOM

Chan, K. P. – Zheng, D. – Hui, P. M. (2004): Effects of Aging and Links Removal on Epidemic Dynamics in Scale-Free Networks. International Journal of Modern Physics **B 18**, 2534–2539.

Csermely Péter (2005): *A rejtett hálózatok ereje*. Vince, Budapest

Csermely Péter (2006): *Weak Links: Stabilizers of Complex Systems from Proteins to Social Networks*. Springer Verlag, Heidelberg

Csermely Péter – Ágoston V. – Pongor S. (2005): The Efficiency of Multi-Target Drugs: The Network Approach Might Help Drug Design. Trends In Pharmacological Sciences. **26**, 178–182.

Derenyi Imre – Farkas I. – Palla G. – Vicsek T. (2004): Topological Phase Transitions of Random Networks. Physica A**. 334**, 583–590.

Ferrarini, Luca – Bertelli, L. – Feala, J. – McCulloch, A. D. – Paternostro, G. (2005): A More Efficient Search Strategy for Aging Genes Based on Connectivity. Bioinformatics. **21**, 338–348.

Motter, A. E. (2004): Cascade Control and Defense in Complex Networks. Physical Review Letters. **93**, 098701.

Promislow, Daniel E. (2004): Protein Networks, Pleiotropy and the Evolution of Senescence. Proceedings. Biological sciences. **271**, 1225–1234.

Sőti Csaba – Csermely Péter (2006): Aging Cellular Networks: Chaperones As Major Participants. Experimental Gerontology. **41**, In Press (www.Arxiv.Org/Q-Bio.MN/0605030).

Sőti Cs. – Pál Cs. – Papp B. – Csermely P. (2005): Cha-perones As Regulatory Elements of Cellular Networks. Current Opinion in Cell Biology. **17**, 210–215.

SÚLYOZOTT HÁLÓZATOK: A TŐZSDÉTŐL A MOBILTELEFÓNIÁIG

Kertész János
az MTA levelező tagja
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizikai Intézete
kertesz@phy.bme.hu

Bevezetés

A komplex rendszerek sok kölcsönható egységből állnak, de a teljes rendszer viselkedése nem érthető meg csupán a kölcsönhatások egyre alaposabb feltérképezéséből: az egész több részeinek összegénél. A hálózati megközelítés ezért abból a leegyszerűsítő feltételezésből indul ki, hogy érdemes az egész rendszer vázával – a hálózattal – megismerkedni, a szerkezet és a funkcionalitás összefüggéseit elemezni ahelyett, hogy egyre mélyítenénk a kölcsönhatásokra vonatkozó ismereteket. Ez az elképzelés alapvető felismeréseket eredményezett az elmúlt években – ugyanakkor az is világos, hogy a valódi megértéshez a holisztikus megközelítést ötvözni kell a kölcsönhatásokra összpontosító redukcionizmussal.

Egy súlyozatlan hálózat (gráf) csúcsokból és élekből áll, és az élek binárisak: ha van kölcsönhatás két elem (illetve az őket jelképező csúcsok) között, akkor az él létezik, különben nem. A kölcsönhatások azonban egészen különböző erősségűek lehetnek, és hatásuk a működésre nagyon eltérő lehet. Látni fogjuk, hogy éppen a rendszerek komplexitása következtében nem lehet abból kiindulni, hogy a gyenge kölcsönhatások elhanyagolhatóak. Ha a valamilyen skálán jellemzett kölcsönhatások erősségét súlyként rendeljük a kölcsönhatásokat jelképező élekhez – súlyozott hálózatot hozunk létre.

Azon hálózatokban, amelyeken forgalom játszódik le (közlekedés, internet, telefonhálózat), természetes súlyként adódik az időegységre vetített forgalom. A hálózatokat gyakran valamilyen komplex rendszer alkotóelemein lejátszódó folyamatok kovarianciájának segítségével nyerjük – ilyenkor nyilván a kovariancia mértéke azonosítható az élhez tartozó súllyal. Szociális hálózatokban sokszor a kapcsolatok intenzitását tekintik a súlyok alapjának. Korreláció lehet negatív, egy kapcsolat jellemezhető ellenszenvként – látszik tehát, hogy esetenként a súlyok lehetnek negatívak is.

A súlyozott hálózatok jellemzéséhez célszerű általánosítani a súlyozatlan hálózatokra bevezetett mennyiségeket. Ilyenek a csomósodási együttható (clustering coefficient), vagy a motívumok statisztikája. A csomósodási együttható egy csúcson azt méri, hogy figyelembe véve a szomszédok adott számát, az elvileg lehetséges háromszögek hányad része valósul meg a hálózatban. Ez a szám, amely 0 és 1 között változhat, azt mutatja, hogy mennyire hajlamosak a „barátok egymással barátkozni". A motívumstatisztika egy (véletlen) referenciamodellhez viszonyítva jelzi, hogy egy adott topológiájú részgráf szignifikánsan gyakori-e a vizsgált hálózatban. Ha igen, akkor feltehető, hogy a részgráfnak fontos szerepe van a működésben.

Ezek a fogalmak viszonylag egyszerűen általánosíthatók súlyozott hálózatokra, kü-

lönösen pozitív súlyok esetén. Bevezethető a részgráfok intenzitása (a súlyok mértani közepe) és koherenciája (súlyok mértani és számtani közepeinek hányadosa), és ezek segítségével definiálható a súlyozott motívumstatisztika és a súlyozott csomósodási együttható. Ezek a fogalmak érdekes betekintést adnak a súlyozott hálózatok szerkezetébe: például kiderült, hogy a súlyok figyelembe vételével a motívumstatisztika gyökeresen megváltozhat, és a korábban a működés szempontjából relevánsnak tartott részgráfok elveszíthetik a jelentőségüket, míg mások fontossága ugrásszerűen megnőhet (Onnela et al., 2005).

A továbbiakban a technikai részletek messzemenő mellőzésével két területen elért eredményeket foglalunk össze.

Tőzsdei korrelációk hálózata

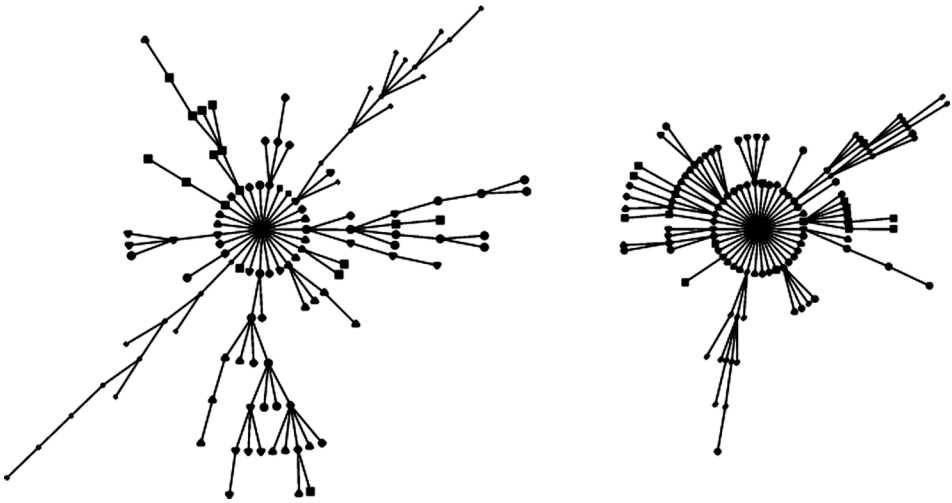
A tőzsdéken ma már minden tranzakciót feljegyeznek, és a likvid részvényekre néhány másodpercenként van kötés. Ennek megfelelően hihetetlen mennyiségű adat gyűlik össze, és joggal lehet remélni, hogy ezek tanulmányozása segíti a pénzügyi folyamatok megértését. Ugyanakkor nemcsak a kíváncsiság kielégítéséről van itt szó, hiszen olyan kérdések megválaszolásánál, hogy milyen az optimális portfólió, amely adott várható hozam mellett minimalizálja a kockázatot, az ún. történeti (vagyis a feljegyzett) adatokra kell támaszkodni.

Éppen a portfólió optimalizálása miatt kulcsfontosságú, hogy összehasonlítsuk a különböző részvények árfolyamainak mozgását. Nem érdemes olyan részvényeket a portfólióba választani, amelyek árfolyamai nagyon együtt mozognak, mert ezek nem csökkentik a kockázatot: ha az egyik ára zuhan, a másiké is fog. Az „együtt mozgás" mértékét a kovariancia együttható méri. Ha N részvényünk van, akkor a kovariancia együtthatókból előáll az N×N-es kovariancia mátrix. Általános tapasztalat, hogy mivel a mérések véges idejűek és a folyamatokban időnként trendek érvényesülnek, a kovariancia mátrix elemei nem egyforma súlyú információt hordoznak, jelentős a zavaró zaj.

Az információtartalom mértékét sok módszerrel vizsgálták, és kiderült, hogy a hálózatelméleti megközelítés érdekes eredményekre vezet. A kovariancia mátrix egy teljes súlyozott gráfként ábrázolható: a csúcsokat a részvények alkotják, minden élt két különböző csúcs között behúzunk, és a rajtuk megjelenő súlyok éppen a kovariancia mátrix megfelelő elemei. Az első célunk az, hogy meghatározzuk az egymáshoz hasonló elemek csoportjait. Ez általános probléma, amely a biokémiai kísérletsorozatok kiértékelésétől a számítógépes képfelismerésig számos helyen jelentkezik: hogyan lehet egy N elemű halmazban hasonlósági csoportokat definiálni, ha páronként ismerjük az elemek közötti hasonlóságot.

A tőzsdei adatok esetében igen hatékonynak bizonyult lehetőség, hogy meghatározzuk az ún. minimális feszítőfát (Mantegna, 1999; Onnela et al., 2003). Mindenekelőtt transzformáljuk a súlyokat a hasonlóságról (kovariancia) egy távolság jellegű mennyiségre, ami akkor a legkisebb (0), amikor a hasonlóság a legnagyobb, és így határozzuk meg a minimális feszítőfát. Ez egy részgráfja az előbbi teljes gráfnak, ami fa (nem tartalmaz hurkokat), feszítő (minden csúcs része) és minimális (az összes feszítőfa közül az, amelyiken a távolságok összege a legkisebb). Hatékony algoritmusok ismertek a minimális feszítőfa meghatározásához.

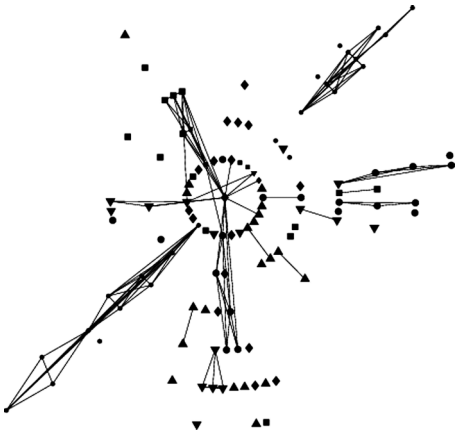
Az eredmény a tőzsdei adatok esetében nagyon érdekes *(1. ábra)*. Kiderül, hogy a fa szerkezete jól tükrözi a gazdaság taxonómiáját: az azonos ágazathoz tartozó részvények a fa azonos ágaira kerülnek. A centrumban egy óriásvállalat, a vizsgált New York-i tőzsdén például az idő jelentős részében a General Electric van. Megmutatható, hogy az optimális portfólióba célszerű a „részvényfa"



1. ábra • A tőzsdei árfolyamváltozások kovariancia mátrixából nyert minimális feszítő fák. Az egyes ágak erősebb kapcsolódást jelentenek, a piac taxonómiája jól felismerhető, amit a különböző szimbólumok érzékeltetnek. A bal oldali ábra a normális piaci helyzetet, a jobb oldali a csőd idején felerősödő korrelációk következtében „összeugró" fát mutatja.

külső leveleit nagyobb súllyal választani. Ha az így megszerkesztett fa időfejlődését nézzük, akkor azt a megfigyelést tehetjük, hogy egy olyan periódusban, amikor a tőzsde csőd miatt erősen korrelált, a fa szerkezete drámai módon, mintegy fázisátalakulásszerűen megváltozik *(1. ábra)*.

Egy másik egyszerű és hatékony eljárás a súlyozott hálózatok elemzésére a „küszöbölés" (Onnela et al., 2004). Ilyenkor a hálózatban figyelmen kívül hagyjuk az egy bizonyos küszöbérték alatti (vagy feletti) súly-lyal rendelkező éleket. Az így keletkező részgráf érdekes tulajdonságú lehet, és sokat elárulhat az eredeti hálózatról. A küszöbérték mozgatásával egy képsorozat vagy mozgókép keletkezik, amelyik az elszigetelt csúcsoktól elindulva az élek fokozatos, erősség szerinti bekapcsolásával végül a teljes hálózatig jut el. Ez a technika szoros kapcsolatban áll a perkolációelmélettel, amely a laza, elszigetelt részhálózatok és az összefüggő óriáshálózat közötti átmenetet vizsgálja. Ezzel a módszerrel elemezve a



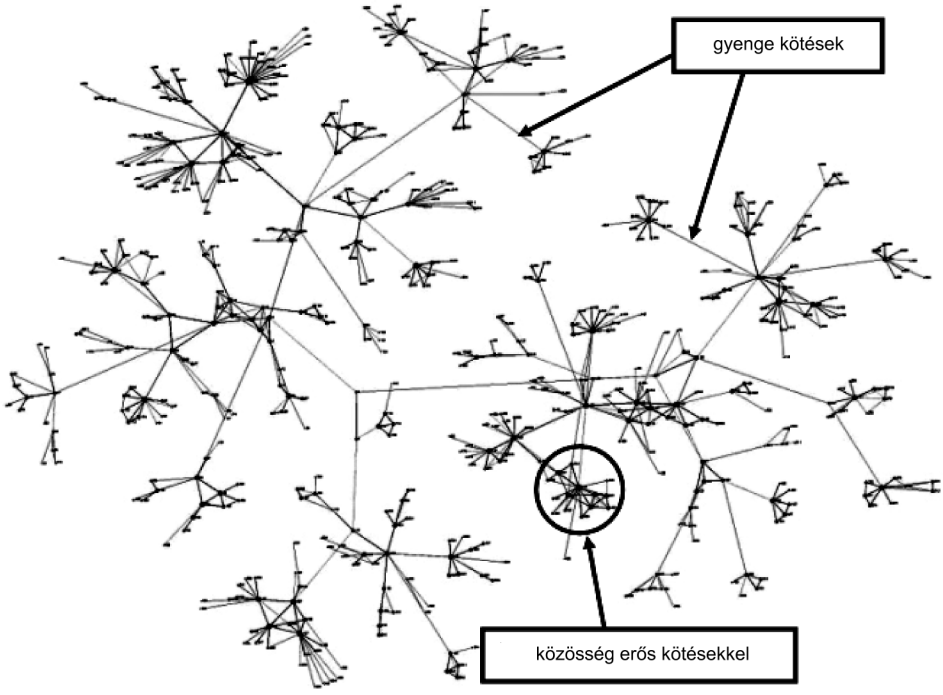
2. ábra • A küszöbölés eredménye az *1. ábra* jobb oldalán bemutatott minimális feszítőfa alapjául szolgáló kovariancia mátrix felhasználásával; az egyes csúcsok elhelyezése is az ottaninak felel meg. A küszöbérték legerősebben korrelált 120 él behelyezését engedi meg, ami hasonló az *1. ábrán* látható élek számához. Egyes szektorok erősen „huzalozottak" (energia), mások ezen a szinten alig (szolgáltatások).

New York-i tőzsde legnagyobb vállalatai árfolyamváltozásainak kovariancia mátrixa alapján létrehozott hálózatot, kiderül, hogy bizonyos gazdasági ágazatokon belül (például ilyen az energiaszektor) nagyon erős a korreláció, míg más szektorok (például a pénzügy) elemeire ágazatokon átívelő szoros kapcsolatok jellemzőek *(2. ábra)*. Az ilyen információk egyrészt hozzájárulnak a piac alaposabb megértéséhez, de felhasználhatók a portfóliók optimalizálásánál is.

Szociális hálózat konstrukciója és elemzése mobiltelefon-beszélgetések alapján

A modern kommunikációs médiumok minden adatot rögzítenek. Ha e-mailt küldünk, ha telefonálunk, vagy sms-ezünk, nyilvántartásba kerülnek a kapcsolatfelvétel paraméterei. Ez az adatkezelési és személyiségi jogi szempontból talán hátborzongató tény óriási lehetőségeket rejt magában a tudományos kutatás számára, amelynek során természetesen a jogi és etikai követelményeknek mindenkor messzemenően meg kell felelni.

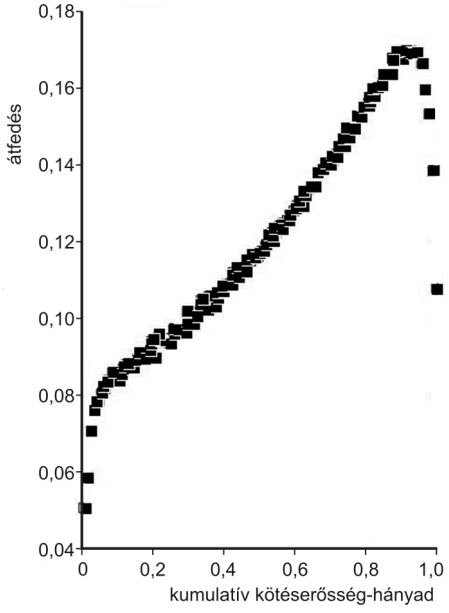
Egy sok millió felhasználót kiszolgáló mobiltelefon-szolgáltató által rendelkezésünkre bocsátott hatalmas adathalmazt vizsgáltunk (Onnela et al., 2006). Az adatok kéthetes szakaszokra bontva tartalmazták egyéb adatok mellett, hogy ki hívott kit, és mennyi ideig beszéltek egymással. Természetesen az előfizetőket nem név vagy telefonszám, hanem kódok alapján azonosítjuk. A hálózatot kézenfekvő úgy megalkotni, hogy az előfizetők képezik a csomópontokat, és az egymással folytatott beszélgetések az élek, amelyeken a súly a beszélgetések hossza, amit a kapcsolatok intenzitása mértékének tekintünk. Az így létrejövő hálózat nem képezi le tökéletesen a társadalmat, mégis



3. ábra • A mobiltelefon-hívások alapján készített hálózat kis részlete. A közösségek általában erősen „huzalozottak" – közöttük a kapcsolatot a gyenge kötések biztosítják.

a társadalmi hálózat egy közelítésének tekinthetjük. Erre feljogosít a mobiltelefonok hihetetlen elterjedtsége (a vizsgált európai országban 2003-ban a lakosság 90 %-ának volt mobiltelefonja). Óriási előnye ennek a megközelítésnek, hogy az eddig vizsgált legnagyobb szociális hálózatot vizsgálhatjuk, amelyben ráadásul a súlyok nem megkérdezés alapján valamilyen skálán szubjektív megjelölés útján jöttek létre, hanem mért adatokból származnak *(3. ábra)*.

Egyik feladatunknak tekintettük, hogy ellenőrizzük a szociális hálózatokban szereplő kötésekre vonatkozó, Mark Granovettertől származó és széles körben ismert, de megfelelő adatok hiányában csak hipotézisnek tekinthető állítást (Granovetter, 1973). Az erős kötések (intenzív kapcsolatok) esetében nagy átfedés van az ismerősök között, míg az átfedés kicsi, ha a kapcsolat



4. ábra. A Granovetter-hipotézis igazolása. A vízszintes tengelyen az erősség szerint sorba rendezett kötések hányada szerepel. A kötések 95 %-ára igaz, hogy monoton kapcsolat van a kötés erőssége és az átfedés között.

laza. Mindenekelőtt definiálni kell az átfedést, ami értelemszerűen a közös ismerősök és a lehetséges közös ismerősök hányadosa.

A *4. ábra* mutatja az egész hálózat vizsgálata alapján nyert eredményt. Eltekintve a kötések legerősebb 5 %-ától, a Granovetter-hipotézist sikerült igazolni. Ez a társadalom szerkezetéről a következő képet sugallja: A közösségek erős, sokirányú kapcsolatokkal kötődnek egymáshoz, és ezeket a közösségeket gyengébb kapcsolatok fűzik össze (lásd a *3. ábrát*). Mi a helyzet a kimaradó 5 %-kal? Nos, „fakó minden teória, s a lét aranyló fája zöld" – vagyis a helyzet természetesen bonyolultabb a fenti, egyszerű képnél. Megmutattuk, hogy ahogyan közeledünk az egyre nagyobb súlyokhoz, vagyis az egyre hosszabb telefonálási időkhöz, éppen a felső 5 %-ban a partnerek elkezdenek szinte kizárólag egymással beszélni, és (hogy a fizikából származó hasonlattal éljünk) kötött párokat képeznek. Mindenkinek saját élettapasztalatából támadhatnak ötletei az ilyen kötött párok természetéről. Ezekre nyilván nem érvényes a Granovetter-hipotézis.

Mit tanulhatunk az itt feltáruló képből? Az emberi kapcsolatok kialakításának for-mái az ősidőkre nyúlnak vissza, és ez a társadalom szerkezetét nagyban meghatározza, még akkor is, ha a technika fejlődése hihetetlen új lehetőségeket teremtett. Hiába lehet ma egyetlen este, ki sem mozdulva a lakásunkból új „chat"-partnerek tucatjaival érintkezésbe lépni, az emberek túlnyomó többségének csak néhány igazán szoros kapcsolata van. A jó ismerősök száma is erősen korlátozott: a magántelefonkönyvek bejegyzéseinek nagyságrendje száz, amiből csak egy töredék a rendszeresen hívott szám. A társadalom hálózatos szerkezete ezeket a szociális képességeket és lehetőségeket tükrözi, amelyek egy hosszú fejlődéses optimalizáció révén jöttek létre. Az optimalizáció a kis közösségek hatékonysága és a stabilitás irányába mutat, és például egyáltalán nem működik az infor-

mációterjedés vonatkozásában. Modellszámítások segítségével bebizonyítottuk, hogy az információ vagy akár pletyka (Szvetelszky, 2002) a közösségekben csapdába esik, és csak sokára szivárog tovább, de akkor hirtelen újabb közösséget ér el. A feltérképezett hálózat alapján stratégiákat lehet kidolgozni a terjedés hatékonyságának növelésére, amit a reklámszakmától a politikáig széles körben alkalmazni lehet – más kérdés, hogy ezt kívánatosnak tartjuk-e.

Összefoglalás

A modern médiumok óriási adatmennyiséget gyűjtenek össze az élet számos területéről. Ezen adathalmazok a tudomány számára valóságos kincsesbányát jelentenek. Egyes esetekben (telefonadatok) a jogi és etikai problémákra különös gondot kell fordítani, más esetekben (tőzsdei adatok) a feljegyzések nyilvánosak vagy megvásárolhatók. A hálózati megközelítés igen hatékonynak bizonyult az adatok forrásaként azonosítható komplex rendszerek vizsgálatában.

Az itt ismertetett kutatások nemzetközi együttműködésben folynak, amelyben részt vett: Jukka-Pekka Onnela, Jari Saramäki, Jörkki Hyvönen, Anirban Chakraborti és Kimmo Kaski (Helsinki University of Technology), Barabási Albert-László, David Lazer és Szabó Gábor (Harvard); köszönettel tartozom nekik. A munkát részben az OTKA (T49238, K60456) finanszírozta.

Kulcsszavak: *komplex rendszerek, korrelációk, részvénypiac, súlyozott hálózatok, társadalmi hálózatok szerkezete*

IRODALOM

Csermely Péter (2006): Weak Links. Springer

Granovetter, Mark (1973): The Strength of Weak Ties. American Journal of Sociology. 78, 1360–1380.

Mantegna, Rosario Nunzio (1999), Hierarchical Structure in Financial Markets. European Physical Journal B. 193–197.

Onnela, Jukka-Pekka – Chakraborti, A. – Kaski, K. – Kertész J. (2003): Dynamics of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis. Physical Review E. 68, 041102.

Onnela, Jukka-Pekka – Kaski, K. – Kertész J. (2004): Clustering and Information in Correlation Based Financial Networks. European Physical Journal B. 38, 353–362.

Onnela, Jukka-Pekka – Saramaki, J. – Kertész J. – Kaski, K. (2005): Intenisity and Coherence of Motifs in Weighted Networks. Physical Review E. 71, 065103(R).

Onnela, Jukka-Pekka – Saramaki, J. – Hyvönen, J. – Szabó G. – Lazer, D. – Kaski, K, – Kertész János – Barabási A.-L. (2006): Structure and Tie Strength in Societal Networks (preprint, submitted for publication)

Szvetelszky Zsuzsanna (2003): A pletyka. Gondolat, Budapest

CSOPORTOSULÁSOK SZOCIOLÓGIAI, TECHNOLÓGIAI ÉS BIOLÓGIAI HÁLÓZATOKBAN

Derényi Imre
MTA doktora, egyetemi adjunktus
ELTE Biológiai Fizika Tanszék

Farkas Illés
PhD, tudományos munkatárs
MTA–ELTE Biológiai Fizika Kutatócsoport

Palla Gergely
PhD, tudományos munkatárs
MTA–ELTE Biológiai Fizika Kutatócsoport

Vicsek Tamás
az MTA rendes tagja, egyetemi tanár
ELTE Biológiai Fizika Tanszék

A valóságban megfigyelhető hálózatok többsége inhomogén szerkezetű, ennek a legárulkodóbb jele az, hogy a hálózatban csomósodások találhatók. Ezek a csomósodások (vagy más néven csoportosulások, klaszterek, modulok, community-k) a hálózatnak olyan „sűrű" részgráfjai, amelyeken belül az elemek (csúcsok) gyakrabban kapcsolódnak egymáshoz, mint a hálózat többi részéhez. A hálózatok funkciója, illetve dinamikája szempontjából minden bizonnyal meghatározó szerepük van a csoportosulásoknak. Gondoljunk például az emberi kapcsolatok hálózatára, ahol a járványok és a hírek egy-egy csoportosuláson belül nagyon gyorsan terjednek, hiszen olyan emberekről van szó, akik közül nagyon sokan személyesen ismerik egymást, a csoportosulások között viszont lassabb lehet a terjedés. A világháló oldalainak hálózatában megtalált sűrű csoportosulások olyan weboldalak, amelyek között sok mutató utal egymásra. Ezek gyakran azonos témájú vagy földrajzilag egymáshoz közel található oldalak, és a megtalálásuk a keresőprogramok számára jelentős segítséget nyújthat. Szintén számos érdekes felismerést és gyakorlati hasznosítási lehetőséget rejtenek azok a csoportosulások, amelyeket sejtjeink molekulái alkotnak. Ha felismerünk egy csoportot, amely néhány vagy akár néhány tucatnyi molekulatípust tartalmaz, és ezek a molekulák sokféle kölcsönhatásra képesek egymás között, de kevesebbre másokkal, akkor gyakran előfordul, hogy ennek a csoportnak jól leírható önálló funkciója, feladata van a sejtben. Nagy és komplex hálózatokban a csoportosulások azonosítása nem könnyű, de még csak nem is jól definiált feladat. Jelentősége miatt azonban erre a célra az elmúlt évtizedekben számos módszert dolgoztak ki, amelyek közül néhány fontosabbat tekintünk át a következőkben.

Klaszterezés a hálózat felosztásával

Természetesen egy hálózatban minden kapcsolatnak (élnek) lehet iránya, erőssége (súlya) és több más jellemzője, akárcsak a csúcsoknak. A következőkben viszont csak ún. egyszerű gráfokat vizsgálunk, amelyekben minden él irányítatlan és azonos erősségű, valamint a csúcsoknak sincsenek további tulajdonságaik. Egyszerű gráfok esetén a klaszterezés legelterjedtebb módja a gráf felosztása: ennek során a gráf minden egyes csúcsát besoroljuk valahány csoport egyikébe (Kernighan – Lin, 1970). Ezt sokféle-

képpen tehetjük meg. Számos módszer alapszik például a szomszédsági mátrix sajátértékeinek és sajátvektorainak meghatározásán. Ebben a mátrixban az *i.* sor *j.* oszlopában 1 vagy 0 szerepel aszerint, hogy a hálózat *i.* és *j.* csúcsa között van-e kapcsolat.

Nagyon szemléletes megközelítés az, amikor a gráf éleit elkezdjük egyesével eltávolítani valamilyen szabály alapján, majd egy ponton megállva a megmaradt élek által összetartott komponenseket feleltetjük meg a hálózat csoportosulásainak. Eltávolítandó élnek érdemes mindig a leggyengébb láncszemet választani, vagyis azt a kapcsolatot, amely a legnagyobb terhelésnek van kitéve, ha például az éleket drótoknak képzeljük, és véletlenszerűen választott pontpárok között elektromos áramot folyatunk át a rendszeren. A terhelés ugyanis várhatóan a sűrű tartományok között futó éleken lesz a legnagyobb, így ezek eltávolítása során a sűrű tartományok többnyire érintetlenül maradnak. Kérdés azonban, hogy az élek eltávolításával mikor érdemes megállni. Szeretnénk azt az állapotot megtalálni, amikor az eredeti gráfban meglévő sűrű tartományok közé eső néhány él már eltűnt, de maguk a sűrű tartományok még nem kezdtek el szétesni. Ennek a problémának a megoldására vezette be Michelle Girvan és Mark E. J. Newman a modularitás fogalmát (Girvan–Newman, 2002). Ez a mennyiség jellemzi, hogy a gráf pillanatnyi felosztása mellett hogy viszonyul egymáshoz a csoportosulásokon belül, illetve között futó élek száma az eredeti gráfban. A megállás pillanatát ezek után a modularitás maximumának elérésével határozhatjuk meg.

A hálózat bontása helyett az optimális felosztást megpróbálhatjuk elérni építkezéssel is. Ehhez induljunk ki abból a gráfból, amely a csúcsokon kívül egyetlen élt sem tartalmaz, majd helyezzük be az éleket egyesével. Kézenfekvő megoldás lehet, hogy minden pillanatban azt az élt választjuk, amely a legnagyobb mértékben növeli meg a modularitás értékét, és akkor állunk meg az építkezéssel, amikor a modularitás eléri a maximumát.

A különböző csoportosuláskereső módszerek tesztelésére és összehasonlítására néhány jól definiált hálózatot szokás használni. Az egyik leggyakrabban előforduló példa (Zachary, 1977) egy 34 tagú sportklub a 70-es évekből. A klub két részre szakadása előtt – a jövőt nem sejtve – szociológusok feltérképezték a klubon belüli személyes kapcsolatokat. A módszerek tesztelésekor az eredeti sportklub ismeretségi hálózatában kiszámított két csoportosulást a klub szakadása után létrejött két csoporttal hasonlítják össze. Egy másik gyakran használt teszthálózat 64 (vagy 128) pontból áll, és minden alkalommal véletlenszerűen elkészítik úgy, hogy négy egyenlő méretű részén belül sok él fusson, míg a részek között kevesebb. Szintén gyakran használt tesztgráf az Egyesült Államok egyetemi futballcsapatai közötti találkozók hálózata. Mivel a csapatok a legtöbb mérkőzésüket a földrajzi hely szerint szerveződő csoportokban játsszák, ezért egy klaszterező módszernek jó ellenőrzése lehet, hogy ebben a hálózatban megtalálja-e az egyes területi csoportokat.

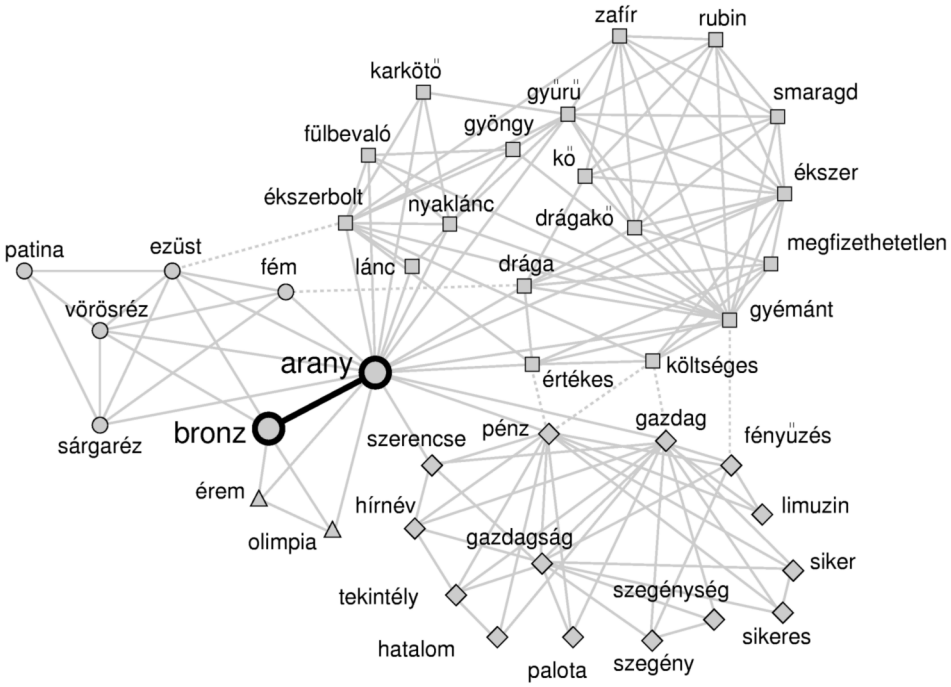
Átfedő csoportosulások keresése lokális kapcsolatsűrűség segítségével

A gráfok különálló részekre való felosztásával szükségszerűen olyan klaszterezést kapunk, amelyben a hálózat minden csúcsa legfeljebb egy csoportosuláshoz tartozhat, tehát a csoportok között nincsen átfedés. A valódi hálózatokban azonban igen gyakoriak a csoportosulások közötti átfedések. Másképpen fogalmazva: egy elem több sűrűn összekapcsolt csoportnak is tagja lehet. Az egyik legismertebb példa erre az ismeretségi kapcsolatok hálózata. Ebben a hálózatban mindannyian több, egymástól eltérő szerepű csoportosulásnak is tagjai vagyunk. Példaként említhető családunk, iskolatársaink köre, baráti körünk vagy munkatársaink. A

többszörös átfedések is gyakoriak, például a baráti körünkben számos iskolatárs is lehet. Szintén érdekes átfedő csoportosulásokat tartalmaz egy nyelv szavainak asszociációs hálózata *(1. ábra)*. Ebben a hálózatban minden csúcs az adott nyelv egy-egy szavát jelöli, és két csúcs össze van kötve, ha az általuk jelölt két szót a vizsgálatokban megkérdezett személyek társítják egymáshoz.

Érdekes megvizsgálni, mi történik az ismeretségi hálózattal, ha felosztással próbálunk benne csoportosulásokat keresni, tehát átfedéseket nem engedünk meg. Tudjuk, hogy a legtöbb ember több csoportosuláshoz tartozik egyszerre, ezért akármilyen módon jelölünk ki a hálózatban számára egyetlen, a többivel nem átfedő klasztert, akkor abban az adott résztvevő több csoportosulásának töredékei együtt lesznek jelen. Például ha az ismeretségi hálózatban a jelen cikk valamelyik szerzője számára egyetlen klasztert jelölnénk ki, akkor ebbe nagy valószínűséggel családtagok, iskola- és munkatársak egyaránt belekerülnének. Ez a megoldás két fontos hibalehetőséget rejt: a kijelölt egyetlen csoportosulásba belekerülnének olyanok is, akik nem ismerik egymást, pl. a vizsgált ember valamelyik családtagja és munkatársa (téves pozitív); sok családtag viszont különböző klaszterbe kerülne (téves negatív).

Az ismeretségi hálózaton kívül több más esetben is köztudott, hogy az egyes elemek

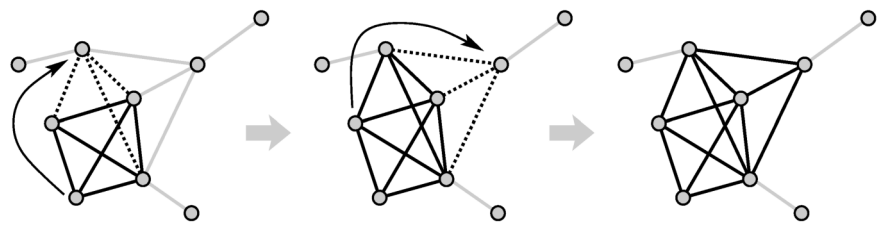


1. ábra • A University of South Florida Free Association Norms angol nyelvű szóasszociációs hálózatban a gold (arany) szóhoz talált négy csoportosulás magyar nyelvű megfelelői. A körökkel jelölt csoportosulás fémekkel, a háromszögekkel jelölt csoportosulás olimpiai érmekkel kapcsolatos, míg a másik két csoportosulás a jólét, illetve az ékszerek köré rendeződik. A vastagított él és két csúcs több csoportosuláshoz tartozik, azaz csoportosulások átfedésében találhatóak. A pontozott vonalak csoportosulások közötti kapcsolatokat mutatnak.

gyakran több csoportosuláshoz tartoznak. A molekuláris biológiai hálózatok közül egy igen részletesen vizsgált példa a sarjadzó élesztő (S. cerevisiae) nevű egysejtű élőlény fehérjéinek kölcsönhatási hálózata (Salwinski et al., 2004). Ebben az élőlényben a jelenlegi kísérleti eszközökkel már megvan a lehetőség arra, hogy bizonyos típusú csoportosulásokat (a fehérjekomplexeket) mérési módszerekkel azonosítsunk (Rigaut et al., 1999). Az így megtalált csoportosulásokban összesen 2750 fehérje vesz részt (Guldener et al., 2005), ám a csoportosulások méreteinek összege 8932, tehát egy fehérjét átlagosan háromnál több csoportosulás tartalmaz. Az angol nyelv leggyakrabban használt szavainak hálózatával kapcsolatos eredmény hasonló: a hálózattól függetlenül megállapított 238 szócsoport összesen 3369 különböző szóalakot tartalmaz (Roget's, 1995), ám ennél jóval nagyobb a csoportok méreteinek összege (5248), tehát a szavak jelentős része több csoportnak is tagja.

A klikk-perkolációs módszer

A hálózatokban található átfedő csoportosulások keresésére egy lehetséges eljárás a *2. ábrán* mutatott klikk-perkolációs módszer (Clique Percolation Method – CPM). Ez a módszer k darab csúcsból álló, teljesen összekötött részgráfokat (k-klikkeket) használ a csoportosulások felépítéséhez (Derényi et al., 2005; Palla et al., 2005). Két k-klikket akkor mondunk szomszédosnak, ha csak egyetlen csúcsban különböznek egymástól, azaz k-*1* csúcsuk közös. Egy CPM segítségével kapott csoportosulás olyan k-klikkekből épül fel, melyek közül bármelyikből eljuthatunk bármely másikba szomszédos k-klikkeken keresztül. Ez a megközelítés nagyon közel áll a csoportosulások eredeti megfogalmazásához: a csoportosulásokon belül sok kapcsolatot szeretnénk, a csoportosulások között viszont keveset, hiszen k darab csúcs akkor van a lehető legsűrűbben összekötve, ha egy k-klikket hoznak létre. A bevezetett k-klikk szomszédság segítségével definiálhatjuk a k-klikkek hálózatát is, ahol az egyes csúcsok az eredeti hálózat k-klikkjeinek felelnek meg, és két csúcs között akkor van él, ha a megfelelő k-klikkek szomszédosak. A csoportosulások ebben a képben a k-klikk hálózat összefüggő komponenseinek felelnek meg. Ezeket a statisztikus fizikában perkolációs klasztereknek szokás nevezni, innen a módszer elnevezése. Az eredeti hálózatban egy csúcs egyszerre több k-klikk perkolációs klaszternek (csoportosulásnak) is tagja lehet, így a CPM természetes módon engedi meg a csoportosulások átfedéseit.



2. ábra • A klikk-perkolációs módszer (CPM) bemutatása egy kis hálózaton k=4 méretű klikk esetén. A bal oldali ábrán látható, fekete színű élekkel jelölt klikknek (teljes részgráfnak) minden lépésben egyetlen csúcsát mozdítjuk el úgy, hogy a klikk a vizsgált hálózat csúcsain és élein „gördüljön". Minden gördülési lépés során a korábbi és a későbbi, k=4 csúcsból álló klikk k-1=3 csúcsa közös. A gördülés során bejárt élek (a jobb oldali ábrán feketével jelölve) és az általuk összekötött csúcsok alkotják a hálózat egy csoportosulását.

A csoportosulások közötti átfedések lehetővé tétele mellett a CPM módszer másik fő előnye a gráffelosztási módszerekkel szemben az, hogy lokális. Egy él betételének, illetve kivételének csak azokra a csoportosulásokra lehet hatása, amelyek az él valamelyik végpontját tartalmazzák, ám már egyetlen él megváltoztatása is hatással van a felosztási módszereknél használt globális tulajdonságokra (szomszédsági mátrix sajátvektoraira, áramok eloszlásaira, modularitásra stb.), ami a felosztást alapvetően átrendezheti.

Alkalmazások: a csoportosulások fejlődése és a csoportosulások hálózata

A klikk-perkolációs módszer két jelentős előnye, hogy lokális módszer, és megengedi az átfedő csoportosulásokat. A CPM önmagában azonban csak egyetlen hálózatot vizsgál, annak ellenére, hogy sok gyakorlati esetben a csoportosulások fejlődése is igen érdekes kérdés lehet. Az emberi ismeretségek hálózatában gyakran fontos a klaszterek fejlődése: szolgáltatók (munkáltatók) számára az ügyfeleik (alkalmazottaik) kapcsolataiban, biztonsági szolgálatok számára a figyelt személyek között, de akár egy-egy tudományterület fejlődése is nyomon követhető az adott területen aktív kutatói csoportosulások alakulásán keresztül. A csoportosulások fejlődésének vizsgálatára egy egyszerű módszer a következő. Végezzük el a klaszterezést a CPM-mel a hálózat összes állapotára, majd az időben egymás után következő állapotokat hasonlítsuk össze, és keressük meg az egyes időlépésekben eltűnő, születő, megmaradó, összeolvadó, illetve felhasadó csoportosulásokat. Nagy hálózatok esetén az elemzést és az áttekinthetőséget elősegítő érdekes további lehetőség a csoportosulások hálózatának kiszámítása. Az eredeti hálózat minden egyes csoportosulását ábrázoljuk egyetlen ponttal, és két pontot kössünk össze, ha az általuk jelölt két csoportosulás között van átfedés.

A szerzők honlapjáról, a http://angel.elte.hu/cfinder címről szabadon letölthető a CFinder (Clique and Community Finder) program, amely a klikk-perkolációs módszer használatával csoportosulásokat keres, és – több más elemzéssel együtt – a talált csoportosulások hálózatát bemutatja. A program tudományterülettől függetlenül alkalmazható minden olyan adatrendszer elemzésére, amely hálózatként ábrázolható. A felhasznált bemenő adatfájl a hálózat éleit sorolja fel, minden sorban a hálózat két, egymással összekötött csúcsának a nevét kell megadni. A program Windows-, Linux- és Macintosh-alapú számítógépeken egyaránt használható.

A CFinder segítségével végzett vizsgálataink szerint a kutatói együttműködési csoportosulások hálózata az eredeti együttműködési hálózathoz hasonló szabályok szerint növekszik (Pollner et al., 2006). Az eredeti szerzőtársi hálózatban egy új szerző (például egy diák) a már aktív kutatók közül nagyobb valószínűséggel lesz olyan kutatónak szerzőtársa, akinek az adott pillanatban több, már meglévő szerzőtársi kapcsolata van. Az együttműködési csoportosulások hálózatában egy újonnan létrejött csoport nagyobb valószínűséggel fog közös szerzőt tartalmazni olyan csoporttal, amelynek nagyszámú közös eleme van már más csoportokkal is. Néhány további érdekes alkalmazás, amely a CFinder felhasználásával született: a sarjadzó élesztő fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatában korábban nem ismert csoportok és új fehérjefunkciók azonosítása (Adamcsek et al., 2006), majmok agyának látókérgében az ott található idegsejtkapcsolatok hálózata alapján az egyes területek szerepének elemzése (Négyessy et al., 2006), könnyűzenei előadók csoportosulásainak vizsgálata és szociológiai értelmezése (Smith, 2006), valamint daganatos elváltozásokban a sejt megváltozott működéséért felelős fehérjék keresése (Jonsson et al., 2006).

A szerzők kutatásait az OTKA D048422, F047203 és T049674 jelű pályázatai támogatják.

Kulcsszavak: *átfedés, csoportosulás, klaszter, klikk, perkoláció*

IRODALOM

Adamcsek Balázs – Palla G. – Farkas I. J. – Derényi I. – Vicsek T. (2006): CFinder: Locating Cliques and Overlapping Modules in Biological Networks. Bioinformatics. 22, 1021–1023.

Derényi Imre – Palla G. – Vicsek T. (2005): Clique Percolation in Random Networks. Physical Review Letters. 94, 160202:1–4.

Girvan, Michelle – Newman, Mark E. J. (2002): Community Structure in Social and Biological Networks. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 99, 7821—7826.

Guldener, U. et al. (2005): CYGD: the Comprehensive Yeast Genome Database. Nucleic Acids Research. 33, D364–D368.

Jonsson, P. F. – Cavanna, T. – Zicha, D. – Bates, P. A. (2006): Cluster Analysis of Networks Generated through Homology: Automatic Identification of Important Protein Communities Involved in Cancer Metastasis. BMC Bioinformatics. 7, 2.

Kernighan, Brian W. – Lin, Shen (1970): An Efficient Heuristic Procedure for Partitioning Graphs. Bell System Technical Journal. 49, 291–308.

Négyessy László – Nepusz T. – Kocsis L. – Bazsó F. (2006): Prediction of the Main Cortical Areas and Connections Involved in the Tactile Function of the Visual Cortex by Network Analysis. European Journal of Neuroscience. 23, 1919–1930.

Palla Gergely – Derényi I. – Farkas I. – Vicsek T. (2005): Uncovering the Overlapping Community Structure of Complex Networks in Nature and Society. Nature. 435, 814–818.

Pollner Péter – Palla G. – Vicsek T. (2006): Preferential Attachment of Communities: The Same Principle, but a Higher Level. Europhysics Letters. 73, 478–484.

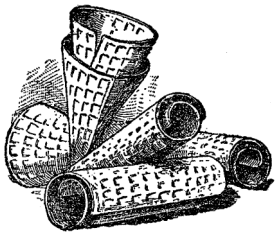
Rigaut, Guillaume – Shevchenko, A. – Rutz, B. – Wilm, M. – Mann, M. – Seraphin, B. (1999): A Generic Protein Purification Method for Protein Complex Characterization and Proteome Exploration. Nature Biotechnology. 17, 1030–1032.

Roget's II: The New Thesaurus. 3. kiadás. (Boston, Houghton Mifflin, 1995) http://www.bartleby.com/62

Salwinski, Lukasz – Miller, C. S. – Smith, A. J. – Pettit, F. K. – Bowie, J. U. – Eisenberg, D. (2004): The Database of Interacting Proteins: 2004 Update. Nucleic Acids Research. 32, D449–D451.

Smith, Reginald D. (2006): The Network of Collaboration among Rappers and Its Community Structure. Journal of Statistical Mechanics – Theory and experiment. Art. No. P02006.

Zachary, Wayne W. (1977): An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups. Journal of Anthropological Research. 13, 452–473.



PAGERANK ÉS AZON TÚL: HIPERHIVATKOZÁSOK SZEREPE A KERESÉSBEN[1]

Benczúr András
PhD, tudományos főmunkatárs,
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Eötvös Loránd Tudományegyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

Bíró István
doktori ösztöndíjas,
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Eötvös Loránd Tudományegyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

Csalogány Károly
doktori ösztöndíjas
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Eötvös Loránd Tudományegyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

Rácz Balázs
doktori ösztöndíjas
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Budapesti Műsz. és Gazdaságtud. Egyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

Sarlós Tamás
doktori ösztöndíjas,
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Eötvös Loránd Tudományegyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

Uher Máté
doktori ösztöndíjas,
MTA SZTAKI Informatika Kutató Laboratórium
Webes Keresés és Adatbányászat Kutatócsoport
és Eötvös Loránd Tudományegyetem
www.ilab.sztaki.hu/websearch

A hiperhivatkozások kulcsfontosságúak a világhálón található adatok használhatóságában, a „Web" elterjedésében. A hivatkozások teszik hálózattá ezt a rendkívüli méretű és szinte minden létező témát felölelő dokumentumgyűjteményt. Tanulmányunk témája a hivatkozások szerkezetének vizsgálata: bemutatjuk, hogyan lehet segítségükkel rangsorolni a weblapok minőségét, akár az egyes felhasználók igényei szerint személyre szabhatóan; hogyan lehet a manipulatív, keresőrendszerek megtévesztésére létrehozott oldalakat szűrni, illetve adott oldalhoz hasonlókat találni. Foglalkozunk azzal a kérdéssel is, hogy ezek a problémák mennyire nehezek, és milyen különleges algoritmikus technikákat igényel megoldásuk a már több milliárd oldalból álló világhálón.

[1] A kutatás az Egyetemközi Informatikai és Távközlési Központ (ETIK) és az NKFP-2/024/2006 kutatási pályázat támogatásával készült.

Bevezetés

A világhálón fellelhető hatalmas információtömegben igen nehéz megtalálni azokat az oldalakat, amelyek információigényünknek mind tartalmukban, mind minőségükben megfelelnek. Elvesznénk az adattengerben olyan keresőrendszerek nélkül, amelyek akár a több millió-százmillió oldalon előforduló szavak, kifejezések esetén is nagy biztonsággal ki tudják választani a legrelevánsabb találatokat tartalmazó pár tíz oldalt. A keresőrendszerek rendkívüli teljesítményének tudományos és technikai vonatkozásairól Friedman Eszter és munkatársai (2003)

cikkében olvashatunk. Tanulmányunkban e téma egy kiválasztott területével foglalkozunk, bemutatjuk, hogy a világháló hiperhivatkozásainak szerkezete a szöveges tartalom kiegészítéseként milyen támaszt nyújt a releváns oldalak megtalálásában, és miként vezet el bennünket az információkeresés új korszakába.

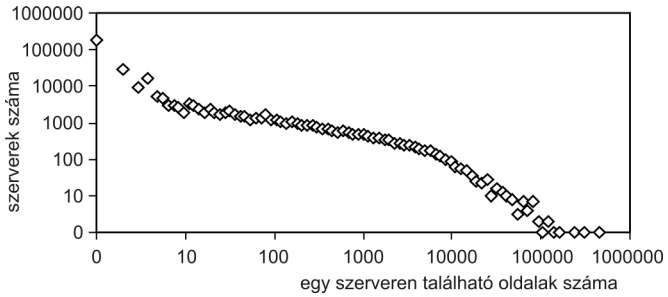
A világháló alapvetően új helyzetet jelent a klasszikus, több évtizedes múltra, az első elektronikus könyvtári katalógusok, rendszerek megjelenésére visszatekintő információkeresés tudományterületén. A könyvkiadók, könyvtárosok és dokumentumkezelők központosított munkája, a rendszerezettség, homogenitás és rend helyett azt látjuk, hogy bárki létrehozhat tartalmat, amelynek minőségét és szavahihetőségét senki nem vizsgálja, és azt tetszőleges téma- és kulcsszó- információval láthatja el – ha egyáltalán ellátja. Korábban soha nem látott mennyiségben és rendkívül változó minőségben készül elektronikus tartalom, amelyek között megtalálhatunk magas szintű tudományos munkát éppúgy, mint személyes naplót, áruházi katalógust és kifejezetten a látogatói forgalom befolyásolását célzó, értékelhető tartalom nélküli oldalakat.

A web robbanásszerű elterjedésének talán legfontosabb oka a „linkek", az ún. hiperhivatkozások minden más dokumentumgyűjteményhez képest egyedülálló használhatósága: mindenhonnan minden elérhető, minden információt egyetlen hálózatba kapcsoltunk. A hatalmas adattömegben azonban elvesznénk a tartalmat központosítottan összegyűjtő, tároló és a türelmetlen, másodpercen belüli reakcióidőhöz szokott felhasználó kereséseit kiszolgáló keresőrendszerek nélkül. A hivatkozások megléte a keresőrendszerek működésének alapját is képezik, hiszen azokat követve képesek lényegében az összes elérhető adat összegyűjtésére.

A világháló hatalmas méretét és egyben a keresőrendszerek előtt álló feladat nehézségét jelzi, hogy potenciálisan tetszőlegesen sok olyan weboldal található, amelyek címeikben tartalmazhatják a felhasználó korábbi böngészési lépéseit, amelyből egyedileg generált információt állítanak elő. Az egyes szervereken előforduló címek számának eloszlását *(1. ábra)* vizsgálva bizonyítékot nyerünk arra, hogy a weboldalak számát az extrém nagy szervertartalmak dominálják, és a megismert címek számát gyakorlatilag csak a letöltést végző rendszer teljesítménye korlátozza. A megfigyelt eloszlás jól illeszkedik egy körülbelül -1 (pontosan -0,97) kitevőjű hatványeloszlásra (Barabási, 2003), azaz annak valószínűsége, hogy egy szerveren kevesebb, mint x oldal található, $F(x) \sim x^{-0,97}$. Az eloszlás sűrűségfüggvénye tehát $f(x) \sim x^{-1,97}$, ahonnan az oldalak számára a modellből a divergens $\int x f(x)\, dx$ becslés adódik, azaz az extrém nagy szerverek létezésének valószínűsége nagyon kicsi ugyan, azonban hozzájárulásuk a weboldalak várható számához domináns.

Az elérhető dokumentumok hatalmas száma miatt a felhasználó által megadott keresőkifejezés tipikusan számtalan weboldalon megtalálható, ám a felhasználó gyakran csak a kereső által felajánlott első egy-kettőt hajlandó ezek közül végignézni. Éppen ezért kulcsfontosságú, hogy a keresőrendszer a találatokat milyen sorrendben jeleníti meg. A keresés találatainak rangsorolása a hagyományos, például könyvtári rendszerekben a keresett szavak gyakorisága, illetve a normális körülmények között reprezentáns helyen (cím, kulcsszó, URL) való előfordulása alapján történik, amely azonban könnyű lehetőséget biztosít a manipulatív weboldalak készítőinek.

A hatalmas mennyiségű rejtett ajánlást, minősítést tartalmazó hiperhivatkozásoknak döntő szerepük van az információ rangsorolásában, értékének, fontosságának megítélésében is: azzal, hogy egy lap szerzője egy másik oldalra mutat, impliciten az ő



1. ábra • Az adott darab weboldalt (vízszintes tengely) tartalmazó szerverek darabszáma (függőleges tengely) a keres.sztaki.hu egy 2006 tavaszi .hu tartományon történt letöltésében.

oldalát látogatók figyelmébe ajánlja azt. A hiperhivatkozásokban megjelenő ajánlások ereje továbbá kombinálható azzal a ténnyel, hogy a hivatkozás szövegében vagy annak közeli környezetében többnyire megtalálható a hivatkozott oldal rövid ismertetése. A legsikeresebb keresőrendszerek, például a Google, a találatokat ezen módszerek alapján is rangsorolják.

PageRank és személyre szabott változata

A Google által sikeresen alkalmazott ún. *PageRank* (Page et al., 1999) eljárás minden weboldalhoz fontossági mérőszámot, rangot rendel a következő rekurzív definíció szerint: egy oldal akkor jó minőségű, ha sok jó minőségű oldal mutat rá:

$P(u) = \Sigma\{P(v)/\text{kifok}(v) : a\ v\ \text{lap}\ u\text{-ra mutat}\}$

Ez a módszer a rámutató oldalak önmagában könnyen manipulálható számának többlépéses általánosításaként fogható fel. Az első naiv értelmezés alapján iteratív algoritmust adhatunk, amely minden lépésben egyenletesen elosztja egy oldal aktuális rangját az általa hivatkozott oldalak között. Ha A a hiperhivatkozások átmenetmátrixa, azaz az u-ra mutató v oldalak esetén $A_{uv} = 1/\text{kifok}(v)$, akkor az i-edik iterációban számolt P_i vektorra

$$P_i = P_{i-1} \cdot A.$$

Célszerű a zsákutcákat, azaz hivatkozásokat nem tartalmazó oldalakat rekurzívan kitörölnünk. Így a rekurzív algoritmus egy lépése annak felel meg, hogy a kiinduló rangsor szerinti eloszlásból egy véletlen továbblépést teszünk, azaz véletlen bolyongást valósítunk meg. Ha a rangértékek konvergálnak, azaz létezik stacionárius eloszlás, ezt tekinthetjük az oldal rangjának.

A véletlen bolyongást megvalósító rangsoroló algoritmus végeredménye függ attól, hogy kezdetben milyen minőségértékekből indulunk ki. Ha például hivatkozásokon keresztül nem érhető el minden oldalról minden másik, akkor a webnek csak abban a részében lesz pozitív PageRank értékünk, ahova bármelyik iteráció során az aktuális pozitív értékű oldalakról eljuthatunk. Ez a tulajdonság például oldalak egyetlen irányított úttal összekötött és az utolsón egy önhivatkozásból álló „Web" esetén csak az utolsó oldalra teljesül, a többi oldal egy idő után már nem lesz újra elérhető. Még meglepőbb viselkedést mutat az egyetlen irányított körből álló hálózat, itt az iterált értékek ciklikusan körbeforognak. A Markov-láncok alaptétele szerint azonban lényegében ettől a két esettől eltekintve az iteráció konvergál.

A fenti definíció problémája egyrészt az, hogy csak a világháló központi, erősen összefüggő magjának ad pozitív rangértéket, amely egyes kísérletek szerint az összes oldalnak csak kevesebb mint 30 %-a (Broder

[2] Larry Page nevéből; nem fordítható LapRangnak.

et al., 2000). Nagyobb probléma a bolyongás „megcsapolhatósága". Ha egy pozitív rangú v oldalt rá tudunk venni, hogy hivatkozzon a rangmanipuláció céljából kijelölt u oldalunkra, akkor az oldalakat egy olyan u-ból induló és v-be érkező k hosszú hivatkozássorozattal bővítve, amelyen minden oldal visz-szamutat u-ra, a bolyongást k-ban exponenciális ideig u-ban tarthatjuk, azaz kis ráfordítással, kevés oldal generálásával rendkívül magas rangértéket juttathatunk az u céloldalnak.

A fenti problémák kiküszöbölése és a stacionárius eloszlás létezésének biztosítása érdekében Sergey Brin és Larry Page a PageRank értéket az ún. véletlen szörföző modellel határozzák meg, amelynek módosított változatát (Fogaras et al., 2005) ismertetjük. Tételezzük fel, hogy ismeretlen, véletlen weboldalról indulunk, ahonnan pár kattintással „jó" helyre szeretnénk jutni. A weboldalak tartalmát nem igazán olvassuk el, hanem szinte vaktában választunk a lehetséges továbbvezető linkek közül. Minden kattintás után kockadobással eldöntjük, hogy megálljunk-e (a publikált eljárásokban a megállás c valószínűségének 0,1 és 0,2 közötti értéket választanak). Végezetül megnézzük, hogy melyik oldalnál álltunk le a linkek véletlen követésével. Az u oldal központiságát mérő PageRank érték annak a valószínűsége, hogy a fent vázolt véletlen séta u-ban ér véget. Mivel a t hosszú séták valószínűsége kifejezhető az A átmenetmátrix t-edik hatványával, a kezdőcsúcsot pedig az $(1/N, \ldots, 1/N)$ uniform eloszlás szerint választottuk, a PageRank értékek vektorára

$$\text{PageRank} = (1/N, \ldots, 1/N) \sum_t c\,(1-c)^t A^t.$$

Személyre szabott PageRank és ujjlenyomatok

A véletlen szörföző modell módosításával személyre szabott rangsorértékhez juthatunk a következőképpen. Az eredeti modell uniform véletlen weboldal feltételezése irreális, a felhasználó a nagy mennyiségű általa ismeretlen oldal közül nem tud véletlenszerűen választani. Azonban a kedvencei vagy könyvjelzői közül már tud; az u oldal számára személyre szabott PageRank értéke annak a valószínűsége, hogy a megadott kiinduló oldalakról induló, lépésenként c megállási valószínűségű séta éppen u-ban ér véget.

A személyre szabott PageRank keresőrendszerekben történő megvalósítása komoly nehézségbe ütközik. A felhasználó preferenciái keresésről keresésre változhatnak, feltételezhetjük, hogy azokat csak a lekérdezés pillanatában adja meg. A stacionárius eloszlás meghatározása azonban órákig vagy napokig tarthat, a másodperces reakcióidő biztosítása érdekében előre ki kell tehát számítanunk minden szóba jöhető rangsort. Ha figyelembe vesszük, hogy a személyre szabott PageRank az induló oldalak eloszlásában lineáris, akkor is tárolnunk kell egy oldalszámnyi vektorból álló bázist, amely milliárd feletti oldal esetén 10^{18} byte feletti tárat, azaz pár millió számítógépet igényelne.

Közelítő számításokkal azonban többféleképpen is megvalósítható a személyre szabott rangsorolás (Fogaras et al., 2005; Sarlós et al., 2006), amelyek közül bemutatunk egy szemléletes, bár nem a leghatékonyabb változatot. A személyre szabó eloszlás szerinti linearitás következtében elegendő az egyetlen kiinduló oldal esetével foglalkozni, az összes rangsor ismeretében tetszőleges személyre szabás kikeverhető. Amennyiben egyetlen u oldal alapján történik a személyre szabás, egy v oldal PageRank értéke annak a valószínűségével egyenlő, hogy egy geometriai eloszlás szerint vett lépésszámú séta u-ból éppen v-be érkezik. Amennyiben ezen séták közül véletlen mintákat veszünk, a rang torzítatlan becslését kapjuk. Mérések szerint ezer körüli véletlen séta elegendő a rangsor megfelelő minőségű becsléséhez (Fogaras et al., 2005). Az összes személyre szabó u oldalra egyetlen minta pedig hatékonyan

számítható olyan módon, hogy a séta első lépéseként minden oldalhoz választunk egy véletlen linket, majd a további lépéseket a már kész séták végpontjait rendezve hasonló módon választjuk.

A fent vázolt módszer lényegében optimális, amely megmutatható a kommunikációs bonyolultság és az alacsony tárigényű közelítések kapcsolatát először felismerő Gödel-díjas Noga Alon és munkatársai (1999) munkája értelmében. A webkeresők működési jellegéből adódóan az összegyűjtött tartalmat fel kell dolgoznunk, és olyan adatbázisokat kell építenünk, amelyből aztán a felhasználó kérdései gyorsan kiszolgálhatók. Az adatbázis méretére a kommunikációs bonyolultság korlátai érvényesek: feltételezhetjük, hogy Aliz ismeri a teljes világhálót, Bob pedig egy személyre szabott rangsorkérdést kap. Kérdés, hogy mi az a legkisebb adatmennyiség, amit a kérdés ismerete nélkül Aliznak át kell adnia ahhoz, hogy Bob nagy valószínűséggel választ kapjon kérdésére. Sarlós Tamás és munkatársai (2006) ilyen értelmű korlátot és a korláttal egyező méretű adatbázist építő módszert is adnak.

Hasonlóságkeresés

Glen Jeh és Jennifer Widom (2003) a közös hivatkozók számát (kocitációt) általánosítva a PageRankhez hasonlóan úgy definiálták a SimRank hasonlósági mértéket, hogy két oldal hasonló, ha hasonlók mutatnak mindkettőre. Egész pontosan minden oldal hasonlósága önmagához, Sim $(v, v) = 1$ és $u \neq v$ esetén Sim (u, v) az u oldalra mutató u' és a v oldalra mutató v' oldalak Sim (u', v') hasonlóságának átlaga, szorozva a távolságokat figyelembe vevő $(1-c)$ lecsengető tényezővel. A definíció vagy egy egyenletrendszer, vagy pl. a minden $u \neq v$ esetén Sim $(u', v') = 0$ értékkel induló iteráció megoldásához vezet.

A Sim tábla mérete az oldalak számában négyzetes, ami a fenti egyenlet iteratív megoldását, már csak annak tárigénye miatt is, lehetetlenné teszi. Fogaras Dániel és Rácz Balázs (2005) megmutatták, hogy a SimRank az előző szakaszban látott ujjlenyomatok módszerével közelíthető: Sim (u, v) ugyanis c^t várható értéke, ahol t az első olyan időpont, amikor egy u-ból és egy v-ből induló két séta összetalálkozik. Ugyanebben a cikkben méréssel igazolják, hogy a többlépéses szomszédságot figyelembe vevő hasonlósági mértékek válaszai nagyobb egyezést mutatnak az emberek ítéletével, mint az egylépéses kocitáció, illetve számos változatot adnak, amelyek többek között eltérő hosszú séták találkozását is figyelembe veszi a hasonlóság meghatározásakor.

Linkfarmok és spamszűrés

A keresők találati oldalain elfoglalt előkelő helyezés nagy forgalmat és így üzleti lehetőséget biztosít az adott weboldal üzemeltetőjének. Emiatt egyes üzemeltetők olyan technikákat alkalmaznak, amelyek a felhasználók számára semmiféle többletszolgáltatást nem nyújtanak, egyetlen céljuk, hogy a céloldal helyezését a kereső rangsorokban manipulálják. A világháló több mint 10 %-ban teljesen értékelhetetlen, esetleg értelmetlen oldalakat tartalmaz, sőt ezt az arányt egyes nemzeti tartományok, pl. a francia (25 %) vagy a német (21 %) meg is haladják (Ntoulas et al., 2006). A magyar nyelvű tartalmat talán épp a hálókultúra alacsonyabb fejlettsége miatt szerencsére még nem árasztották el az ún. spam[3] oldalak, ezért cikkeinkben (Benczúr et al., 2005, 2006) példaként a .de német nemzeti tartományt mutatjuk be.

A PageRank módszer robusztus, manipulálása jóval nehezebb, mint a szöveges tartalomé, hisz a web jóval nagyobb szeletét kell módosítani, hivatkozások sűrű szöve-

[3] Elektronikus levelek esetén szokásos a spam szó „kéretlen levél" fordítása, azonban az elsősorban keresőrendszerek megtévesztésére készült spam oldalak megnevezésére hasonlóan találó magyar elnevezést nem ismerünk.

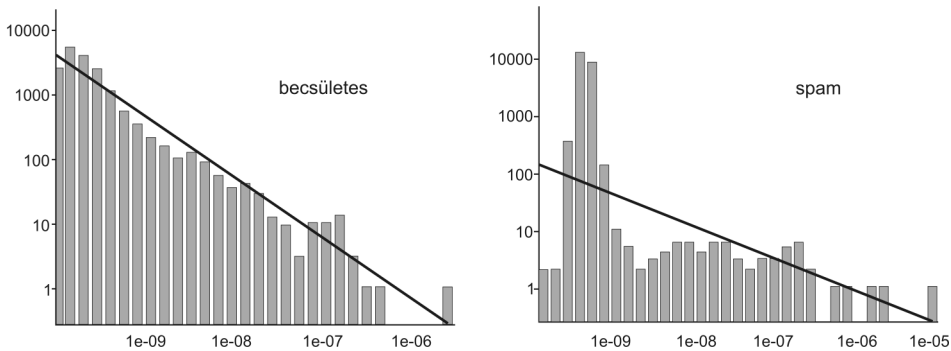
vényével borítani – de nem lehetetlen. Mivel a Google által használt módszer ismert, a világban számos cég szakosodott a forgalom indokolatlan elterelését célzó manipulatív megoldások megvalósítására, amelynek megnevezése finomabb változatában „kereső optimalizálás", erősebb változatában a „hivatkozás spam" lehet. A PageRank támadásának egyik kedvelt módszere a linkfarmok használata, amikor rendkívül nagyszámú és sok szerveren átívelő, részben értékes tartalmak másolatát, részben számítógéppel generált oldalakat tartalmazó oldalcsoportot hoznak létre, amelyek mindegyike a céloldalra mutat, magas rangot generálva neki.

Amennyiben kellő számú ismert becsületes vagy spam oldal áll rendelkezésünkre, a PageRank eljárás módosításával könnyen nyerhetünk a spam oldalakat elkerülő, azokon alacsony értéket adó, vagy épp magas értékkel büntető eljárásokat. A bizalom terjesztéséből fakadó TrustRank (Gyöngyi et al., 2004) érték az ismert becsületes oldalakra teleportáló személyre szabott PageRank: egy oldal akkor becsületes, ha sok becsületes mutat rá. A bizalom terjesztése kombinálható a bizalmatlanság visszafelé történő terjesztésével (Wu et al., 2006): egy oldal spam, ha sok spam oldalra mutat. Végezetül a kocitáció vagy SimRank változatok is alkalmazhatók: egy oldal becsületes, ha a hozzá hasonló oldalak inkább becsületesek, és spam, ha gyakran nem azok. A módszerek teljesítményének a német .de tartományon történő ösz-szehasonlításával azt tapasztaltuk (Benczúr et al., 2006), hogy a kocitáció és a közeli szomszédságokat figyelembe vevő hasonlóságkereső módszerek teljesítenek legjobban.

A geometriai eloszlás szerinti hosszú véletlen séták segítségével azt is feltérképezhetjük, hogy kitől származik egy oldal rangja. Egy tipikus becsületes oldal támogatóinak halmaza a világháló valamilyen témára fókuszáló szelete, amelytől magas rangú központi oldalak esetén elvárható, hogy gazdag, a teljes világhálóra emlékeztető szerkezetük legyen. A manipulatív tartalmak támogatói generált önismétlést, szegényes struktúrát és néhány manipulált céloldal célzott túlhangsúlyozását mutathatnak. A gazdag struktúra kézenfekvő megjelenése a rangok hatványeloszlása, ami a teljes hálózaton is megfigyelhető (Barabási, 2003). Egy-egy becsületes és spam oldal támogatóinak PageRank értékét a *2. ábra* mutatja; a módszer spamkeresésre alkalmazható (Benczúr et al., 2005).

Összefoglalás

Tanulmányunkban megmutattuk, hogy a hiperhivatkozások olyan, a világháló doku-



2. ábra • A támogatók rangjának és a támogatás erősségének szorzata, bal oldalon a leggyengébb, jobb oldalon a legerősebb támogatóval. A jobb szélső egyetlen pont a vizsgált oldal mint saját maga legerősebb támogatója. A függőleges és vízszintes skála is logaritmikus.

mentumait gazdagító, szociális hálózatokhoz hasonló szerkezetet mutatnak, amely alkalmas a minőség, központiság és hasonlóság megragadására, bizalom és bizalmatlanság továbbítására, manipulatív tartalmak szűrésére. Bemutattuk az ujjlenyomatok módszerét, amelynek segítségével a hivatkozások szerkezetének elemzése több milliárd weboldal esetében is hatékonyan elvégezhető. Említést tettünk végezetül a keresési feladatok kommunikációs bonyolultsági korlátairól. Az ismertetett eredmények többsége 2005-2006-ban jelent meg, a bemutatott terület fejlődése a keresőrendszerek üzleti potenciálja és a rangsor manipuláció elleni küzdelme következtében még jó ideig töretlennek látszik.

A szerzők köszönetet mondanak Torsten Suelnek a .de és Urban Müllernek a .ch tartományok adataiért, Brian Davidsonnak és Carlos Castillónak a spamkereséssel kapcsolatos eszmecserékért, végezetül Fogaras Dánielnek, aki már a Google munkatársa, a közös munkáért.

Kulcszavak: *hasonlóságkeresés, hivatkozás, keresés, keresőrendszerek, spam, személyre szabás, világháló*

IRODALOM

Alon, Noga – Matias, Y. – Szegedy M. (1999): The Space Complexity of Approximating the Frequency Moments. Journal of Computer and System Sciences. 58, 137–147.

Barabási Albert-László (2003): Behálózva: A hálózatok új tudománya. Magyar Könyvklub, Budapest

Benczúr András A. – Csalogány K. – Sarlós T. – Uher M. (2005): SpamRank – Fully Automatic Link Spam Detection. In: Proc. AIRWeb'05 Workshop in Conjunction with WWW2005.

Benczúr András A. – Csalogány K. – Sarlós T. (2006): LinkBased Similarity Search to Fight Web Spam. In: Proc. AIRWeb'06 Workshop in Conjunction with SIGIR2006.

Brin, S. – Page, L. (1998): The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. Computer Networks and ISDN Systems. 30, 1–7, 107–117.

Broder, Andrei – Kumar, R. – Maghoul, F. – Raghavan, P. – Rajagopalan, S. – Stata, R. – Tomkins, A. – Wiener, J. (2000): Graph Structure in the Web, In Proc. 9th WWW conference, 309–320.

Fogaras Dániel – Rácz Balázs (2005): Scaling Link-based Similarity Search. In Proc. 14th WWW conference. 641–650.

Fogaras Dániel – Rácz B. – Csalogány K. – Sarlós T. (2005): Towards Scaling Fully Personalized PageRank. Internet Mathematics. 2, 3, 333–358.

Friedman Eszter – Uher, M. – Windhager E. (2003): Keresés a Világhálón. Híradástechnika. 3, 58.

Gyöngyi Zoltán – Garcia-Molina, H. – Pedersen, J. (2004): Combating Web Spam with TrustRank. In: Proc. 30th VLDB conference. 576–587.

Jeh, Glen – Widom, Jennifer (2003): Scaling Personalized Web Search. In: Proc. of 12th WWW conference. 271–279.

Ntoulas, Alexandros – Najork, M. – Manasse, M. A. (2006): Detecting Spam Web Pages through Content Analysis. In: Proc 15th WWW Conference.

Page, Lawrence – Brin, S. – Motwani, R. – Winograd, T. (1999): The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. Technical Report 1999-66. Stanford University.

Sarlós Tamás – Benczúr A. A. – Csalogány K. – Fogaras D. –Rácz B. (2006): To Randomize or Not to Randomize: Space Optimal Summaries for Hyperlink Analysis. In: Proc. 15th WWW Conference.

Search Engine Watch. http://searchenginewatch.com/reports/article.php/2156481(letöltve 2006 június).

Wu, Baoning – Goel, V. – Davison, B. D. (2006): Propagating Trust and Distrust to Demote Web Spam. In: Workshop on Models of Trust for the Web

MAGYAR KÖZGAZDÁSZOK SZERZŐTÁRSI KAPCSOLATHÁLÓI ÉS TUDOMÁNYOS TELJESÍTMÉNYE

Tóth István János
PhD, tudományos főmunkatárs, MTA Közgazdaságtudományi Intézet
tothij@econ.core.hu

Szántó Zoltán
egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem Szociológia és Társadalompolitika Intézet
zoltan.szanto@uni-corvinus.hu

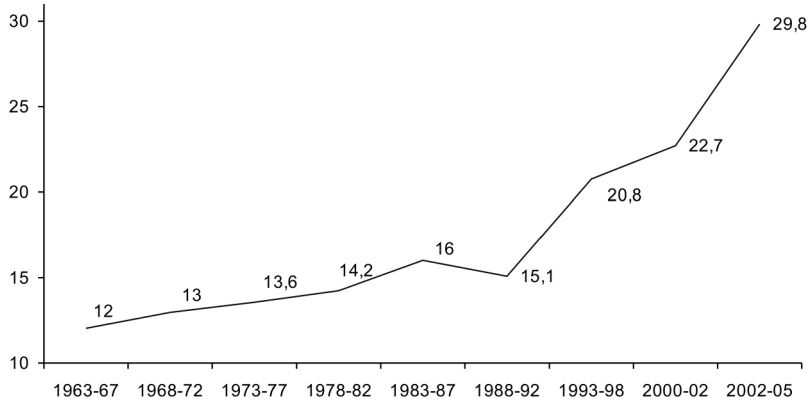
Tanulmányunk célja, hogy összefüggést keressen a tudományos produktumok előállítói közti kapcsolatok és a tudományos teljesítmény minősége között a magyar közgazdászok körében.[1] Előzetes várakozásaink szerint a kutatók közti tudományos együttműködés pozitív hatást gyakorol a tudományos produktum minőségére. Ez a várt minőségjavulás alapvetően abból a munkamegosztáson alapuló kooperációból fakad, amelyre – tipikus esetben – a kutatói műhelyek kínálnak lehetőséget. Az egyes részterületekre specializálódott kutatók közös tudományos teljesítménye hipotézisünk szerint tendenciaszerűen felülmúlja az önálló (egyszerzős) tudományos teljesítményeket. A kutatók közti együttműködés mérésére a szerzőtársi kapcsolathálókat, míg a tudományos teljesítmény mérésére az angol nyelvű könyvekben, műhelytanulmányok sorozatokban és referált szakmai folyóiratokban megjelent tanulmányoknak az EconLit adatbázisban fellelhető számát[2] használjuk. Konkrét vizsgálatunk az MTA Közgazdaságtudományi Bizottságának folyóiratában, a Közgazdasági Szemlében 1988-2005 között megjelent cikkek szerzőire[3] terjed ki: először megnézzük hogyan alakul a vizsgált időszakban a többszerzős cikkek aránya, majd ezt követően adatokat közlünk a szóban forgó szerzők angol nyelvű publikációiról. Végül a szerzőtársi kapcsolathálóknak az angol nyelvű publikációk számára gyakorolt hatását teszteljük a rendelkezésünkre álló adatok alapján.[4] Fejtegetéseinket az eredmények rövid értelmezése zárja.

[1] Ezúton fejezzük ki köszönetünket kutatási asszisztenseinknek, Perpék Évának és Papp Gergőnek, akik az adatok gyűjtésében voltak segítségünkre. Köszönjük továbbá Poór Ágnesnek (MTA KTI könyvtár) az adatgyűjtés során nyújtott segítségét. Az elemzés előzményeihez lásd: Such – Tóth, 1989; Tóth – Szántó, 2000; Tóth, 2004.

[2] Az EconLit az Amerikai Közgazdasági Társaság (American Economic Association) által szerkesztett, a világ közgazdasági irodalmát összefoglaló elektronikus bibliográfia. Az EconLit-ben a közgazdaságtanban legfontosabb és legidézettebb folyóiratokban megjelent cikkek, könyvek, összegyűjtött cikkek, egyetemek és kutatóintézetek műhelytanulmányai és PhD-disszertációk, könyvismertetések összefoglalója vagy teljes szövege érhető el. Az EconLit-ben gyűjtött dokumentumok leírását lásd a http://www. econlit.org/document_types.html oldalon, a megjelenő folyóiratok listáját pedig a http://www.econlit.org/journal_list.html oldalon.

[3] Az elemzésből kihagytuk a külföldi szerzőket.

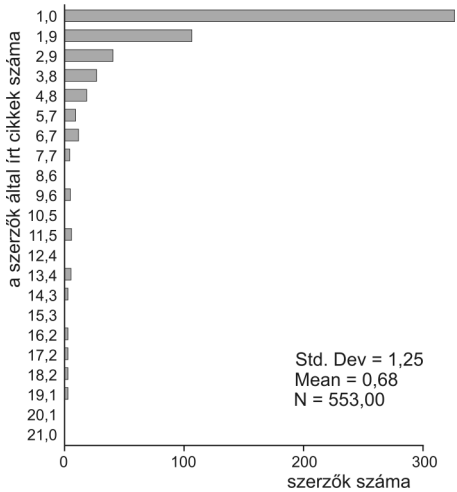
[4] A kutatás során megfigyelt szerzők listája, a felhasznált adatok és az elemzés részletes eredményei letölthetők a http://econ.core.hu/~tothij/research.html internetes oldalról.



1. ábra • Együttműködés a magyar közgazdászok között – többszerzős cikkek aránya a Közgazdasági Szemlében 1963-2005, % (n = 2498) (Adatok forrása: 1963-1987: Such – Tóth, 1989; 1988–2005: saját számítás.)

A többszerzős cikkek arányának alakulása

A vizsgált időszakban egyértelmű trend rajzolódik ki: a többszerzős cikkek aránya 1963 és 2005 között folyamatosan emelkedik. Míg a periódus elején a megjelent cikkek 12-13 %-át jegyezték legalább ketten, addig az ezredforduló utáni időszakban ez az arány már 30 %-hoz közelít *(1. ábra)*. A nyolcvanas évek végéig terjedő időszakot egy viszonylag lassú emelkedéssel jellemezhetjük, majd – egy rövid visszaesést követően – a kilencvenes évek elejétől meredek emelkedést tapasztalhatunk. A vizsgált időszakban mintegy két és félszeresére nőtt a többszerzős cikkek aránya.[5]



2. ábra • A szerzők megoszlása az általuk publikált cikkek száma szerint 1988-2005

Az általunk megfigyelt periódusban (1988-2005) összesen 554 magyar szerző írása jelent meg a Közgazdasági Szemlében. E szerzők 52,2 %-a (289 fő) csak olyan cikket írt, amelynek egyedüli szerzője volt, tehát e szerzőknek nincs szerzőtársi kapcsolatuk, 17,9 %-uk (99 fő) az egyszerzős cikk (vagy cikkek) mellett írt olyan tanulmányt is, amelynek volt szerzőtársa, végül 30 %-uk (166 fő) csak szerzőtárssal publikált. E csoportok megkülönböztetése fontos lesz későbbi elemzésünk szempontjából.

Az időszak alatt a megfigyelt magyar szerzők 1032 cikket írtak a Közgazdasági Szemlébe.[6] E cikkek több mint négyötödét egy szerző írta, és a maradék nem egészen 20 % származott több kutató együttműködéséből

[5] Ez persze nem magyar és nem is közgazdaságtani sajátosság: hasonló tendenciákkal találkozhatunk más országokban és más tudományterületeken is. (Lásd pl.: Sacco – Milana, 1984; Bird, 1997; Cronin et al., 2003)

[6] Ide soroltuk a tanulmányok mellett a *Műhely* és a *Szemle* rovatban megjelent írásokat is.

A tanulmányokat író szerzők száma	1963-1987	1988–2005
Egy	86,3 %	81,8 %
Kettő	10,7 %	14,6 %
Három	2,4 %	2,4 %
Négy vagy több	0,6 %	1,2 %
Összesen	100,0 %	100,0 %
N	1574	1032

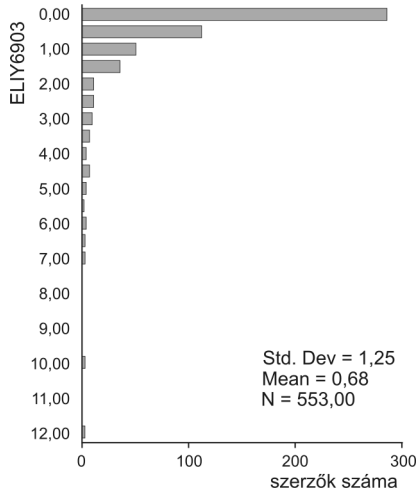
1. táblázat • Egy- és többszerzős cikkek aránya a Közgazdasági Szemlében 1963-2005 (Adatok forrása: 1963-1987: Such –Tóth, 1989; 1988-2005: saját számítás)

(1. táblázat). Az 554 szerző összesen 1274 írás elkészítésében vett részt.[7] A szerzők átlagban 2,3 cikket írtak, egy tanulmányt írt a szerzők 58,5 %-a (324) fő, kettőt a szerzők 19 %-a (105 fő) és egy szerző 22 tanulmány elkészítésében vállalt szerepet *(2. ábra).*

Tudományos teljesítmény: az angol nyelvű publikációk száma

A nemzetközi tudományos fórumokon való jelenlét és a publikációs aktivitás mérésére az EconLit adatbázisát vettük alapul, amely 1969 óta gyűjti a közgazdaságtan területén az angol nyelven megjelent publikációk adatait.[8] Nézetünk szerint az EconLitben való megjelenés a megfigyelt folyóiratok, kiadók, egyetemek és intézmények kiválasztása okán önmagában is bizonyos minőségi szelekciónak felel meg, és felhasználható a kutatók nemzetközi színtéren történő tudományos aktivitásának mérésére.

A Közgazdasági Szemlében 1988 és 2005 között publikáló szerzők EconLitben való jelenléte eléggé egyenetlen. A szerzők közel fele (46,3 %-a) egy publikációval sem szerepel az EconLitben – vagyis nincs számottevő, a közgazdaságtan kutatási területein született angol nyelvű publikációja –, míg 14,8 %-uknak egy, 8,8 %-uknak kettő, 5,8 %-uknak három és 24 %-uknak négy vagy annál



3. ábra • A szerzők megoszlása az EconLitben ötéves periódusokban megjelenő publikációknak a kutatói pálya hosszával korrigált átlagos száma szerint, 1969-2003 (Magyarázat: ELIY6903: az EconLitben nyilvántartott publikációk száma osztva az adott szerzőnek a kutatói pályán eltöltött becsült idejével és szorozva öttel.)

több publikációja szerepel e reprezentatív adatbázisban.

Mivel az EconLit kumulált adatokat tartalmaz (1969-től kezdődően számolja az adott kutató angol nyelvű publikációinak számát), az ebben való jelenlét a publikációs aktivitás mellett a kutatói pályán eltöltött időtől is függ. Az előbbi méréséhez ezért az utóbbi hatásától meg kell tisztítanunk az

[7] A többszerzős cikkeket minden szerzőnél figyelembe véve.

[8] Az EconLit-ben szerepel néhány orosz és német nyelvű publikáció is, de ezek száma elenyésző.

adatokat. Ehhez minden szerző esetében meghatároztuk a kutatói karrier becsült hosz-szát.[9] Ezzel elosztottuk a nyers adatokat, s így számoltuk ki ötéves periódusokra bontva az EconLitben megjelenő angol nyelvű publikációk átlagos számát. Eredményül azt kapjuk, hogy ötévente átlagban 0,68 publikációval jelentkeznek a magyar szerzők az EconLitben, miközben 78 %-uknál ez a szám ötéves átlagban nem éri el az egy, és 95 %-uknál nem haladja meg a három publikációt *(3. ábra)*.

Hogyan hatnak a szerzőtársi kapcsolathálók a tudományos teljesítményre?

Az elmúlt években számtalan elemzés született a tudományos/szerzőtársi kapcsolathálókról.[10] Ezek a vizsgálatok egyrészt kiterjednek a kutatók közti közvetlen egyéni kapcsolatok feltárására, illetve arra, hogy a kutatók attribútumai (például tudományos termékenység, státus, nemi hovatartozás) hogyan befolyásolják a szerzőtársi kapcsolathálók alakulását. Másrészt találkozhatunk olyan elemzésekkel, amelyek teljes szerzőtársi kapcsolathálók szerkezetét mutatják be, kitérve a közvetlen és közvetett kapcsolatokra, sőt szervezetközi és nemzetközi tudományos együttműködésekre. Ezeknek a vizsgálatoknak, vonatkozzanak akár egyéni, akár teljes szerzőtársi kapcsolathálókra, mindazonáltal közös jellemzőjük, hogy magukat a szerzőtársi kapcsolathálókat, azok szerkezetét és dinamikáját tekintik elemzésük tárgyának. A mi elemzésünk viszont az individuális szerzőtársi kapcsolatháló adatait arra használja, hogy – legalábbis részben – magyarázatot kínáljon a tudományos teljesítményekben megfigyelhető különbségekre.

Feltételezésünk szerint a kutatók közötti együttműködés, amit a szerzőtársi kapcsolatokkal mérünk, jótékonyan hat a hálózatban részt vevő kutatók publikációs aktivitására és végső soron tudományos teljesítményére. Ha egy kutató tagja valamilyen kutatói műhelynek, és ez a tény más kutatóval közösen végzett munkában és e munka eredményeinek közös publikálásában jelenik meg, akkor nagyobb valószínűséggel születik olyan publikáció, amely – építve a résztvevők eltérő területeken megszerzett képességeire és tudására – sikeresebb lesz a tudományos piacon, azaz esetünkben nagyobb valószínűséggel kerül be az EconLit adatbázisába is.

A szerzőtársi kapcsolatok jelenléte szerint a szerzők EconLitben való megjelenése számottevően különböző. Azok a szerzők írtak több EconLitben szereplő publikációt, akiknek egyedül írt cikkük, vagy cikkeik mellett volt szerzőtársi kapcsolatuk is, és sokkal kevesebb publikáció fűződik a csak egyedül dolgozó és a csak társakkal publikáló szerzők nevéhez (lásd a *4. ábrát*).

A szerzőtársi kapcsolatoknak a kutató tudományos teljesítményére gyakorolt hatása tesztelésével az alábbi általános modellből indultunk ki:

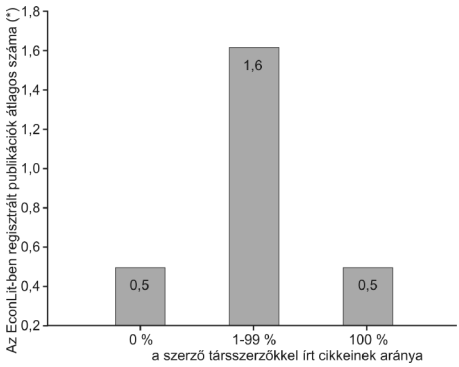
$$T_a = f(HP_a, K1_a, K2_a, \ldots, Kn_a),$$

ahol T_a a kutató tudományos teljesítménye, HP_a a hálózati pozíciója, és *K1, K2,…, Kn* a szóban forgó kutató egyéb jellemzői.

A becslés során az EconLitben regisztrált publikációknak a kutatási idővel korrigált átlagos számát egy rendezett kategóriás változóba

[9] Ha ki tudtuk gyűjteni nyilvános adatbázisokból a kutató születési évét, akkor úgy számoltunk, hogy huszonöt éves kora után kezdődött tudományos karrierje. Ha nem jutottunk hozzá a születési év adatához, akkor a Közgazdasági Szemlében 1988 utáni első publikáció évét vettük alapul. Minden ilyen esetben feltételeztük, hogy negyvenéves korban került sor az első publikációra, és az így becsült életkori adatokkal dolgoztunk. A szerzők 41%-ánál kellett így eljárnunk. Ha a szerző már nem él, akkor a halálozási dátumot is figyelembe vettük. E becslési módszert ellenőriztük azoknál, akikre vonatkozóan rendelkezésünkre álltak az életkori adatok, és eredményül azt kaptuk, hogy így átlagosan 3,9 évvel becsüljük alá az életkort a tényleges életkorhoz képest.

[10] Lásd például: Cronin et al., 2003, Barabási et al., 2002. Jó összefoglaló áttekintést ad ezekről a kutatásokról: Glanzel – Schubert, 2004, 257–261.



4. ábra • Az EconLitben ötéves periódusokban megjelenő publikációknak a kutatói pálya hosszával korrigált átlagos száma a szerzőtársi kapcsolatok jelenléte szerint, 1969-2003. – * Ötéves periódusra számolt, a kutatási idővel korrigált értékek

(ordinális változóba) alakítottuk át (ELIYO) és az egyes kategóriákba esés esélyét becslő, ún. ordered logit modellt alkalmaztunk.

Jobb oldali (magyarázó) változóként a szerzők öt jellemzőjét szerepeltettük a modellben. A hálózati pozíció méréséhez egy olyan változót képeztünk (TSZD), amelynek értéke 1, ha a szerző írt egyedül és szerzőtársakkal is cikket az időszak alatt a Közgazdasági Szemlében, és nulla, ha nincs szerzőtársi kapcsolata, vagy csak szerzőtársakkal publikált.

Bár a tudományos teljesítményt mérő változónkat (ELIYO) már korrigáltuk a szerző kutatói pályán eltöltött becsült idejével, úgy gondoljuk, érdemes figyelembe venni a kutatási időt (KIDO) külön is, mivel a pályán eltöltött idővel nem lineárisan nő a publikációk száma. A kutatási idő növekedése ugyanis a kutatási tapasztalat felhalmozódásával is jár, azaz egy 2*t* éve a pályán lévő kutatónak nagyobb az éves átlagban várt publikációinak száma, mint a csak *t* éve a pályán lévőé. Ezen túl nem tudjuk, hogy e hatás lineáris-e, ezért érdemes a kutatási idő négyzetét (KIDO2) is szerepeltetni a modellben.

A magyar közgazdászok publikálási gyakorlata azt mutatja, hogy munkáikat egyaránt megjelentetik magyar és angol nyelven. A magyar nyelven való megjelenés általában megelőzi a rangosabb angol nyelvű folyóiratban való közzétételt. A kutatói pályán eltöltött azonos idő mellett vannak olyan kutatók, akik többet, és vannak, akik kevesebbet publikálnak. Erre vonatkozóan láthattunk adatokat a *2. ábrán*. Ezek szerint szükséges figyelembe venni azt is, hogy a megfigyelt időszakban (1988-2005) a Közgazdasági Szemlében egy szerző hány cikkben vett részt mint szerző. Minél aktívabb ezen a téren, annál valószínűbb, hogy van olyan tudományos publikációja, amelyet meg tudott jelentetni az EconLitben szereplő tudományos kiadványokban is. E hatás megragadására szerepeltettük a modell magyarázó változói között a Közgazdasági Szemlében az időszak alatt írt cikkek számát is (SCIKK). A szerző német (NEM) is érdemesnek látszott figyelembe venni, a kutatási teljesítmények nemhez kötődő esetleges különbségeinek megfigyelése céljából. Így az alkalmazott modellünk az alábbi volt:

$$Pr(ELIYO = i) = Pr(k_{i-1} < \beta_1 TSZD + \beta_2 KIDO + \beta_3 KIDO2 + \beta_4 SCIKK + \beta_5 NEM + u \leq k_i),$$

ahol k_{i-1} az ELIYO *i*-edik kategóriájához tartozó küszöbérték.

Az eredmények megerősítik feltételezésünket (lásd a *2. táblázatot*). A szerzőtársi kapcsolatok léte az egyéni kutatói teljesítmény megjelenése mellett számottevően elősegíti a nemzetközi tudományos porondon nyújtott teljesítményt a Közgazdasági Szemlében cikket írók körében.

Megfigyelhető emellett a kutatási idő (KIDO) hosszának pozitív hatása is, amit az említett módon a kutatói tapasztalat felhalmozódásával hozunk összefüggésbe: minél hosszabb ideje van a pályán a kutató, annál tapasztaltabb és annál inkább képes megjelenni a nemzetközi tudományos életben, és

		Koefficiens	Standard hiba
Küszöbök	[ELIYO = 0]	1,6430	0,321
	[ELIYO = 1]	2,5830	0,332
	[ELIYO = 2]	3,4410	0,346
Magyarázó változók	TSZD	0,9210	0,255
	KIDO	0,0078	0,023
	KIDO2	-0,0001	0,000
	SCIKK	0,2550	0,520
	NEM	0,0541	0,188

2. táblázat • A szerzőtársi kapcsolatok hatása a tudományos teljesítményre – rendezett logit (ordered logit) becslési eredmények (N=552)

több értékes tudományos teljesítmény létrehozására képes. Ez a kapcsolat nem lineáris, az idővel mutatkoznak az elfáradás jelei is. A kutatási idő négyzetével már némileg csökken annak esélye, hogy a szerző az EconLitben számba vett nemzetközi publikációk átlagos száma szerint a magasabb teljesítményt felmutató kutatói csoportba kerüljön.

Várakozásainknak megfelelően a kutatói aktivitás, a magyar nyelven a Közgazdasági Szemlében megjelent cikkek száma, számottevő pozitív hatást gyakorol az angol nyelvű publikációk számára. A nem hatása inszignifikáns, azaz nincs a nemzetközi porondon való megjelenés tekintetében a társadalmi nemre visszavezethető különbség a kutatók között.

Eredményeink szerint tehát szignifikáns kapcsolat mutatkozik a szerzőtársi kapcsolathálóban elfoglalt pozíció és az idegen nyelvű publikációk száma között. A statisztikai vizsgálat azt mutatja, hogy a csak egyszerzős cikkeket publikáló szerzők átlagos EconLit publikációs adata jóval alacsonyabb, mint azoké, akik egyszerzős és többszerzős cikkeket egyaránt publikálnak. Ugyanakkor a kizárólag többszerzős cikkek szerzői szintén alacsonyabb értékkel szerepelnek. Értelmezésünk szerint ezek az eredmények a szerzőtársi kapcsolathálóban betöltött különböző szerepekkel magyarázhatók. A szakirodalom (Yoshikane et al., 2005) különbséget tesz a szerzőtársi kapcsolathálókban betöltött vezető (leader) és követő (follower) szerep között: ennek lényege durván, hogy a követő szerepet betöltő hálótag nem képes önálló tudományos produktum előállítására, de képes kutatói együttműködésre. A vezető viszont egyaránt képes önálló kutatói produktum felmutatására, ugyanakkor kutatói műhelyeket is szervez, s így – tipikus esetben – egyaránt lesznek önálló és többszerzős publikációi. Akinek viszont csak önálló publikációi vannak („magányos farkasok"), azok kimaradnak a specializáción alapuló műhelymunka potenciális eredményeiből. Hasonló megfontolások húzódnak meg a szerzőtársi (coauthorship) és alárendelt szerzőtársi (subauthorship) szerep megkülönböztetése mögött (Cronin et al., 2003). Míg az előbbi egyenlő, addig az utóbbi egyenlőtlen felek együttműködését jelenti. Másképpen: az alárendelt szerzőtársak rá vannak szorulva a szerzőtársakra, önállóan nem képesek publikálni, míg a nem alárendelt szerzőtársak presztízse magasabb.

Kulcsszavak: *magyarországi közgazdászok, szerzőtársi hálózatok, tudományos együttműködés*

IRODALOM

Barabási Albert-László – Jeong, H. – Néda Z. – Ravasz E. – Schubert A. – Vicsek T. (2002): Evolution of the Social Network of Scientific Collaborations. Physica A, 311, 590–614.

Bird, James E. (1997): Authorship Patterns in Marine Mammal Science, 1985–1993. Scientometrics. 39, 99–105.

Cronin, Blaise – Shaw, D. – Barre, K. L. (2003): A Cast of Thousands: Coauthorship and Subauthorship Collaboration in the 20th Century as Manifested in the Scholarly Journal Literature of Psychology and Philosophy. Journal of the American Society for Information Science and Technology. 54, 9, 855-71

Glänzel, Wolfgang – Schubert András (2004): Analyzing Scientific Networks through Co-Authorship. In: Moed, Henk F.et al. (eds.), Handbook of Quantitative Science and Technology Report. Kluwer Academic Publishers, 257–276.

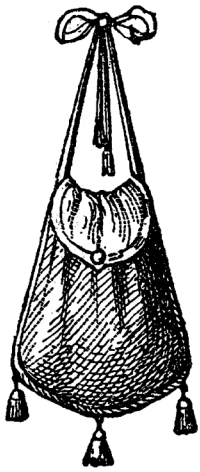
Sacco, Willam P. – Milana, Suzette (1984): Increase in Number of Authors Per Capita in 10 APA Journals: 1960-1980. Cognitive Therapy and Research. 8, 1, 77–83.

Such György – Tóth István János (1989): A magyar közgazdaságtudomány a Közgazdasági Szemle tudománymetriai vizsgálatának tükrében, Közgazdasági Szemle, XXXVI, 1163–1241.

Tóth István János (2004): A magyar közgazdászok hatása és publikációs aktivitása 1969–2004. Egy tudománymetriai elemzés. 2004. december http://econ.core.hu/~tothij/others/scientometrics.html

Tóth István János – Szántó Z. (2000): Társadalomtudósok kapcsolathálói a Közgazdasági Szemlében (1963–2000). Problémák, hipotézisek és előzetes eredmények. Kézirat

Yoshikane, Fuyuki – Nozawa, T. – Tsuji, K. (2005): Comparative Analysis of Co-Authorship Networks Considering Authors Roles in Collaboration: Differences between the Theoretical and Application Areas. http://svrrd2.niad.ac.jp/faculty/fuyuki/issi2005.pdf



POLITIKUSOK A MAGYAR NAGYVÁLLALATOK HÁLÓZATÁBAN 1987-2001 KÖZÖTT

Vedres Balázs
PhD, egyetemi adjunktus, Central European University
vedresb@ceu.hu

Bevezetés

A gazdasági és politikai rendszerváltoztatás egyik alapeleme volt az államszocializmusban szorosan összefonódott gazdasági és politikai mező szétválasztása. A múlt rendszerben a gazdaság és a politika egyaránt az állam részei voltak: a tervalku egyszerre volt gazdasági és politikai folyamat, az MSZMP központi bizottságában megtalálhatók voltak a legnagyobb vállalatok vezérigazgatói, és a politikai és gazdasági elitkarrierek között gyakori volt az átváltás (Szalai, 1989). A rendszerváltoztatás kettős célja egy szavazatokért versengő demokrácia és egy piacokon versenyző magángazdaság létrehozása volt. A két mező közötti kapcsolatok azonban nem szűntek meg, hanem egyrészt követték a korábbi rendszer kapcsolati irányait, másrészt új logika szerint új kapcsolatok alakultak.

Ahhoz, hogy a pártok versenyezzenek egymással, gazdasági erőforrásokra van szükségük. A választási kampányok költsége sokszorosan meghaladja az állam által biztosított keretet, és ez nem finanszírozható nyíltan a gazdasági szféra bevonásával (Juhász, 2001). A pártok személyes hálókon keresztül biztosíthatják ezeket a forrásokat, aminek egyik formája az, hogy a nagyvállalat igazgatósági vagy felügyelőbizottsági tagnak nevezi ki a párt politikusát. Hasonlóképpen ahhoz, hogy a nagyvállalatok részvételéhez a piaci versenyben egy meglehetősen bizonytalan környezetben (ahol a bizonytalanságok nagy részben a gazdaságpolitikai irányok változásaiból adódnak) politikai kapcsolatokra van szükségük. Kormányzati tisztségviselők és politikusok vezetőségi tagságba választásával egy nagyvállalat korai figyelmeztetéseket kaphat a szabályozások változásáról, esetenként befolyásolhatja is azokat (Burris, 2005).

A politikai és gazdasági mező összekapcsolásának racionális motivációi azonban nem szándékolt hálózati következményekkel is járhatnak. A nagyvállalati kapcsolatok pártholdudvarokká állhatnak össze, stabil politikai-üzleti csoportokká, amelyek akadályozzák a politikai versenyt. A nagyvállalatok eltérő politikai kötődése elszakíthat, blokkolhat gazdaságilag racionális vállalatközi kapcsolatokat. Egyszóval a gazdaság átpolitizálttá válhat, ami a politikai és a gazdasági verseny hatékonyságát is ronthatja.

A nagyvállalatok politikai kapcsolatait a társadalmi kapcsolatháló elemzésének szempontjai szerint vizsgáljuk. Olyan kutatási kérdések esetén indokolt a hálózati szemléletmód – a tisztán kapcsolatival, diadikussal szemben –, ahol diádokon túli kapcsolati jelenségek szerepelnek feltételezett okként vagy következményként. Egy nagyvállalat politikai kapcsolata magában egy diád (ami magában is elemezhető), de ha ennek a kap-

csolatnak a nagyvállalat további kapcsolataira vonatkozó hatását vizsgáljuk (például hogy milyen valószínűséggel kapcsolódik más pártállású cégekhez), akkor már hálózati elemzésről van szó (Wasserman – Faust, 1994).

Adatok

A nagyvállalatok és a politika kapcsolódását egy történeti adatbázis segítségével vizsgáljuk, amely az 1987-2001-es időszakot öleli fel. A nagyvállalatok és a politikai testületek köréből archív (cégbírósági, választási bizottsági) adatokat gyűjtöttünk. Ilyen érzékeny téma esetében és ilyen hosszú időszakra egy kérdőíves, személyes megkeresésen alapuló vizsgálat nem adna megbízható eredményeket.

A nagyvállalati populáció mindazon cégeket tartalmazza, amelyek árbevétel szerint legalább egy évben az akkori legnagyobb 500 közé tartoztak, valamint a bankok teljes sokaságát. Ez 1696 céget jelent. Ezeknek a cégeknek a cégbírósági dossziéiból összegyűjtöttük a cégjegyzőik, felügyelőbizottsági és igazgatósági tagjainak a névsorát, a tisztség kezdetének és végének a dátumával. A politikai mező adatait a következő – a Magyar Távirati Iroda, illetve az Országos Választási Bizottság által rendelkezésünkre bocsátott – névsorokból állítottuk össze: az utolsó MSZMP Központi Bizottság, annak albizottságai és a Politikai Bizottság; az 1990 és 2001 közötti időszak parlamenti képviselői, polgármesterei és kormányzati tisztségviselői helyettes államtitkári szintig.

Az adatbázis nyers formájában egy körülbelül százhúszezer nevet tartalmazó névsor, ahol minden névnél szerepel a tisztség, a szervezet neve és a tisztség kezdő és végső dátuma. A személyes átfedések adják a nagyvállalatok egymás közötti, illetve a politika felé mutató kapcsolatait. Bár az adatbázis időbeni felbontása megengedi, hogy akár a vizsgált időszak minden napjára rögzítsünk egy hálózatot, ebben a cikkben éves felbontással dolgozunk. Interjús tapasztalatainkra támaszkodva a nem aktív politikai tisztségviselők vállalati kapcsolatait is számításba vettük. (Például ma az Antall-kormány időszakának egy volt politikai tisztviselőjét előszeretettel emelik tisztségbe nagyvállalatok, hogy a jobboldal felé kapcsolódjanak.)

Politikai holdudvarok

Elsőként a politikai pártok szemszögéből vizsgáljuk a politikai-gazdasági hálózatot. Mennyire stabil és kizárólagos a pártok vállalati kapcsolatköre? Politikai holdudvarok akkor alakulnak ki, ha nagyvállalatok jelentős számban stabilan kötődnek egy politikai oldalhoz. Ha életképes stratégia a diverzifikált politikai portfólió, vagy ha a vállalatok kormányváltásokhoz igazodva váltják politikai kapcsolataikat, nem beszélhetünk holdudvarokról, politikai-üzleti csoportokról (Useem, 1984).

Az 1696 vállalat közül 349-nek (21 %) volt politikai kapcsolata legalább egyszer a vizsgált időszakban. Ha ezeknek a vállalatoknak a politikai karrierjét – politikai kapcsolatainak a történetét – nézzük, csak harminc vállalat (a politikai kapcsolattal rendelkezők 9 %-a) váltott politikai oldalt minden kormányváltásnál. Összesen 86 cég (25 %) kötődött története során csak egy párthoz, és csak akkor, amikor az a párt kormányon volt. Ezzel szemben 156 cégnek (45 %) volt legalább két évig kizárólagos kapcsolata olyan párttal, amelyik azokban az években nem volt kormányon. A cégek legnagyobb része tehát inkább stabilabb politikai kapcsolatot tart fenn.

A teljes vállalati karrierek vizsgálata mellett a politikai holdudvarok kialakulását időben is érdemes vizsgálni. Az adatbázisunk lehetőséget ad arra, hogy egy születő piacgazdaság és egy demokratizálódó politikai mező kapcsolódásait a kezdetektől nyomon kövessük. Az államszocialista rendszer öröksége a teljes időszakban nyomon követhető, a volt MSZMP-vezetők a mindenkor legjob-

ban beágyazott párttal összemérhető kapcsolati körrel rendelkeztek, bár az idő előrehaladtával ez a kapcsolatszám csökkenést mutat. A baloldal nagyvállalati kapcsolatainak a kilencvenes évek közepén még a felét tették ki a volt MSZMP-vezetők, 2001-re már csak a harmadát. (A KISZ kapcsolatrendszere ebben a vizsgálatban nem szerepelt.)

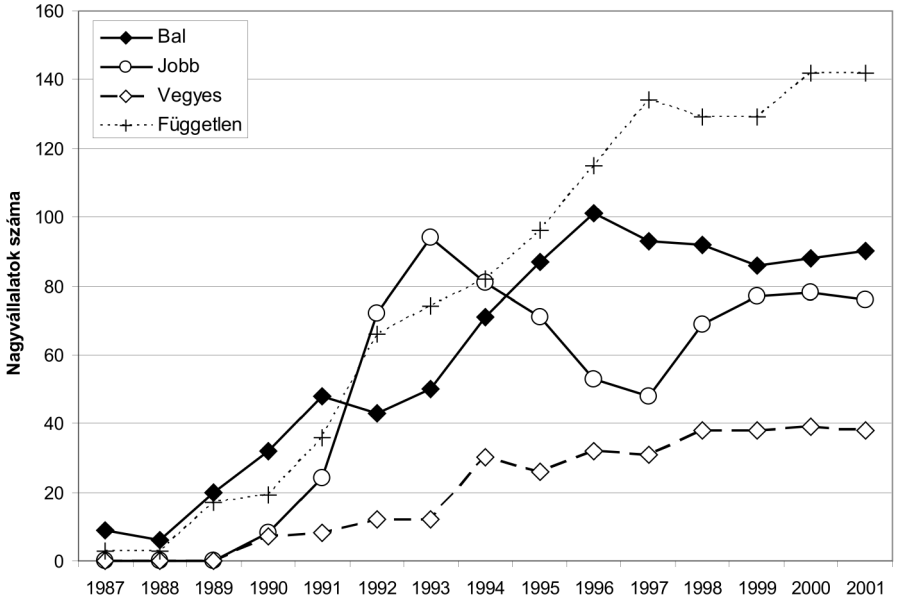
Az *1. ábra* mutatja a politikai oldalak nagyvállalati kapcsolatait évenkénti bontásban. A pártpolitikai kapcsolódások felfutása 1993-ig tart, innen nagyjából stabilizálódik a pártpolitikai háló sűrűsége. Látható, hogy a két nagy oldal kapcsolatai a kormányváltásokat követik, és emellett a vállalatok növekvő része vegyes kapcsolatokat épít ki. Ez arra enged következtetni, hogy a holdudvarok nem különülnek el élesen, egyre inkább áthidalhatóak a politikai oldalak.

Az igazán nagy átalakulás azonban ennél alapvetőbb. A politikai pártok emberei helyett a cégek egyre szívesebben választanak független politikai tisztségviselőket, akik egyszersmind túlnyomórészt helyi polgármesterek. A gazdaság és politika kapcsolatai eltávolodnak a pártpolitikától és a nemzeti szintű politikai arénától. Ez a folyamat a magántulajdon és a külföldi tulajdon arányának növekedését látszik követni.

A politikai szekértáborok kialakulásának (az egyes pártokhoz való hűség) jelei mellett a diverzifikált politikai portfóliók megjelenése és a nemzeti szintű pártpolitika kikerülése két olyan folyamat, amely a politikai-üzleti csoportok kialakulása ellen hat. A következő kérdés az, hogy az azonos színű pártkötődéssel jellemezhető cégek kohézív csoportot alkotnak-e egymás között: a politikai kötődés befolyásolja-e az üzleti kapcsolatokat?

A politikai kapcsolatok hatása a gazdasági hálózatra

Egy nagyvállalat és egy politikai párt közötti kapcsolatnak diádon túli, nem szándékolt hatásai is lehetnek. Egy átpolitizált gazdaságban a nagyvállalat politikai kötődése megakadályozhatja a más kötődésű cégekhez

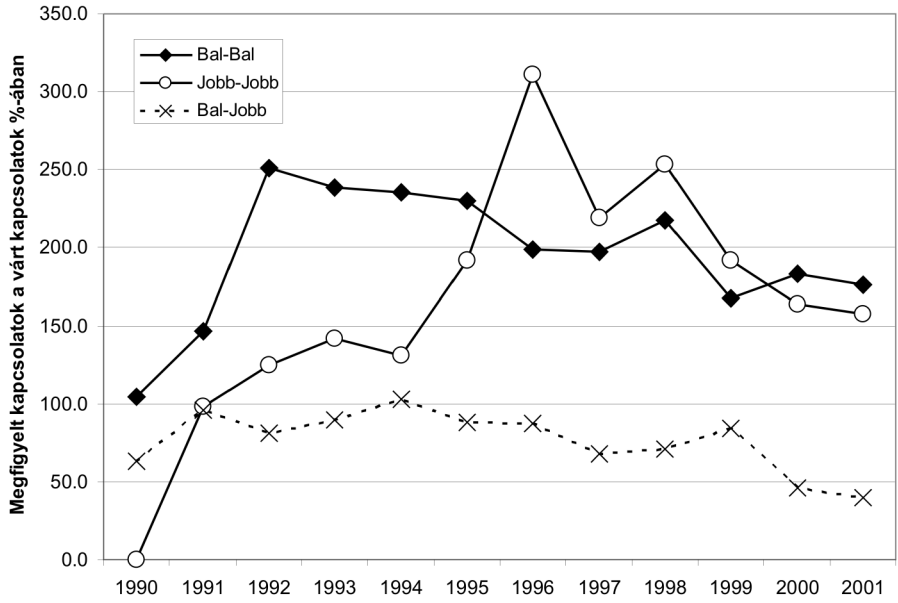


1. ábra • Nagyvállalatok száma politikai oldal szerint.

való kapcsolódást, illetve elősegítheti az azonos színezetű cégek politikai-üzleti csoporttá alakulását.

A vizsgálat alapesetei tehát a cégek közötti személyes átfedések és a politikai kötődést attribútumként használjuk. Ha a gazdaság egyáltalán nem átpolitizált, akkor a nagyvállalat politikai színezetének csak annyi köze lehet a vállalatközi kapcsolatokhoz, mint a vezérigazgató haja színének: a kapcsolatok relatív gyakorisága a színeken belül és azok között egyenlő kell hogy legyen. Egy végletekig átpolitizált gazdaságban viszont az eltérő politikai kötődésű cégek között egyáltalán nem lenne kapcsolat. Egy egyszerű mutató tehát jelen esetben a tapasztalt és az egyenlő eloszlás esetén várt kapcsolatszám aránya. A *2. ábra* ezt az arányt mutatja három kategóriában: a baloldali kötődésű cégek csoportján belül, a jobboldali kötődésű cégek csoportján belül, és a bal és jobb kötődésű cégek között. Ha mindhárom adatsor a 100 %-os szinten lenne, a gazdaság egyáltalán nem lenne átpolitizált. (A politikai kapcsolatot nem fenntartó és a vegyes politikai kötődésű cégek nem szerepelnek az ábrán.)

A baloldalhoz kötődő vállalatok hálózata korán meglehetősen exkluzívvá vált (1992 a csúcspont, ahol a várthoz képest két és félszer annyi kapcsolatot találunk a bal kötődésű cégek között), majd innen egyre csökken ezeknek a vállalatoknak a kapcsolati belterjessége. A jobboldali kötődés más történetet mutat: a kilencvenes évek közepéig a jobboldalhoz kötődő cégek nem definiáltak egy erősen elkülönülő cégcsoportot, de 1995-96-ban hirtelen bezáródott ez a cégcsoport: mintegy háromszor gyakoribbak lettek a kapcsolatok ezen oldal cégei között a vártnál. Az időszak végére azonban a jobboldali cégek kohéziója esik, és közel kerülnek a baloldalra jellemző másfélszeres kapcsolati gyakorisághoz. Ez az eredmény egybecseng interjús tapasztalatainkkal, amelyek szerint a Fidesz kormányra kerüléséhez vezető egyik folyamat a jobboldal gazdasági hátországának a megszilárdulása

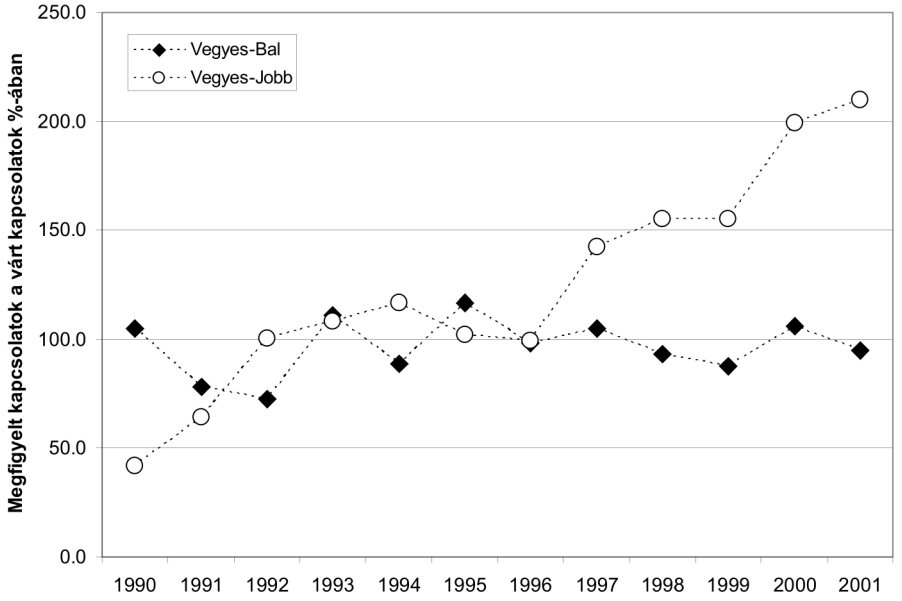


2. ábra • A megfigyelt és várt üzleti kapcsolatok aránya politikai kötődés szerint.

volt. Némiképp aggasztó a két politikai oldal cégei közötti kapcsolatokra illeszthető trendvonal. A baloldali és jobboldali cégek között egyre ritkábbak a kapcsolatok, az időszak végén az egyenletes eloszlás alapján várt kapcsolatszámnak csak a felét találjuk itt. A kilencvenes évek közepétől egy ereszkedő trendvonalat illeszthetünk mind a politikai oldalakon belüli, mind az azok közötti relatív kapcsolati gyakoriságra. Ez azt sugallja, hogy a hasonló színű vállalatokkal való összefogás helyett a más színű vállalatok elkerülése felé tolódott a hangsúly.

Amint az *1. ábrán* látható volt, egyre gyakoribbak azok a vállalatok, amelyek vegyes politikai kapcsolatokat építenek ki. Ezzel szemben a *2. ábrán* azt láthattuk, hogy egyre jobban elkülönül a jobb- és baloldal vállalati kapcsolathálója. Vajon a vegyes kötődésű vállalatok át tudják-e hidalni a két politikai oldal gazdasági kapcsolathálóját? Előfordulhat, hogy a vegyes politikai kapcsolatot fenntartó cégek egyre jobban elszigetelődnek, mivel mindkét oldal számára gyanússá válik megkérdőjelezhető lojalitásuk. Az oroszországi politikai kapcsolathálókra például ez egyre jobban jellemző (Buck, 2002). Azonban szerencsésebb esetben ezek a vegyes kötésű cégek lehetnek a két politikai oldal találkozóhelyei: ahol az igazgatósági vagy felügyelőbizottsági tanácskozóasztalnál személyesen is találkozhatnak jobb- és baloldali politikusok, felismerve közös gazdasági érdekeiket (Safford, 2004). A *3. ábra* mutatja a vegyes kötődésű vállalatok képességét arra, hogy a bal és jobb kötődésű vállalatok között hidat képezzenek.

Összességében biztató az, hogy egyik politikai oldal cégei sem határolódnak el a vegyes politikai kötődésű vállalatoktól. A baloldali vállalatok kapcsolatszáma nagyjából a várttal egyenlő az egész időszakban. A jobboldal esetében hasonló a helyzet az időszak elején, de a kilencvenes évek közepétől növekvő nyitottságot mutatnak az adatok. Az időszak végén már kétszer annyi kapcsolatot találunk itt, mint amennyit egy



3. ábra • A megfigyelt és várt üzleti kapcsolatok aránya a vegyes kötődésű vállalatok felé.

véletlenszerű eloszlás esetén várnánk. A vegyes kötődésű vállalatok betölthetik a híd szerepét, különösen a jobboldal irányában.

Kulcsszavak: *magyar politikatörténet, politikai szociológia, rendszerváltás, üzleti hálózatok*

IRODALOM

Buck, Andrew (2002): Coalition Politics and Democratization in a Russian City, 1994-2000. Doktori disszertáció. Columbia University, New York

Burris, Val (2005): Cohesion among Corporate Elites. American Journal of Sociology. 111, 1, 249-283.

Juhász Gábor (2001): Pártpénzügyek. Aula, Budapest

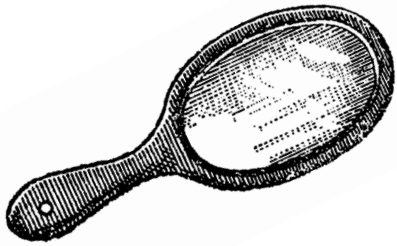
Safford, Sean (2004): Why the Garden Club Couldn't Save Youngstown: Civic Infrastructure and Mobilization in Economic Crises. Working Paper, MIT Industrial Performance Center

Stark, David - Vedres Balázs (2006): Social Times of Network Spaces: Network Sequences and Foreign Investment in Hungary. American Journal of Sociology. 111, 5, 1367-1411.

Szalai Erzsébet (1989): Gazdasági mechanizmus, reformtörekvések és nagyvállalati érdekek. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest

Useem, Michael (1984): The Inner Circle. Oxford University Press, New York

Wasserman, Stanley – Katherine Faust 1994: Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge University Press, New York



RENDSZERSZEMLÉLETŰ BIOLÓGIA; POSZTMODERN GENOMIKA TÚL A GÉNEKEN?

Falus András
az MTA levelező tagja, egyetemi tanár, intézetigazgató
Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Semmelweis Egyetem
faland@dgci.sote.hu

A tudományos eredmények gyorsuló növekedése és az információ interneten megvalósuló áramlása együttesen határozzák meg korunkat. A korábban elképzelhetetlen hatékonyságú kommunikációs felületek révén a „fejlett" világ tudományossága szinte egy nagy közös „cybertérben" zajlik a tervezéstől a pályázáson át a gyakorlati megvalósulásig és a piacok eléréséig. A tudományos közösség sosem látott lehetőséget kap a legkorszerűbb tudás megszerzésére a világhálón keresztül, a tudomány igazi demokratizálásának útja az interneten át vezet.

Az élőtudományok a többi tudományhoz képest még különlegesebb helyzetben vannak, hiszen amellett, hogy betagolódnak a fent említett tudáshálózati közegbe, kutatásuk tárgya maga a hatalmas információtartalmú élő anyag, melyben a variációk mértéke (például a DNS nukleotid varianciája és egyes szakaszok ismétlődése) csak kozmikus gigadimenziókkal érzékelhető. A komplex életjelenségeket vizsgáló biológia egésze ma mindinkább módosul, és a jelenségeket hálózati rendszerekként értelmezni képes rendszerszemléletű biológiává (systems biology) alakul. A rendszerszemléletű biológia azért bontakozhatott ki, mert létrejött a genomika (széles értelemben, idevéve a proteomika és metabolomika területeit is), az emberi intellektus egyik leglátványosabb teljesítménye a 3. évezred elején, a globalizált tudás előremutató példája.

A genetika, azaz öröklésbiológia a vertikális biológiai információátadás tudománya, napjainkban, az összes gén egyidejű vizsgálata révén globális genetikát tesz lehetővé. A genomika azonban ennél többet: genom alapú, genom léptékű biológiát jelent. Ez a teljessé váló hatalmas, interneten elérhető genomiális adatbázisok, a nagy áteresztőképességű nano-biotechnológiák, a bioinformatika és a komputertudományok ötvözeteként rendszerszemléletet hozott a biológiai tudományokba, illetve az orvostudomány minden résztudományába is. A bioinformatikai, biostatisztikai/biomatematikai megközelítés korrelációs, klaszterképző eljárásokkal és egyéb, naponta bővülő szoftvermegoldásokkal elemzi a genomiális/expressziós adatbankok és a génchiptechnika által szolgáltatott adathalmazt, majd biológiai következtetésekre alkalmas elemzést nyújt.

A bioinformatika különleges értéke az in silico (tehát komputerrel végzett) megközelítés, tehát a nemzetközi adatbázisokhoz kapcsolódó számítógépes munka (dry lab), ahol esetleg laboratóriumi munkától (wet lab) elkülönülten is végezhető korszerű, kreatív, de egyben „génhalászaton" alapuló genomikai kutatás. Ez lehetőség térben (távolról) és időben (régebben) végzett adatgyűjtés

értékelésére, és ez teszi a genomikát, a proteomikát és a most kezdődő metabolomikát igazán integratív egészségtudománnyá (systems medicine).

Genomika, metodikarendszer és szemlélet

Az emberiség kultúrtörténetének évezredei alatt az élet „princípiumainak" természettudományos megközelítése tükrözte a mindenkori élettelen (kémia, fizika), matematikai és élőtudományainak színvonalát. A biológia az a természettudomány, amely az élő rendszerek felépítésének és működésének természettudományos megismerésével foglalkozik. A Watson–Crick-tézisek, tehát a dezoxiribonukleinsav (DNS) kettős helikális szerkezetének mint modell felismerése és a „három nukleotid=1 aminosav" kódolási séma megértése óta beszélünk molekuláris biológiáról, amely szemléletével és a vizsgáló módszerek kiterjesztésével átalakította a biológia, a biomedicinális tudományok teljes körét. A genetika, az öröklésbiológia, az időben vertikális biológiai információátadás tudománya napjainkban átlépett egy tudománytörténeti küszöböt. A közvetett, majd megfigyeléseken és kísérleteken alapuló „klasszikus" genetika után, a molekuláris biológiai, biotechnológiai forradalom nyomán bekövetkezett sok organizmus, többek között az emberi genom nukleotidsorrendjének gyakorlatilag teljes feltárása. Ez a hatalmas, nagyrészt még további finomításra, kiegészítésekre váró „adatóceán" az emberi gondolkodás történetében eddig nem tapasztalt új helyzetet teremtett. Sokunk meggyőződése, hogy sok tekintetben most lépünk át egy új korszakba, napjainkban kezdődik az „írásbeliség" a biológiában. Az ezredforduló egy rendkívül jelentős paradigmaváltással, a genomikai megközelítés bevezetésével esik egybe.

A genomika a DNS-szintű variációk és a génexpressziós mintázat bioinformatikailag kiértékelt biológiai összhangzattana (genom alapú biológia). Így például az onkogenomika genom alapú rákkutatást, a farmakogenomika genom léptékű gyógyszertant és az immungenomika genomtudásra alapuló immunológiát jelent.

A genomika három, tudománytörténeti értelemben egyenként is jelentős előrelépés időbeli és motivációs egybeesése következtében vált reális lehetőséggé.

Genomprogramok

Az első alap a genomprogramok „lexikális" szakaszának befejezése. Mint tudott, 2001 első hónapjai óta már baktériumok, élesztő, a szőlőmuslica, fonálféreg és növények mellett az emberi genom teljes géntérképe rendelkezésre áll, a világháló adatbázisaiból lehívható és elemezhető. Ma mintegy négyszáz faj genomjának teljes bázissorrendje ismert, további ezerötszáz faj vizsgálata van folyamatban. Bár a gének annotációja (azonosítása) még sok időt vesz igénybe, ez a lexikális tudásanyag új genetikai információs minőséget jelent.

Mai tudásunk szerint az emberi faj nagyon egységes, a rasszok (például orientál versus kaukazoid) között kevesebb mint 0,1 % eltérés mutatható ki nukleotidbázis szinten. Meglepő eredmény volt az is, hogy csak mindössze 26-28 ezer gén található a humán genomban. Ennyi gén emberben mintegy 3,2 milliárd ($3{,}2\times10^9$) bázispár formájában jelenik meg, tehát a humán genom sokkal „hígabb", mint például az apoptóziskutatással elhíresült *Caenorhabditis elegans* nevű fonálféreg genomja, ahol a kb. 19 ezer gén az emberi genomnak kevesebb mint egyharmadán (97×10^6 bázispár) helyezkedik el, vagy akár a fugu hal genomdenzitása. A génsűrűség az emberi genomon belül is meglehetősen egyenetlen, a legnagyobb génsűrűség a 17, 19, 22-es kromoszómákon tapasztalható, míg a 4, 13, 18-as és az ivari kromoszómák (X és Y) génekben viszonylag szegények.

Úgy tűnik, hogy míg a „háztartási" (például az anyagcsere alapfolyamatait meghatározó) gének száma és polimorfizmusa nagyjából állandó, a külvilággal való kommunikációért felelős gének száma markánsan emelkedik az élővilág fejlődésének magasabb fokán. Ami a gének annotációját (funkcionális azonosítás) illeti, a helyzet már kevésbé biztató, és a már annotáltak között is nagyon sok a téves adat, ezek javítása folyamatosan történik. A bázissorrend meghatározása („szekvenálás") során a teljesítőképesség elképesztően felgyorsult. A sorok írója 1985-ben az egér C2 génjében a 183 bázispár sorrendjét fél év alatt határozta meg, ma már sok százezer bázist tudnak naponta elolvasni. Sőt, a kipróbálás alatt lévő nanoszekvenálás mintegy egymillió bázispár/másodperces sebességgel fogja ontani az adatokat, tehát egy emberi genom leolvasása egy órán belül megtehető. A mai mintegy 10 000 $/genom költségeket pedig 1000 $ alá kívánják szorítani.

Túlnyomó a nem kódoló, régebben információ híján „junk" (szemét) DNS-nek nevezett rész aránya (~98,7 %!), lásd később. A genomprogramok egyik legfontosabb hozadéka az SNP-k (single nucleotide polymorphism, pontmutáció) sokaságának feltárása, amely sokak szerint a genetika történetének legígéretesebb, és gyakorlatban (például farmakogenomika) is használható, genomszintű polimorfizmusmintázatok meghatározására is alkalmas genotipizálási módszernek ígérkezik. A HapMap projekt publikusan elérhető adatbázisa (www.hapmap.org) az összes ismert SNP-t tartalmazza, mai tudásunk szerint az emberi genom mintegy 20 millió SNP-t tartalmaz.

Microarray („génchip") technológia

A második, a nagyteljesítményű microarray (chip) eljárás, melynek speciális jellegzetességei nagyságrendekkel emelik az egyidejűleg vizsgálható gének számát, szerkezeti (nukleotidsorrend) és funkcionális (génkifejeződés-mRNS) információk tömegét képes nyújtani. A génchipek (génlapok) rendezetten (microarray), sorokban és oszlopokban több tízezer ismert nukleotidszálat tartalmaznak, ezekhez kapcsolódik a jelzett minta nukleinsav. A fluoreszcens festékekkel láthatóvá tett kötődési mintázatot a komputer értékeli, és ismerve a génlapon levő elrendezést, a pozitív/negatív reakció alapján jellemzi a minta genetikai tartalmát. Egyszerre több tízezer (akár a teljes genom) gén kifejeződése értékelhető ezzel az eljárással. Ma már fehérjelapok is rendelkezésre állnak, tehát a proteomika is használja ezt a nagy teljesítőképességű, összehasonlító elemzésekre alkalmas biológiai nanotechnológiát. A génchip technika sok szinten alkalmazható, legelterjedtebb a génexpressziós profilok jellemzése. Immunológiai példával élve: B limfocitákon elvégezhető az immunglobulin receptorok, citokinreceptorokon ható jelek vagy például hisztamininhibitorok hatásának molekuláris nyomon követése. Kitűnően azonosíthatóak a genetikai beavatkozások (pl. antiszensz hatások, RNS interferencia, domináns negatív mutáció, génkiütés) minden génre kiterjedő hatásai is. A microarray technológiát ma már nagyobb genomi eltérések, metiláció, transzkripciós faktor, proteomikai, valamint mikro-RNS (lásd később) mintázat meghatározására is alkalmazzák.

Bioinformatika, rendszerszemléletű biológia

Végül a harmadik fundamentum, talán a legfontosabb, a bioinformatika. Ez az új biostatisztikai/biomatematikai megközelítés korrelációs és halmazelméleti eljárásokkal elemzi a genomiális/expressziós adatbankok és a génchip technika által szolgáltatott adathalmazt, és biológiai következtetések levonására alkalmas elemzést nyújt.

Az egyes chipekről bekerülő adathalmaz bioinformatikai elemzése nyomán a számítógép klaszterekbe rendezi a kapott informá-

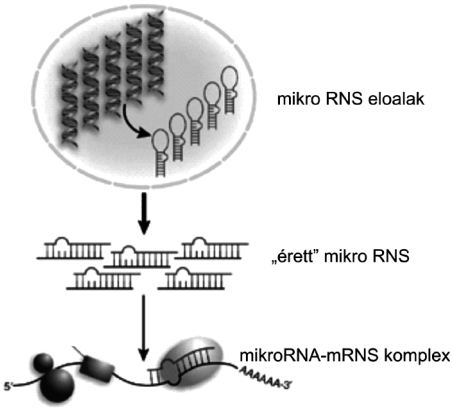
ciókat. Erre egy példa a hierarchia klaszter korrelációs analízis. Itt egy olyan mátrixábrázolás az elemzés eredménye, ahol az egyes oszlopok az egyedi mintákat, az egyes sorok az egyes géneket jelentik. A számítógépes összerendezés lényege az, hogy a többé, majd egyre kevésbé hasonló géneket kifejező mintákat csoportokba rendezve tüntetik fel. A chipanalízis teljes logisztikája tehát úgy fest, hogy az egyes mintákból származó egyedi microarray adatok bioinformatikai összegzése után számítógépes adatbankok meglévő mintázatkönyvtárai segítségével szerkezeti homológiára, illetve feltételezhető funkcióra vonatkozó következtetéseket vonhatunk le. Lehetséges bizonyos nukleinsav motívumok (például transzkripciós faktorok kötésére alkalmas „válaszelemek") keresése, ami például egy biológiai hatás sokrétűségének megértéséhez vihet közelebb. A következtetések természete diagnosztikai és prognosztikai egyaránt lehet, továbbá mára gyakorlat lett olyan géncsoportok kiemelése, amelyeknek predikciós potenciáljuk van, tehát előre jeleznek valamely, például betegségi állapot, szövődmény, mellékhatás stb. bekövetkezését. Nagyon elterjedőben vannak az ún. „szomszédosság"-értékelő algoritmusok, amelyekkel egy-egy génlap mintázatából egymással biológiai összefüggésben álló folyamatsorok (például jelátviteli vagy apoptotikus kaszkádok) genetikai mechanizmusa, és így például „betegségutak", és azokban új gyógyszercélpontok tárhatóak fel. A géncsoportok, hálózatok komplex, egységes mintázatvizsgálata a rendszerszemléletű biológia (systems biology), ez a mai biológiai gondolkodás talán leglényegesebb új paradigmája.

A bioinformatika különleges ajándéka az in silico megközelítés, tehát a nemzetközi adatbázisokhoz kapcsolódó számítógépes munka, ahol esetleg laboratóriumi munka nélkül is végezhető korszerű, kreatív, de egyben „génhalászaton" alapuló genomikai kutatás. Ez a lehetőség térben (távolról) és időben (régebben végzett adatgyűjtés értékelése). Ma már lehetséges szövettani blokkokból is rendezett „microarray-t" készíteni, esetenként akár több száz szövettani blokkból kiemelt hengerek együttes metszése nyomán létrehozott készítményen. Ezen akár nukleinsavexpressziós (például *in situ* génamplifikáció), akár proteomikai analízis is végezhető.

Posztgenetika, mikro-RNS-ek, pyknonok, „haploidomics"

Mint említettük, a genom 98,7 %-a nem fehérjét kódol, ezt a hatalmas részét a genomnak sokáig „szemét" (junk) DNS-nek nevezték (jó példáját adva a nevetséges, a valódi tudományosságra legkevésbé sem jellemző emberi nagyképűségnek). A látszólag értelmetlen ismétlődések, például a fraktálgeometria nyelvén kódolva, mint sokan feltételezik, jelentős információt hordoznak.

Kiderült emellett, hogy a nem kódoló genom jelentős részéről is megtörténik az RNS-kópia átírása. Hamarosan megtudtuk, hogy egy hajtű alakú DNS előalakból két enzim közreműködésével hamarosan 22 nukleotid méretű ún. mikro-RNS (miRNS) alakul ki *(1. ábra)*. A miRNS-k összes funkcióját még távolról sem ismerjük, de egyik ezek közül az ún. *gene silencing,* azaz a valódi génekről átíródó messenger RNS inaktiválása a miRNS által (haploidomics). A miRNS-ek száma mára elérte a több százat, és jelentőségüket jól sejteti az a ma még inkább leíró és csak hiányosan magyarázott eredmény, hogy egyre több tumorban, onkogének és tumor szuppresszor gének szabályozásában ismernek fel a normálistól eltérő miRNS-mintázatot. Újabb ugrást jelent a pyknonok azonosítása. 2006 áprilisában tudtuk meg, hogy a nem kódoló részben több millió olyan igen konzervatív, rövid szakasz (pyknon), illetve százezernél több pyknonmintázat található, amelyeknek megfelelő nukleo-



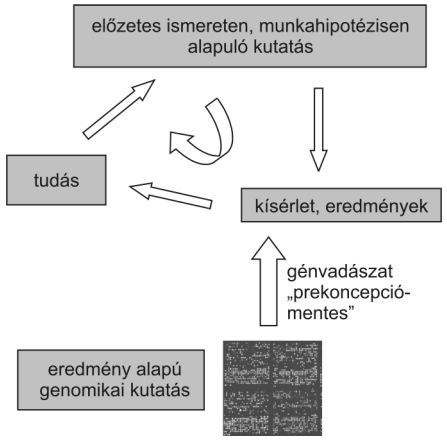
1. ábra • A hajtűszerű mikro-RNS előalakból 22-23 nukleotidbázis méretű mikro-RNS alakul ki, mely komplementaritás esetén gátolja a miRNS-ek működését.

tidszakaszok szinte minden ismert génben is kimutathatóak. Ezek az új eredmények a génexpresz-szió, az egyedfejlődés (és azok rendellenességei) a jó- és rosszindulatú sejtosztódás szabályozásának egy újabb szintjét vetítik előre, és gyökeresen módosítják a kódoló-nem kódoló szakaszok kapcsolatáról alkotott elképzeléseinket. Ma már nagyon sok információnk van a nem kódoló DNS-sel kapcsolatos betegségekről, és a lista naponta bővül (http://www.junkdna.com/junkdna_diseases.html).

Paradigmaváltás a molekuláris biológiai kutatásban, a gének, génhálózatok és szakirodalmi hálózatok felhasználása

A génhalászat stratégiája egyben tudománytörténetileg is gyökeresen új megközelítést jelenít meg. Eddig, az ismeretek alapján, „prekoncepciók” alapján történt a hipotézis felállítása, és a kísérletek a már ismert elemekre (például fehérjék), tudásra, „divatokra” alapozódtak. A genomikai szemlélet, a nanobiotechnológia (például az összes gén expresszióját együtt vizsgálni képes microarray, vagy akár több millió pontmutáció egyidejű detektálása) és a bioinformatika segítségével, ma már lehet előzetes teória nélkül is kutatni *(2. ábra)*. Kicsit profanizálva, ez hipotézisen alapuló kutatás helyett eredményekre építő kísérleti munkát jelent. Természetesen nagyon helytelen és tudománytalan e kettőt szétválasztani, csak arra próbáltam utalni, hogy a rendszerszemléletű biológia előtt ez a korlát már leomlott, minden biológiai összetevő vizsgálható, függetlenül előzetes tudásunktól. A szerző meggyőződése, hogy a genomikai technológiákból származó adatóceán segíteni fogja a kutatói intuíció és hipotézisalkotás tevékenységét.

Az orvostudomány ma mindinkább (motivációs és financiális okokból egyaránt) a nagy tömegeket érintő ún. komplex betegségek (például asztma, szív- és érrendszeri kórképek, daganatos betegségek, elhízás kóros formái) felé fordul. Ezen betegségek mindegyikét sok örökletes és környezeti tényező együttesen határozza meg, és legtöbbjük az egyes etnikumokban más módon jelenik meg. A vezető tendencia ma egyre inkább az, hogy nagy többközpontú, egyre gyakrabban nemzetközi tudáshálózatok dolgoznak együtt, és a tudományos kutatás



2. ábra • A tudományos kutatás gondolati stratégiájának új útja a genomika és a rendszerszemléletű biológia korszakában

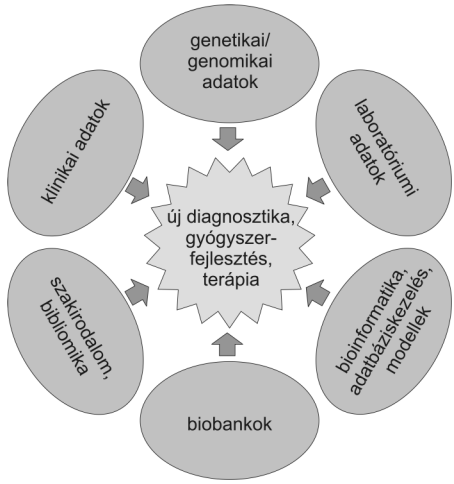
komplex betegségútvonalak génhálózati hátterének feltárása felé irányul, amely szinte azonnal új gyógyszerek lehetőségét is kínálja. A vizsgálatok, kiegészülve a bioinformatikai modellekkel ma már nemcsak egyes gének sorozatát képesek feltárni, de lehetséges olyan „neuronális" kapcsolatrendszerek, gén- és géntermékhálózatok azonosítása is, mely a komponensek egymáshoz való viszonyáról információkat nyújt. Az „omics" korszakban a kutatási (például genomikai, proteomikai, metabolomikai, glukomikai, lipidomikai stb.) eredmények mellett ma már bizonyos szofverekkel a vonatkozó szakirodalom szavait is lehet elemezni. Ekkor például több százezer közlemény szövegelemzése nyomán kialakított „consensus hálózatokra" vetítik egy kísérlet eredményeit, ezzel behelyezve azt a „bibliomikai" hálózatba. A bibliomikai és genomikai adathálózatok egymásra vetítése már konkrét eredményeket is hozott. Ennek eredményeképpen 2006-ban igen meglepő és nagy hatású közlemények láttak napvilágot a neuropszichiátriai területen a skizofrénia és az autizmus témájában. A megfelelő klinikai adatbázis, a szakirodalom állításainak hálózatos elemzése és a hatalmas teljesítményű genomikai nano-biotechnológia együtt számos új betegségútvonal (disease pathway) mechanizmusára derített fényt.

Orvosbiológiai kollaborációs gridek, nemzetközi hálózatok

Nem állunk távol az igazságtól, ha hatalmas, valódi munkamegosztáson alapuló nagy nemzetközi (például EU) munkacsoportok összekapcsolódását prediktáljuk. A klinikus, a maga empirikus és műszeres eszközrendszereivel és adatbankjával, a kutató a nagy teljesítőképességű genomikai mérési rendszereivel és az informatikus az elemző, értékelő és modellalkotási lehetőségeivel együtt – és csakis együtt – képes jelentős eredményeket elérni a diagnosztikában, a terápiában. Ezt a gridet támogatják a nagy kohortok biológiai mintagyűjteményei (biobankok), az innovációs szakember, illetve a mellettük ma már kötelezően feladatot kapó bioetikus és kommunikációs szakember is *(3. ábra)*.

Itthoni helyzet

Hazánk az elmúlt négy-öt évben egyre több nemzetközi bioinformatikai projektbe kapcsolódott be, e folyamatot az Európai Unióhoz történt csatlakozás nagymértékben gyorsította. A hazai genomikai kutatás az elmúlt három évben jelentős és látványos sikereket ért el. Szinte a csatlakozás után azonnal egy európai pályázat elnyerése nyomán létrejött a Genomikai Kutatás az Emberi Egészségért konzorcium (www.humangenom.hu). A pályázók, köztük e sorok írója, a hazai felsőoktatás és akadémiai szféra genomikával foglalkozó kutatását képviselik, és a konzorcium azóta is jelentős koordinációs tevékenységet folytat. Létrejött a hazai biobank-rendszer internetes központja (www.biobank.hu), melyben eddig több tucat hazai genetikai/genomikai kutatást, diagnosztikát folytató munkahely egyesítette erőit.



3. ábra • A többközpontú klinikai genomikai kollaborációk sémája

2004-ben hazai kezdeményezésre megvalósult a nem várt nagy érdeklődéssel kísért Immungenomikai Világkongresszus (www.diamond-congress.hu/bci2004). 2006-ban az immungenomika már a vadonatúj immuninformatikával (=immunomika) kombinálódik (www.bcii2006.org).

Nagyon jelentős fejlemény, hogy a hazai felsőoktatás nagy intézményeiben megkezdődött, illetve szervezés alatt van a bioinformatika oktatása (például http://bioinfo.elte.hu, http://ramet.elte.hu/~miklosi/Bioinformatika/2005SOTE) és az, hogy már számos egyetemen megindult a bioinformatikus doktoranduszképzés. 2006-ban megalakult a Magyar Bioinformatikai Társaság (http://www.renyi.hu/~hsb/), amely a közelmúltban tartotta az első konferenciáját az MTA-n (http://www.renyi.hu/conferences/HSB_alakulo/program.html).

Pozitív jövőkép, orvosbiológiai kutatás és a nemzetközi trendek

A jövő az integratív genomika és a bioinformatika alapján egyértelműen új utat jelöl ki az orvosbiológia fejlődésében, a megelőzésben, diagnosztikában és a gyógyításban, gyógyszer-, védőoltás-fejlesztésben egyaránt. A tudáshálózatok és a bioinformatika a genomika révén jelentősen nagyobb esélyt adnak az életminőség javításának, az átlagéletkor emelésének és a genomikát egyértelműen prioritásként kezelő nagy nemzetközi (például az előző és a most induló 7. Keretprogramban) források bevonásával a hazai tudományos kutatás, illetve egészségügyi ellátás javításának.

E sorok írója nem kívánja a divatos pesszimizmus vagy elegánsnak tűnő szkepticizmus mögé rejteni lelkesedését. Örül, hogy kortárs lehet, egy hatalmas ugrás többé-kevésbé közeli nézője, szerény résztvevője. Örül, hogy azok közé tartozhat, akik elkezdhetik a genomika oktatását, terjesztését a következő generáció számára, és részt vehet az egyre inkább felértékelendő ismeretterjesztésben, ami érthető, igaz és érdekes képet ad a nem szakmabeli kortársaknak. Örül, mert meggyőződése, hogy egy józan, reális, nem-ideologizált tudomány nem csúszik sem a démonizálás, sem pedig a bálványgyártás hibájába. Örül, mert meggyőződése, hogy a genomika tudománya áldás és nem átok, mert például megérteni a daganatok és az allergia molekuláris genetikai profilját, diagnosztizálni és megakadályozni az Alzheimer-kórt, feltárni az emberi fejlődés őstörténetét, molekuláris részleteiben megismerni a prekambriumi tengerek élővilágát nagyszerű, gazdagító közös tudást jelent. Ugyanakkor természetesen tudja, hogy mint oly sok más tudomány, a genetika/genomika is hordoz veszélyeket az emberi személyiségi jogok esetleges megsértésétől kezdve, az illegális, reproduktív klónozási horror kísérletezgetésekig, az ökológiai veszélyektől egészen a genetikai beavatkozások nem kiszámítható mellékhatásáig. Tudja továbbá, hogy a genomika (hasonlóan más tudományokhoz) korántsem mindenható, bizonyos (orvos)biológiai kérdések (például magasabbrendű agyműködés, pszichikai funkciók) nem lesznek kizárólagosan genomikai szinten megoldhatóak. (Innen is látszik, hogy a redukcionizmus korlátoltsága a genomikát sem hagyja érintetlenül.) Mégis, meggyőződése, hogy a sokszor eltúlzott veszélyek megfelelő nyilvánossággal és legitimált szabályokkal kezelhetőek, a visszaélések korlátozhatóak, és nemzetközileg szankcionálhatóak.

Bízhatunk abban, hogy a genomika várható fejlődése, a hatalmas paradigmaváltás, a genomika rendkívüli nemzetközi pályázati favorizálása és az érthető nyilvánosság révén mind többek számára derülhet ki, hogy a tudomány kiemelt erkölcsi és anyagi megbecsülést érdemlő gazdagító érték, és szépsége révén pozitív esztétikai kategória egyben.

Kulcsszavak: *bioinformatika, genomika, komplex orvosbiológiai kutatás, rendszerszemléletű biológia, útvonalanalízis*

IRODALOM

Falus András (2006): Fejezetek a genomléptékű biológiából és orvostudományból. Semmelweis, Budapest

Pongor Sándor – Falus András (2005): Bioinformatics as a Problem of Knowledge Representation: Applications to Some Aspects of Immunoregulation. In: Falus András (ed.): Immunogenomics and Human Disease. John Wiley & Sons Ltd. London, 107–132.

Radda, George K. – Viney, Ian (2004): From Gene Function to Improved Health: Genome Research in the United Kingdom. Journal of Molecular Medicine. 82, 74–90.

Wang, Ena – Falus András (2004): Changing Paradigm through a Genome-based Approach to Clinical and Basic Immunology. Journal of Translational Medicine. 2, 2–4.

A TÁRSAS MEZŐKTŐL A HÁLÓZATTUDATIG

Szvetelszky Zsuzsanna
tanársegéd, PhD-hallgató
ELTE BTK Könyvtártudományi és Informatikai Intézet
zsuzsi@innocent.com

A társadalmi hálózatok tudományos vizsgálata jó fél évszázados múltra tekint vissza. Legfontosabb területei: a társadalmi kapcsolatháló elemzése, mely a társadalmi kapcsolatrendszer szerkezetét vizsgálja, módszertanilag legjelentősebb előzménye pedig a *szociometria*, melynek célja, hogy feltárja a különböző kiscsoportokban preferált személyközi kapcsolatokat, és leírja az eképp megmutatkozó társas alakzatokat.

Már a múlt század első harmadában megkezdődött a csoportban való viselkedés, a társas alkalmazkodás tárgyalása. *Floyd Henry Allport*, a szociálpszichológia egyik korai összefoglalója a társas viselkedés és a tudat társas vonatkozásainak vizsgálatát, főleg a társas feltételek között adott reakcióknak és mások által társas ingerként megélt viselkedésformák elemzését adta (Allport, 1924). Mérföldkőnek számított *Jacob L. Moreno* rokonszenvi kritériumokkal dolgozó munkája (Moreno, 1934), a szociometria módszertani alapműve. *Lewis A. Cose* rétegcsoportok konfliktusairól adva makroszociológiai analízist mutatott rá (Cose, 1956), hogy a kapcsolatok intenzitása mennyiben élezi magát a konfliktust. Tétele: ha a társadalom képes intézményesíteni a társadalmi konfliktusokat, akkor ezek negatív hatása csökken. A társadalmi hálózatok kutatásának egy másik mérföldköve *Kurt Lewin* híres tanulmánya a csoportdinamika határairól (Lewin, 1964), a társas mezők elméletéről.

Korán megindult a terület specifikációja: *Erving Goffman* a frusztráció egyik társas következményét elemezte: leírta, hogy a diszkrimináció hogyan osztja meg a társas mezőt (Goffman, 1963). Egy kaliforniai szociálpszichológus-pedagógus szerzőpáros kimutatta – több száz pedagógusnak az osztályaikban tapasztalt társas történésekről szóló feljegyzéseik feldolgozása után –, hogy az osztálycsoport frusztrálható, akár az egyén, és emocionális reakciókat is ad: ilyen a regresszió, a bűnbakképzés, a dependencia, a menekülés, az agresszió, a „fertőzve utánzó" reakció (Bany – Johnson, 1964). Futballcsapatok csoportdinamikai elemzésével azt tárták fel, hogy az együttműködés mennyiben lehet konfliktusforrás (Elias – Dunning, 1966).

A szociometria lassú feledésbe merülését a kapcsolatháló-elemzés divatja követte: az irányzat több mint módszertan, de kevesebb mint paradigma. Elmélete és matematikai-statisztikai módszertana dinamikusan fejlődött az elmúlt húsz évben, eredményei a gyakorlatban is használhatóak, az üzleti tanácsadás új területévé vált: olyan, korábban csak az informalitás és a pletyka szintjén észlelt, de roppant fontos információk válnak mérhetővé, mint személyiségek és szervezetek befolyása, presztízse, holdudvara. Használható az érvrendszerek és véleménykülönbségek feltárására, és várhatóan egyre komolyabb szerepe lesz a regionális-kistérségi gazdaságszervezés hálózatépítésében.

Míg a szociometria lehatárolt közösségeket vizsgál, a kapcsolatháló-elemzés ezzel szemben több szinten valósítja meg a kutatást, az egyéntől akár a társadalmi rendszerekig. A vizsgált reláció tartalma a hagyományos szociometria esetében a rokonszenv–ellenszenv kapcsolatokra korlátozódik, míg a kapcsolatháló-elemzés rokoni, baráti, kommunikációs, tranzakciós, gazdasági, hatalmi stb. kapcsolathálózatokat analizál. Még nagyobb a különbség az adatforrás tekintetében: míg ez az első esetben a szociometrikus teszt, ezzel szemben a kapcsolatháló-elemzés megfigyelések, kérdőívek, interjúk, dokumentumok és statisztikák segítségével gyűjti adatait. Alkalmazási területei: települések belső integráltsága, szomszédsági, rokonsági viszonyok, intézmények kapcsolathálózatai stb. Sok kapcsolathálózati elemző szerint a kapcsolathálók vizsgálata nemcsak a társadalmi struktúra formális leírására tett kísérlet, hanem új paradigmaként operatív formában is képes meghatározni és jellemezni tárgyát, felhasználva például a kapcsolatok felépítését a kapcsolatban levő szereplők viselkedésének egyes aspektusainak magyarázására.

A társadalmi hálózatok kutatásának magyar képviselői közül – a teljesség igénye nélkül – említeni kell a politikai hálózatokat elemző, és a „network mint kontextus" kiindulópontú szociológiai elemzésmódot érvényesítő *Tardos Róbert* és *Angelusz Róbert* nevét, a diffúziókutatással és a standardok elterjedésével foglalkozó *Sík Endrét,* a mentális terek kapcsolatait kutató *Letenyei Lászlót* – aki Sík Endrével a Hunnet-mozgalom, a magyar kapcsolatháló-elemzők szerveződésének elindítója –, a hírek sajtóbeli terjedését modellező *Fokasz Nikoszt,* a társadalmi tőkét vizsgáló *Utasi Ágnest,* valamint *Péli Gábort, Takács Károlyt, Albert Fruzsinát, Dávid Beát, Szántó Zoltánt, Vedres Balázst.*

A kapcsolatháló-elemzők eredményeihez képest hatalmas változás, hogy a *hálózatkutatók* – elsősorban a statisztikus fizika művelői – a globalizálódás és a komputerizáció eredményeképpen korábban elképzelhetetlen mennyiségű elemszámot tudnak vizsgálni. Itt kell említeni a társadalomtudományi előzmények közül a konnekcionista világképet is, mely a nyolcvanas években virágzó irányzatként a megismerő embert a számítógép metaforája alapján megérteni igyekvő kognitív tudomány egyfajta alternatívája volt (Pléh, 1998).

A hálózattudomány vizsgálódásának egyik tárgya a *társadalmi kapcsolatrendszer szerkezete*, a rendszer szabályszerűségei. A társadalmi hálózatok – például az *ismeretségi hálók* – esetében egy társadalmi csoport szereplői a hálózat pontjai, és ha a két szereplő között a kutató által fontosnak ítélt kapcsolat áll fenn, akkor a pontokat él köti össze. Egy ilyen absztrakt hálózat azonban drámaian egyszerűsít, hiszen egy kapcsolat számos változóval jellemezhető. A holisztikus megközelítés, a hálózati gondolkodás mint általános elméleti keret viszont modelleket szolgáltat. A modellek pedig támogathatják a szociológiai, szociálpszichológiai elemzéseket annak kutatásában, hogy a struktúra, illetőleg a társas tudás (László, 1999) hogyan hat a motívumokra, illetve az egymásra ható motívumok hogyan hatnak vissza a struktúrára.

Nemcsak a szociálpszichológia reflektálja egyre intenzívebben a hálózati megközelítést, de szép számban születnek az interdiszciplináris kutatási eredmények is (Malarz et al., 2006). A problémagazdagsággal jellemezhető társadalomtudomány remélhetőleg mind több ponton – például ötletekkel, innovációkkal – fog kapcsolódni a módszertanban gazdag hálózatkutatáshoz.

Szociometria, kapcsolathálózati elemzés, hálózatkutatás – trendváltás helyett érdemes egyfelől kontinuus építkezésről beszélni. Jó példa erre *Mérei Ferenc*, aki nem csupán a magyar szociometriai iskola megteremtője, a többszintű, strukturális csoportsajátosságok

mérésének kidolgozója, hanem a hálózati gondolkodás egyik első képviselője is: már a hatvanas években használta a *hálózat* kifejezést. Másfelől, az egyes állomásokra érdemes a társadalmi hálózatokban végbemenő emergens folyamatok következményeiként tekinteni, hiszen egy társadalmi hálózat mindig több, mint az őt alkotó diadikus kapcsolatok összessége.

A társadalmi hálózatok kutatásának egyik izgalmas kortárs vonatkozása a meglepően nagy közérdeklődés, a jelentős médiareflexió és a közösségi alkalmazásoknak (Iwiw, Wikipedia stb.) az infokommunikációs eszköztár terjedésével együtt növekvő népszerűsége: nevezzük hálózattudatnak. A *hálózattudat* nem teljesen új jelenség: a kínai civilizációt jelentős mértékben meghatározó guanxi – tradicionális kifejezés a komplex rendszerre, mely gazdasági, politikai, társadalmi vonatkozásban egyének és kisebb csoportok közötti hálózatokat is jelent – is ehhez hasonlatos csoportreflexióból táplálkozik. Már az ókorban figyelemreméltóan dokumentált kapcsolatok tömege állott rendelkezésre, de a hozzáférés összehasonlíthatatlanul nagyobb erőfeszítést jelentett, mint ma. A társadalom aktuális állapotáról csak jelenléttel lehetett bármilyen információt szerezni – az információszerzést az egyidejűség és egyterűség feltételei korlátozták, míg ma az információhoz való hozzájutás a korrekciót is gyorsítja, eddig ismeretlen *feedback*-csatornák nyílnak.

A folyamat emergens: a digitális interakciók tömegéből közösségdetektáló algoritmusokkal a rendszer eddig ismeretlen vonásai merülnek fel. Ilyen eredményeket hoz például a súlyozás, jóllehet a súlyok meghatározása sokszor problematikus: a társadalmi hálózatok kutatásának egyik nagy dilemmája, hogy a kapcsolatok tartalma mennyiben befolyásolja a vizsgált struktúra formális tulajdonságait. Ma már van lehetőség objektívabb módszerek alkalmazására is, például telekommunikációs regisztrációval: a hívások időtartama segíthet a súlyok meghatározásában (Kertész – Vicsek, 2006).

Napjainkban egyre könnyebben férünk hozzá tetszőleges helyről a másik tetszőleges helyen levő rendszer struktúrájához. Ma, a nagyságrendekkel több adat és az elektronikusan dokumentált hálózatok korában szembe kell ugyan néznünk azzal, hogy kapcsolatrendszereink némelyike „ki van terítve", vagyis a világon bárhonnan hozzáférhető, megtekinthető és elemezhető, ám cserében a rendszer is felfedi magát számunkra.

Nem olyan aggasztó tehát a kérdés, miszerint „hol lesz a homo networkiensis világában az intimitás és a személyesség helye?" (Hain, 2005) A hálózattudat megjelenése és az ebből fakadó hálózati mintázatok, műveletek, motívumok megjelenése, elterjedése természetesen visszahat a rendszerre magára. Az egész – mely több, mint részeinek összessége – kutatásakor a társadalom önmagát keresi, s miközben feltárulkozik az egyes emberről, adott esetben a kapcsolatairól szóló részlet, ő is a rendszerről szóló tudást nyer hálózati műveleteivel, mellyel egyben a topológia generálásához is hozzájárul.

Kulcsszavak: *emergencia, hálózatkutatás, hálózattudat, szociometria, társadalmi hálózatok*

IRODALOM

Allport, Floyd Henry (1924): *Social Psychology.* Houghton Mifflin, Boston

Angelusz Róbert – Tardos Róbert (2001): Change and Stability in Social Network Resources: The Case of Hungary under Transformation. In: Lin, Nan – Burt, R. – Cook, K. (eds.): *Social Capital: Theory and Research.* Aldine de Gruyter, NY

Bany, Mary A. – Johnson, Louis V. (1964): *Classroom Group Behaviour.* Macmillan, NY

Barabási Albert-László (2003): *Behálózva.* Magyar Könyvklub, Budapest

Burt, Robert S. (1982): *Toward a Structural Theory of Action. Network Models of Social Structure, Perception, and Action.* Academic Press, NY

Cose, Lewis A. (1956): *The Functions of Social Conflict.* Routledge and Kegan, London
Csányi Gábor – Szendrői Balázs (2004): Structure of a Large Social Network. Phys. Rev. **E 69** 036131
Csermely Péter (2006): *Weak Links: Stabilizers of Complex Systems from Proteins to Social Networks.* Springer, Heidelberg
Elias, Norbert – Dunning, Eric (1966): Zur Dynamik von Sportgruppen. Kölner Zeitschrift für Soziologie. Sonderheft 10.
Goffman, E (1963): *Stigma.* Prentice Hall, New Jersey
Hain Ferenc (2005): Interdiszciplináris csizma a társadalomlélektan asztalán? A hálózat-gondolat a pszichológiában és a szociálpszichológiában. Magyar Pszichológiai Szemle. **4**,
Kertész János – Vicsek Tamás (2006): Komplex hálózatok a természetben és a társadalomban. Magyar Tudomány. 5, 558.
Knoke, David – Kuklinski, James H. (1982): *Network Analysis.* Sage, Newbury Park Részletek magyarul: Angelusz Róbert – Tardos Róbert (szerk.) (1988): Válogatás a kapcsolathálózat-elemzés irodalmából. Szociológiai Figyelő. 3.
László János (1999): *Társas tudás, elbeszélés, identitás. A társas tudás modern szociálpszichológiai elméletei.* Scientia Humana–Kairosz, Budapest
Letenyei László (2003): A kapcsolatháló regénye. Szociológiai Szemle. **13**, 1–15.
Lewin, Kurt (1964): *Psychologie dinamique.* Les relations humaines. PUF, Paris
Malarz, Krzysztof – Szvetelszky Zs. – Szekfű B. – Kulakowski, K. (2006): Gossip in Random Networks. Acta Physica Polonica. **B. 1**
Mérei Ferenc (2001): *Közösségek rejtett hálózata.* Osiris, Budapest
Moreno, Jacob L. (1934): *Who Shall Survive?* Nervous and Mental Disease Publishing Company, Washington, DC
Pléh Csaba (1998): Pókok a hálóban. A hálózat gondolat a pszichológiában. Jel-Kép. 4,

Tanulmány

MARSI SÖTÉT DŰNEFOLTOK: AZ ÉLET LEHETŐSÉGE A MARSON?

Horváth András
a fizikai tudományok kandidátusa,
tudományos főmunkatárs
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet
andras.horvath@colbud.hu

Gánti Tibor
a biológiai tudomány doktora
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)

Bérczi Szaniszló
a földtudományok kandidátusa, egyetemi docens
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
ELTE Fizikai Intézet, Anyagfizikai Tanszék
Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport

Pócs Tamás
az MTA rendes tagja
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
Eszterházy Károly Főiskola Növénytani Tanszéke

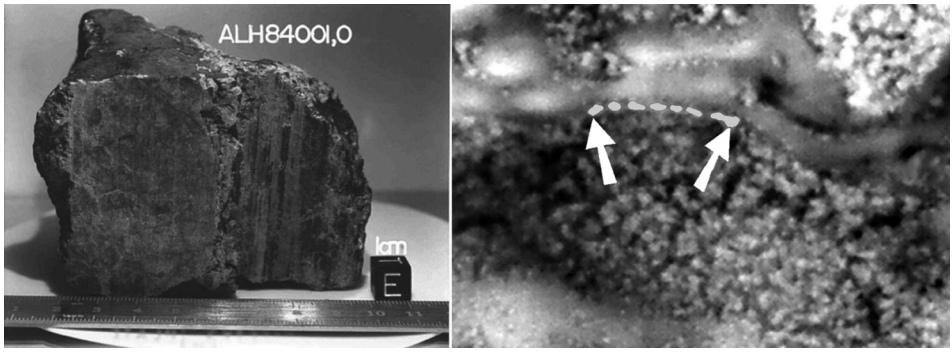
Kereszturi Ákos
doktorandusz
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézete

Sik András
doktorandusz
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézete

Bevezetés

Ha Földön kívüli élet lehetőségéről van szó a Naprendszerben, elsősorban a Marsra és az Európára gondolunk. A vörös bolygó évszakos színváltozásait korábban a marsi vegetáció változásaira vezették vissza, csatornaszerűnek látott alakzatait mesterségesnek tekintették, és feltételezték, hogy felszíni viszonyai hasonlóak a földiekhez. A marsi élet lehetőségének űrszondás kutatását a Viking program kezdte meg 1976-ban. A Viking–1 és –2 műszakilag kitűnően vizsgázott, de életet egyértelműen nem találtak. Bár eredményeiket ma is vitatják, egyes kutatók pozitívnak, mások negatívnak tekintik. Közel húsz évvel később egyes, a Földön talált marsi meteoritokban lévő képződményeket néhány szakember egykori biogén tevékenység eredményének tekintette *(1. ábra)* – de ebben a kérdéskörben sincs konszenzus (McKay et al., 1996; Friedmann et al., 2001).

A marsbéli élet lehetőségével kapcsolatos feltételezések saját bolygónk ősi életformáinak jobb megismerésére is sarkalltak. Az elmúlt évtized földi biológiai kutatásai rámutattak, hogy egyszerű életformák extrém környezeti feltételeket is túlélnek, esetenként szaporodóképesek maradnak. Találtak már élőlényeket a mélytengeri füstölgők (hévforrások) és más vulkáni központok 100 °C-nál forróbb, a fagyott permafroszt 0 °C-nál hidegebb környezetében, extrém száraz és erős sugárzással bombázott területeken, savas folyókban (Rio Tinto, Spanyolország) és sós sivatagokban, valamint több



1. ábra • Az ALH84001 jelű marsmeteorit (balra), melyben David McKay és NASA-kutatócsoportja nanobaktérium kristályosodott nyomait vélte felfedezni 1996-ban; és a Friedmann Imre által talált magnetitlánc e meteorit belsejében (jobbra, nyilak)

kilométer mélyen a Föld felszíne alatt. Úgy tűnik, az élet bolygónkat szinte mindenhol „megfertőzte", és sokkal ellenállóbb, mint képzeltük – talán néhány helyen a Marson is fennmaradhatott.

Az új kutatások fényében a Mars kezdetekben (nagyjából akkor, amikor az élet a Földön kialakult) jobban hasonlíthatott bolygónkra, egykor tartósan, s később időnként visszatérően a folyékony víz is megjelent rajta. Más kutatások révén úgy tűnik, egyszerűbb élőlények meteoritok belsejében utazva túlélhetnék az űrbeli utat és a landolást egy másik égitesten, ha pedig ott számukra megfelelő környezetbe kerülnek, el is szaporodhatnak. Ezeket a kérdéseket, az élet lehetséges jelenlétét más égitesteken az asztrobiológia vizsgálja, amelynek fő célpontja külső bolygószomszédunk: a Mars, s ebben a témakörben kezdte meg munkáját néhány hazai kutató több mint fél évtizeddel ezelőtt.

Visszatekintés

1997-ben állt Mars körüli pályára az utóbbi évek legsikeresebb marsi keringőegysége, az amerikai Mars Global Surveyor űrszonda (MGS). Tudományos műszerei között található egy letapogató elven működő optikai kamera (Mars Orbiter Camera – MOC) és egy lézeres magasságmérő berendezés (Mars Orbiter Laser Altimeter – MOLA) is, amelyek mérési eredményei elérhetők nyilvános internetes adatbázisokban.

Az 500-900 nm közötti spektrális tartományban működő MOC maximális felbontása 1,4 m/pixel, egy felvétel átlagos szélessége 3-5 km, hosszúsága pedig 10-55 km közötti. Eddig összesen több mint 200 000 felvételt készített a Mars felszínéről. A MOLA térbeli felbontása kb. 300–400 m, függőleges pontossága viszont 30 cm. A lézeres magasságprofilok egyedi feldolgozásával pontosabban értelmezhetők a MOC-felvételeken látható felszínformák, interpolációjuk alapján pedig előállítható a bolygó kiválasztott területének digitális domborzatmodellje.

A MGS 1998-1999-es képein – korábban nem észlelt – érdekes jelenséget fedezett fel Michael Malin és Ken Edgett amerikai kutató. A Mars déli és északi poláris vidékein a hóval-jéggel borított területeken, tél végén, illetve tavasszal néhány tucat, esetenként néhány száz méter átmérőjű sötét foltok százait észlelték. Malinék felfedezésüket 1998-ban, szublimációs hipotézisüket pedig 2000-ben tették közzé (Malin – Edgett, 2000).

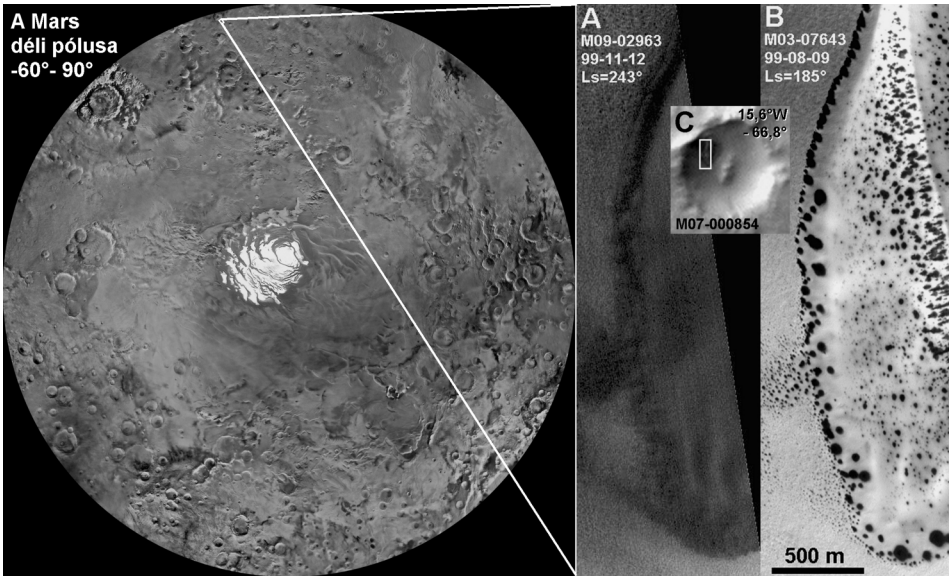
2000 nyarán Horváth András is elkezdte ezeknek a foltoknak a vizsgálatát. A kutatás első szakasza a Mars déli sarki körzetére terjedt

ki, mert ezekről a területekről állt rendelkezésre akkor az interneten (http://www.msss.com/moc_gallery/) sok, jó minőségű, nagyfelbontású, valamint áttekintő felvétel. A képek felmérése során kiderült, hogy ezek a foltok ún. fekete dűnéken (Dark Dunes – DDs) találhatók. Ezért a foltokat sötét dűnefoltoknak (angolul Dark Dune Spots – DDSs) neveztük el *(2. ábra)*.

Az első száz felvétel és több ezer folt tanulmányozása után egy meglepő gyanú vetődött fel. Eredetileg abból a tényből kiindulva, hogy a dűnefoltok többsége kör alakú, felmerült, hogy megjelenésükben biológiai folyamatoknak is szerepe lehet. Ekkor kapcsolódott be a munkába Gánti Tibor (aki az MSO hipotézist megalkotta) és Szathmáry Eörs biológus (aki a földi analógiát megtalálta), valamint Bérczi Szaniszló és Gesztesi Albert bolygókutató, illetve geológus. E magyar marskutató csoport tevékenységének eredményeként – a részletes morfológiai (alaktani) vizsgálatokra alapozva – létrejött egy hipotézis a sötét dűnefoltok kialakulásában szerepet játszó és feltételezett *marsfelszíni organizmusokról (Mars Surface Organisms – MSOs)*, azaz a mai marsi életről, ez a DDS-MSO hipotézis (Horváth et al., 2001 és Gánti et al., 2003). Később a marskutatási kör bővült Pócs Tamás biológus akadémikussal, Sik András geográfussal és Kereszturi Ákos geológussal, a munkának pedig a Budapest Collegium (Institute for Advanced Study) adott otthont az Európai Űrkutatási Hivatal (ESA) és a Magyar Űrkutatási Iroda (MÜI) támogatásával. Az alábbiakban a kutatócsoportunk által kidolgozott DDS-MSO hipotézis alapjait ismertetjük.

A marsi élet lehetősége

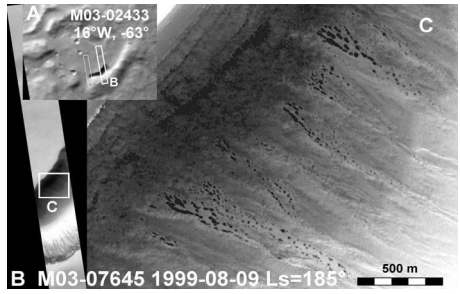
Az élő rendszerek alapvetően fluid rendszerek, azaz működésükhöz valamilyen folyadékfázis szükséges. A Mars felszínén a jelenlegi fizikai kémiai körülmények mellett



2. ábra • A Mars déli pólusán (balra) tél végén, tavasz elején a hóval fedett dűnéken (jobbra, B) kör alakú, sötét foltok tűnnek fel. E foltok a dőlt részeken (jobbra fent) megnyúlt, lefolyás jellegű formát mutatnak. A hóborítás nélküli dűnedomb nyáron és ősszel csaknem fekete tónusú (középen, A) (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

más anyag, mint a víz, nem fordulhat elő folyékony állapotban. A marsszondák mérései szerint a H_2O mint kémiai vegyület nagy mennyiségben található a bolygón. A kérdés az, hogy folyékony halmazállapotban, azaz vízként előfordul-e. Ugyancsak a marsszondák felvételei alapján igen sok fiatal vízfolyásnyomra emlékeztető képződmény van a kráterekben és egyéb lejtőkön *(3. ábra)*. Ezek azonban a feltételezések szerint rövid idejű vízfolyások, amelyek nem alkalmasak arra, hogy bennük élő ökoszisztémák létezzenek. A marsi légkör nemcsak nagyon hideg és száraz, hanem a légnyomás is igen alacsony. A víz fagyáspontja nem változik számottevően a nyomás függvényében, a forráspontja azonban igen erősen nyomásfüggő. A rendkívül alacsony marsi légnyomás (6-7 mbar) egy földi kémiai laboratórium vákuum szárítószekrényében már tekintélyes vákuumnak számít. Ez azt jelenti, hogy ha meg is jelenik a folyékony víz a Mars felszínén, az igen hamar elpárolog, és nem alkalmas élő ökoszisztémák fenntartására.

Az általánosan elfogadott vélemény szerint a Mars korai, Noachiszinek nevezett időszakában nedves és lényegesen melegebb klíma uralkodott a bolygón, amelyben talán élővilág is kialakult. Később azonban a klíma drasztikusan megváltozott, a légkör nagyrészt eltűnt, a felszíni hőmérséklet és a légköri nyomás lecsökkent. Mindezek következtében a Mars hideg és száraz égitestté vált. Feltételezhető, hogy amennyiben a Marson kialakult élővilág, az maximálisan igyekezett alkalmazkodni a globális változásokhoz. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a marsi evolúció során egyre inkább szárazság- és hidegtűrőbb fajok alakultak ki, másrészt, hogy azok az életközösségek tudtak fennmaradni, amelyek számára valamilyen helyi sajátosság következtében a folyékony víz mégis elérhető volt, legalább rendszeresen, viszonylag hosszabb időn keresztül. Ilyen területek lehettek a sarki zónák vagy a marstalaj mélyén lévő



3. ábra • Az egyik déli fantomkráterben lévő repedés lejtőin sötét foltokkal pettyezett, folyásnyomra emlékeztető képződmények (gullies) láthatók (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

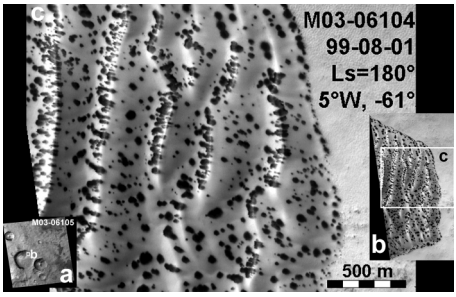
régiók, esetleges hévforrások környezetei stb. A marstalaj mélyén lévő feltételekről konkrét ismereteink, mérési adataink nincsenek, hévforrásokat pedig jelenleg a bolygón nem ismerünk. De kutatócsoportunk azt találta, hogy bizonyos helyeken, speciális körülmények között ma is rendszeresen, marsi évenként visszatérően viszonylag hosszú időre megjelenhet a folyékony víz, amely élőhelyet képezhet az egykori marsi élővilág ehhez adaptálódott maradványai számára.

A Mars Global Surveyor nagyfelbontású fotóinak egy része a sarki hósapkákat mutatja. A sarki hósapkáknak sem az összetételét, sem a fizikai állapotát nem ismerjük kielégítő pontossággal, korlátozott megfigyelésekre és feltételezésekre vagyunk utalva. A mérések alapján szóba jöhető komponensek a szilárd szén-dioxid (szárazjég) és a vízjég, de feltételezhető a CO_2-klatrát is. A szén-dioxid-klatrát olyan összetett molekula, amelyben 46 vízmolekula egy kalitkaszerű rácsot alkot, és 8 db CO_2 molekulát zár magába. A hósapka fizikai állapota sem ismeretes pontosan, anyaga nem folyadékfázis megfagyásával, hanem gázfázisból közvetlenül szilárd fázisba való átmenettel (deresedés, *frosting*) képződik. Ennek megfelelően a képződéskor a fizikai szerkezete valószínűleg laza hószerű, de a hosszú marsi tél alatt tömörödhet,

esetleg tömör jéggé alakulhat. A sarki hósapka eltűnése sem olvadással történik, hanem közvetlen szublimációval, a jég olvadás nélküli elpárolgásával *(defrosting)*.

A sötét dűnefoltok (DDS) morfológiája

A sarki hósapkáról és az évszakos sarkvidéki hótakaróról készült nagyfelbontású felvételeken nagyon sokféle képződmény, folt található, amelyek eredete és tulajdonságaik jelenleg nincsenek kielégítően magyarázva. Legutóbbi csoportosításukat Philip R. Christensen és munkatársai (2005) adták meg. E cikk szerzői ezek közül egy elkülönített csoporttal, a sötét dűnéken kialakuló foltokkal (2,, 4., 5., 6., 7., 8., 9., 11. ábra) foglalkoznak. Legfontosabb jellemzőik: 1. alacsony albedójú területek, azaz a fagyott jég- vagy hótakaróval borított környezetnél sötétebbek, 2. a déli féltekén a 60-85 szélességi fok közötti sávban fordulnak elő (az északi foltok nem képezik e cikk tárgyát), 3. általában kráterekben lévő sötét dűnéken jelennek meg *(4. ábra),* 4. jellemző belső szerkezetük egy sötétebb magból és egy azt övező világosabb szürkés gyűrűből áll *(5. ábra),* 5. az átmérőjük 5 és 200 m közötti, 6. a helyi tél végén, tavasz elején jelennek meg, növekszenek, majd nyáron eltűnnek, 7. egy foltos térségen belül marsi évente kb. 50-65 %-os gyakorisággal azonos helyeken jelennek meg *(8. ábra)*.



4. ábra • Kör alakú, illetve megnyúlt sötét dűnefoltok (b, c) egy 30 km átmérőjű déli kráter (a) dűnedombján (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

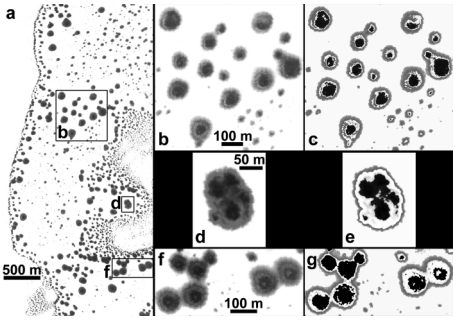
A foltképződést Malin és Edgett amerikai szakemberek szublimációs folyamatokra (defrosting) vezetik vissza, azonban a DDS-ek esetében a foltok tulajdonságai, kialakulása, fejlődése és más tényezők kizárják, hogy egyedül a defrosting lenne felelős ezek létrejöttéért (Edgett et al., 2000). Természetesen mivel a sarki hósapka eltűnése defrosting folyamattal történik, ennek a jelen esetben is van szerepe. Hugh H. Kieffer (2003) a szén-dioxid hó vagy jég alatt elnyelődő napfénnyel magyarázza némely sötét sarki folt kialakulását, amitől a dűnéken, a fagytakaró alatt gáz fázisú szén-dioxid keletkezik, ami a felszínre tör („hőkémény"-, jet-, illetve spider-hipotézis). Ennek keretében a fagytakaró anyaga fogy, egyre jobban láthatóvá téve a sötét dűnék felszínét, valamint a gázáramlás finom port ragad magával a dűne felszínéről, ami a fagytakaró tetejére hullik vissza. Ez reális magyarázatnak látszik a DDS-ekhez részben hasonló „fan"-ok keletkezésére. A fanok olyan legyező alakú foltok, amelyek a DDS-mezőkön a sarki régiókban fordulnak elő tömegesen. A DDS-ek más tulajdonságaival azonban ez a magyarázat sem egyeztethető össze.

Véleményünk szerint a sötét dűnéken tavasszal megjelenő foltokat folyékony víz megjelenése alakítja ki. Ezt az álláspontot a következő, az MGS által készített felvételeken látható tények támasztják alá:

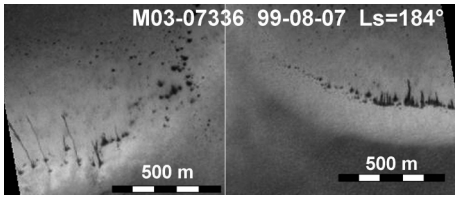
1. A foltok kialakulása a jég alján, azaz a talajfelszín és a jégréteg között kezdődik, és fejlődik mindaddig, amíg fölüle a jégréteg el nem szublimál. A szublimáció viszont kizárólag a jégréteg felszínén történik, így nem indukálhat olyan folyamatot, amely a jég alján alakul ki.
2. Az adott foltok csak a sarki területeken található sötét dűnéken fejlődnek ki, nemegyszer egészen pontosan körülrajzolva a dűnék határvonalait *(2., 4., 5. ábra)*. Ez azt jelenti, hogy a dűnék anyaga befolyásolja e foltok kialakulását, kép-

ződését, fennmaradását. A dérképződés függhet a felszín minőségétől, mert a felszín kristályosodási gócként hat a jégkristályok keletkezésére. A jégtakaró eltűnése azonban – miután a jég felszínéről történő szublimáción keresztül megy végbe – független az adott talaj minőségétől. Egyedül a szublimációval, azaz a defrostinggal e foltok kialakulása már csak ezért sem magyarázható.

3. A foltok a sík felszínen lényegében kör alakúak, ami azt jelenti, hogy kialakulásuk izotróp (iránytól független) fejlődés eredménye (lásd a *2., 4., 5. ábrákat*). A szublimációs folyamatok függnek a marstalaj felszínének a helyzetétől, a napsütés beérkezési szögétől, a légmozgás irányától stb. Ha e foltok kialakulása szublimációs folyamat eredménye lenne, akkor valamilyen módon a talajfelszín egyenetlenségeinek vissza kellene tükröződniük a foltok alakjában. Ilyet azonban nem tapasztaltunk. Vízszintes területen a talaj egyenetlenségétől függetlenül, a foltok kör vagy közel kör alakúak. Ez annyit jelent, hogy keletkezésüket csak



5. ábra • A DDS-ek belső szerkezete az MGS 1999. 09. 05-én L_s=200,6°-kor rögzített MOC M07-00853 képe alapján. a) DDS-ek egy kráterbeli dűnemezőn (-65°, 15,55°W); b) d) f) kinagyított részletek; c) e) g) az előbbi nagyításokon a DDS-ek részletei eltérő szürke árnyalatokkal kiemelve (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

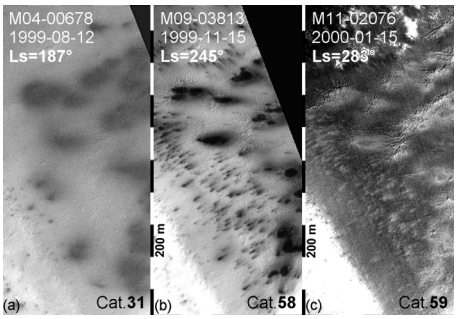


6. ábra • A Lyell-kráter (-17°, 69°W) erősebben dőlt dűne terepén a sötét dűnefoltokból lefolyásos alakzatok indulnak. Alul láthatók a magasabb, felül pedig az alacsonyabb területek (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

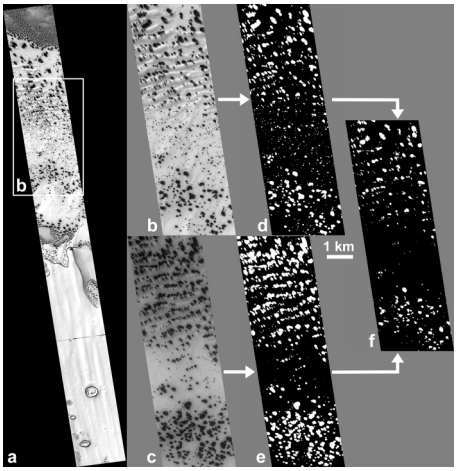
olyan folyamat indukálhatta, amely a felszín egyenetlenségeitől független. Miután a sötét dűnék anyaga feltehetően bazalthomok, ez mindenképpen izotróp közegnek tekinthető, és ebben egy folyadékfázis – jelen esetben a folyékony víz – terjedése vízszintes területen iránytól függetlenül történik. Következésképpen ha valamilyen oknál fogva a jég alatt folyékony víz képződik és terjed, akkor ez a jég alatt egy közel kör alakú folt megjelenéséhez vezet. Ez is a folyékony víz szerepét támasztja alá a DDS-ek kialakulásában.

4. Enyhe lejtős terepen a foltok lejtőirányban megnyúlnak, ellipszoidhoz hasonló alakúvá válnak, ahol az ellipszoid nagytengelye a lejtőirányba mutat (lásd a *2., 4. ábrát*). Ez azt jelenti, hogy valamilyen lejtőirányú erő hat a foltok kialakulására. Ezt nem a szél hozza létre, mert az eltérő tájolású lejtőkön is mindig lejtőirányú a megnyúlás. Ugyanakkor a lejtésirányba elnyúlt formát a porózus közegben szivárgó folyadék kialakíthatja. Ezért feltételezhető, hogy a foltok kialakulásában folyékony fázis megjelenése játszik szerepet, mert a gravitáció ilyen rövid távon a szublimációs folyamatokat nem befolyásolhatja. A folyadékfázis pedig az adott körülmények között más, mint folyékony víz, nem lehet.

5. Meredekebb lejtőkön a foltokból folyásokra emlékeztető képződmények indulnak ki lejtőirányban. Ezeken a felvételeken már a látvány is azt sugallja, hogy ott folyadékfázis lejtőirányú áramlása történik *(6., 9., 10. ábra)*.
6. A marstalajt magas szélességen télen fehér hótakaró fedi. Ez a hótakaró a nyár elejére elszublimál, és előtűnik a sötét dűnék anyaga *(7., 11. ábra)*. A nyári felvételeken azonban a sötét dűneanyagot világosabb szürke „fantom"-foltok tarkítják (7c., 11d. ábra). A foltok eloszlása és helye megegyezik a DDS-ek eloszlásával és helyével, vagyis ahol tél végén és tavasszal a sötét foltok megjelentek, ott nyár kezdetén a talajt valami eltérő tulajdonságú anyag fedi. Mi lehet e szürke foltok anyaga?
7. Végül az a tény, hogy a DDS-ek tél végén kezdenek megjelenni, és tavasszal teljesednek ki, azt mutatja, hogy keletkezésükhöz valami köze van a napsugárzásnak. Úgy is mondhatnánk, hogy a felvételek tanúsága szerint a sötét foltok a napsugárzás hatására keletkeznek a hó/jégréteg alatt.



7. ábra • A marsi sötét dűnefoltok évszakos változása tél végétől nyár közepéig, az ún. Inca City régióban (-82°, 64°W). A nyári képen (c) tűnnek elő a világos szürke „fantom"-foltok (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)



8. ábra • A sötét dűnefoltok éves visszatérésének vizsgálata az 1999. évről a 2001. évre. Az a képen (1999. 09. 15., M07-02775, Ls= 207°) kerettel jelölt területet (b) hasonlítottuk a következő marsi évben hasonló fázisban (Ls) készült felvétel azonos részterületével (c, 2001. 08. 02., E07-00101, Ls=207°). A negatív képek (d, e) kivonása adta meg az 1999-ben és 2001-ben is azonos helyen megjelent sötét dűnefoltok pozícióját (fehér foltok) (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

A fentebb felsorolt érvek világosan mutatják, hogy a defrosting folyamat nem adhat magyarázatot ezeknek a foltoknak a megjelenésére és fejlődésére. Ugyancsak nem ad magyarázatot a foltok tulajdonságaiból következő folyékony fázis, azaz a víz megjelenésére. De ha nem defrosting, akkor mi okozza a foltokat? Mi teszi lehetővé, hogy a jég alatt víz keletkezzen és maradjon meg hónapokon keresztül folyékony állapotban?

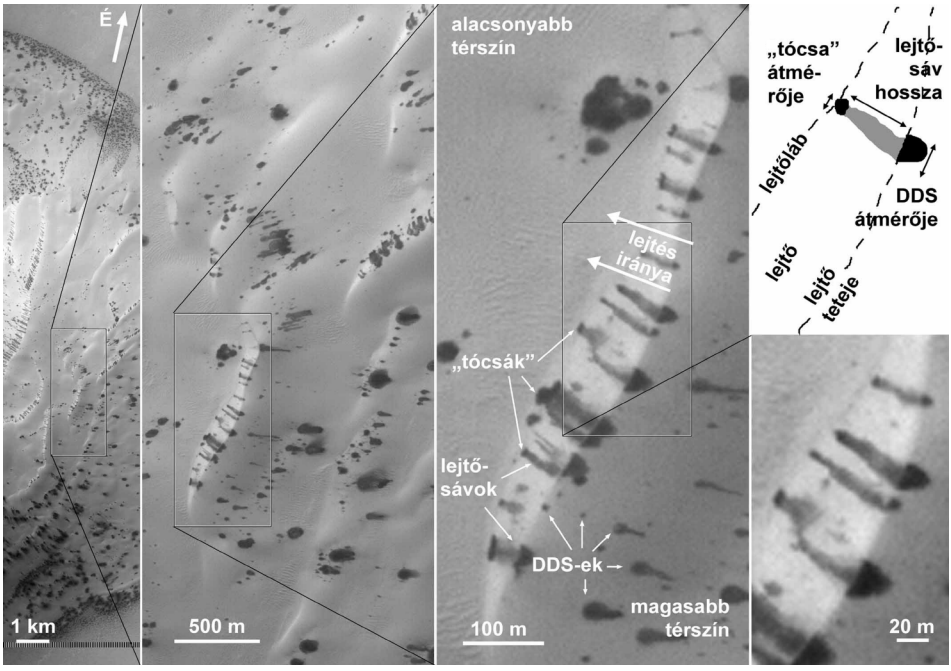
A DDS-ekből kiinduló képződmények

Sok DDS-ből hosszúkás, szürke ámyalatú sáv indul ki. A legérdekesebb képződmények a déli szélesség 69° és a nyugati hosszúság 151° koordinátájú területen találhatók, egy kb. 60 km-es kráter nyugati részén lévő, kb. 10 km

átmérőjű és 400 m magas dűne-komplexumon *(9. ábra)*. Az erről készült tél végi és tavaszi képeken 721 olyan sötét, lejtőirányba mutató képződményt vizsgáltunk, amelyek DDS-ekből indulnak ki. Ezeket morfológiájuk alapján első közelítésben két nagy csoportba soroltuk: a diffúz és éles peremű lejtősávok közé.

Mindkét csoportra jellemző, hogy a környező fagytakaránál sötétebbek; szélességük általában a DDS-hez hasonló, amiből kiindulnak; hosszuk lehet a DDS átmérőjénél kisebb, de elérheti annak öt-nyolcszorosát is (többnyire 10 és 200 m közötti); az MGS űrszonda lézeres magasságmérőjének adatai és a megvilágítás alapján rekonstruált domborzati viszonyok szerint a lejtés irányába nyúlnak el; az egymással szomszédos sávok párhuzamosan haladnak; és majdnem az összes esetben a sávok kezdeténél egy DDS található (abban a néhány esetben, ahol DDS nem mutatkozik, igen kisméretű a sáv, feltehetőleg a felbontás határa miatt nem látszik maga a DDS). A két csoport között a legfontosabb különbség, hogy a diffúzaknak nincs éles peremük; emellett a DDS-től távoli elvégződésük felé halványodnak és néha szélesednek; futásuk vonala egyenes, és közel síknak mutatkozó területen is megjelennek.

Ezzel ellentétben az éles pereműek nevükhöz híven éles szegélyt mutatnak; közel sík területen nem fordulnak elő; lejtőirányban elnyúlnak; szélességük alig változik hosszában, de néha keskenyednek; albedójuk nem változik szisztematikusan az elvégződésük felé; az egymáshoz közeli és kicsit görbült futású sávok egymással párhuzamosan görbülnek; elvégződésüknél időnként szintén éles peremű, sötét tócsaszerű folt van, amely az anyag lejtőlábi felhalmozódására utal; az ilyen lejtőlábi foltok alakja a domborzattól függ: ahol hirtelen ér véget a lejtő, ott a lejtés



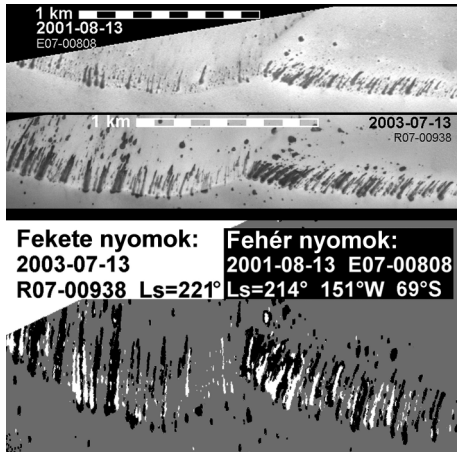
9. ábra • Sötét dűnedombok dőlt rézsűin a DDS-ekből kiinduló és lefelé keskenyedő alakzatok (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

irányára merőlegesen, ahol fokozatosan laposodik el a lejtő, ott a lejtés irányával párhuzamosan nyúlnak el; és az egymáshoz közeli sávok ugyanabban a lejtőlábi „tócsában" is végződhetnek.

A Marson eddig megfigyelt, lejtőkön elhelyezkedő sávokat dominánsan száraz, ritkábban nedves lejtős tömegmozgással magyarázzák. Az eddig megfigyelt száraz, lejtős tömegmozgásoknak tulajdonított képződmények lejtőirányban általában szélesednek, albedójuk a környezetüknél lehet nagyobb vagy kisebb is, és elvégződésüknél jellemzően nem mutatnak a fent említetthez hasonlóan erős anyagfelhalmozódást. Az általunk azonosított diffúz peremű csoport kinézete a szél által létrehozott sávok (kifújt poranyag) elméletileg várható és más helyeken észlelt megjelenésével vág egybe. A lejtőkön megfigyelt gyakori előfordulásukat valószínűleg lejtőszelek magyarázzák. Az éles peremű csoport tagjainak jellemzői és kialakulása ugyanakkor hasonló elgondolással nehezen magyarázható.

Az éles peremű lejtősávokat létrehozó DDS-ek és az egyes lejtősávok között az alábbi összefüggések mutatkoznak: a DDS szélessége és az általa létrehozott lejtősáv szélessége között kapcsolat van (korrelációs faktor R=0,48); a lejtősáv végén felhalmozódó tócsaszerű képződmény területe általában kisebb vagy maximum akkora, mint a DDS területe; minél nagyobb egy DDS, annál valószínűbb, hogy lejtősáv indul ki belőle; a megfigyelt esetekben minden 20-25 méternél nagyobb lejtőn vagy annak peremén lévő DDS-ből kiindult lejtősáv. Mindezek arra utalnak, hogy a DDS-ek és a belőlük kinyúló lejtősávok között valamilyen térfogaton alapuló kapcsolat is létezik, és a 20-25 méteres átmérő azt a kritikus értéket jelezheti a DDS-ek esetében, amelynél azok a vizsgált lejtőszögek (18-31 fok) mellett már nem képesek magukban tartani a lejtőn meginduló és a lejtősávot alkotó anyagot.

A lejtősávok időbeli visszatérési jellemzőit az E07-00808 és az R07-00938 jelű felvételek alapján vizsgáltuk; ezek közel ugyanazt a területet mutatják 2001. 08. 13-án (Ls =213.51°) és 2003. 07. 13-án (Ls = 220.74°). Mindkét felvétel a helyi tavasz során készült, az évszakos fázis szerint 13,7 földi nap különbséggel *(10. ábra)*. A két eltérő évben megjelent foltokból kiinduló lejtősávok összehasonlításának eredményei az alábbiak: a lejtősávokban gazdag területek mindkét évben hasonló térségben jelentkeztek, de az egyes lejtősávok helyzete általában nem pontosan fedte le egymást; az évszakos fázis szerint később készült felvételen a lejtősávok „fejlettebbek" voltak: a DDS-ek nagyobb százalékából indult ki lejtősáv (75 % / 37 %), a lejtősávok átlagos hossza is nagyobb volt (63 m / 55 m), a sávok nagyobb hányada végződött tócsaszerű képződményben (50 % / 10 %). Mindezek alapján a lejtősávokat létrehozó folyamatok évszakosan visszatérnek, és ha feltételezzük, hogy a két eltérő marsi évben



10. ábra • Sötét lejtősávok egy dűnemezőn (d. sz. 69,17 ny. h. 150,8) 2001-ben (E07-00808 kép) és 2003-ban (R07-00938 kép). Jobbra a két eltérő évben készült felvétel egymásra helyezve, fehér a 2001-es, fekete szín a 2003-as sávokat jelöli (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

készült felvételek közti különbségeket nem véletlenszerű eltérések, hanem az évszakos fázisban jelentkező 13,7 földi nap különbség okozta, ez az évszak előrehaladtával hasonló jellegű, fokozatos fejlődésre utal.

A megfigyelt lejtősávok kialakulásának magyarázatát keresendő négy modellt vizsgáltunk meg: a száraz lejtős tömegmozgás, a folyékony szén-dioxid, a folyékony víz és a gáz fázisú szén-dioxid lehetőségét. Ezek közül a folyékony vizet tartalmazó modell egyeztethető össze legjobban a megfigyelésekkel – amennyiben a folyékony állapot fenntartásának kevéssé ismert elméleti problémájától eltekintünk. A lejtősávok megfigyelése tehát kedvez a víz előfordulásának, amennyiben utóbbi létezésének – egyelőre kevéssé ismert – fizikai háttere biztosított.

DDS-MSO hipotézis

A cikkben eddig vázolt kérdések megoldására dolgozta ki kutatócsoportunk a DDS-MSO hipotézist (DDS – Dark Dune Spots, MSO – Mars Surface Organism). A hipotézis ismertetésénél abból indulhatunk ki, hogy ha volt valaha a Marson élővilág, a marsfelszíni körülmények drasztikus változásához az élő rendszerek maximálisan próbáltak alkalmazkodni. Ez az élővilág döntő többségének nem sikerülhetett, a változások roppant erős mértéke miatt. De visszamaradhattak olyan, a fejlődés alacsonyabb fokán lévő rendszerek, amelyek egyes helyeken megtalálhatták az évenként rendszeresen visszatérő életfeltételeiket, miközben a kedvezőtlen időszakot beszáradt, fagyott állapotban igyekeztek túlélni. Ha ez bekövetkezett, akkor ezeknek az élőlényeknek a fotoszintézishez nagy abszorbcióképességű festékanyagokat kellett kifejleszteniük, hogy a beérkező fényt hasznosíthassák. Ha ilyenek maradtak fenn azokon a területeken, amiket vízjég/vízhó fed, akkor ezek tél végén, amikor a Nap felkel, a hó- és jégrétegen keresztül jutó napsugarakat elnyelik, miközben maguk felmelegednek. Így maguk körül, a talaj és a hó/jégréteg között megolvaszthatják a vízjeget. Ily módon a jég alatt folyékony víz keletkezhet, amelyben ezen marsfelszíni organizmusok (MSO-k) megtalálhatják az életfeltételeiket.

Kérdés persze, hogy amikor a külső hőmérséklet -60 -70 °C-ot is elérhet, a jég alatti vízlencsék miért nem fagynak meg? A válasz a jég/hóréteg, valamint a benne rekedt, gyenge hővezetőképességű gázfázis jó hőszigetelő képességében rejlik.

Az utóbbi években számos szerző foglalkozott a jégben, illetve a jég alatt az élet lehetőségével. Az állandóan fagyott szibériai permafroszt-talajokon, valamint az antarktiszi jégtakarón végzett vizsgálatok egyértelműen azt mutatták, hogy a prokarioták és a sarki zuzmók legalább -15, sőt -17 °C fokig képesek olyan mértékű anyagcserét folytatni, ami nemcsak a fennmaradásukat, de lassú szaporodásukat is lehetővé teszi. Úgy tűnik, e hidegtűrő organizmusokban a citoplazma víztartalma eddig a hőfokig nem fagy ki.

Kérdés persze az is, hogy a jég alatti olvadt víz miért nem párolog el igen gyorsan, hiszen a marsi légkör nyomása igen kicsi, mindössze 6 mbar körüli, ami nagymértékben megnöveli a víz párolgási sebességét. A párolgási sebesség nemcsak a hőmérséklet és a nyomás függvénye, hanem mindenekelőtt a folyadékfázis fölötti légréteg relatív páratartalmáé is. A jégréteg alatt azonban a levegő relatív páratartalma telített (feltehetőleg közel tiszta vízgőzből áll), így ott párolgás egyáltalán nincs, mindaddig, ameddig a jégréteg el nem tűnik.

A tél vége felé és a tavasz elején a napsugárzás erősödésével, a besugárzás hosszának és a beesési szögnek a növekedésével a foltok egyre intenzívebbé válnak, jeléül annak, hogy a jég alatti vízlencse egyre vastagabbá és kiterjedtebbé válik. Ahol a vízlencse megjelenik, ott a jég/hóréteg szublimálása is intenzívebb, hiszen nemcsak

fölülről, de alulról is melegedik. Ezért ezen a helyen az elszublimálási folyamat gyorsabban megy végbe, mint az egyéb helyeken. Ennek következtében a folt közepén szublimál el először a fölötte lévő hó/jégréteg, és ekkor az egyébként szürke folt közepén egy sötétszürke-fekete mag jelenik meg *(7., 11. ábra)*. A csupasszá vált sötét dűnefelszín több napfényt nyel el, mint amennyi a havon átszűrődve korábban lejutott, ezért az ilyen sötét területek erősen felmelegednek. Ha a dűnék anyaga oldalirányba vezet hőt, az szintén fontos hőforrás lehet a vízjég olvadásához és az MSO-k élettevékenységéhez. A foltokban uralkodó hőmérséklet meghatározása fontos feladat, azonban jelenleg a szondák detektorai csak a fagyott réteg tetején mérhető hőmérsékletet tudják durván közelíteni, azt is csak a foltok méreténél lényegesen rosszabb felbontással. Egyetlen biztos támpont a foltok eltűnése utáni felszíni hőmérséklet, utóbbi több helyen nulla fok közelében, illetve kissé fölötte mutatkozik.

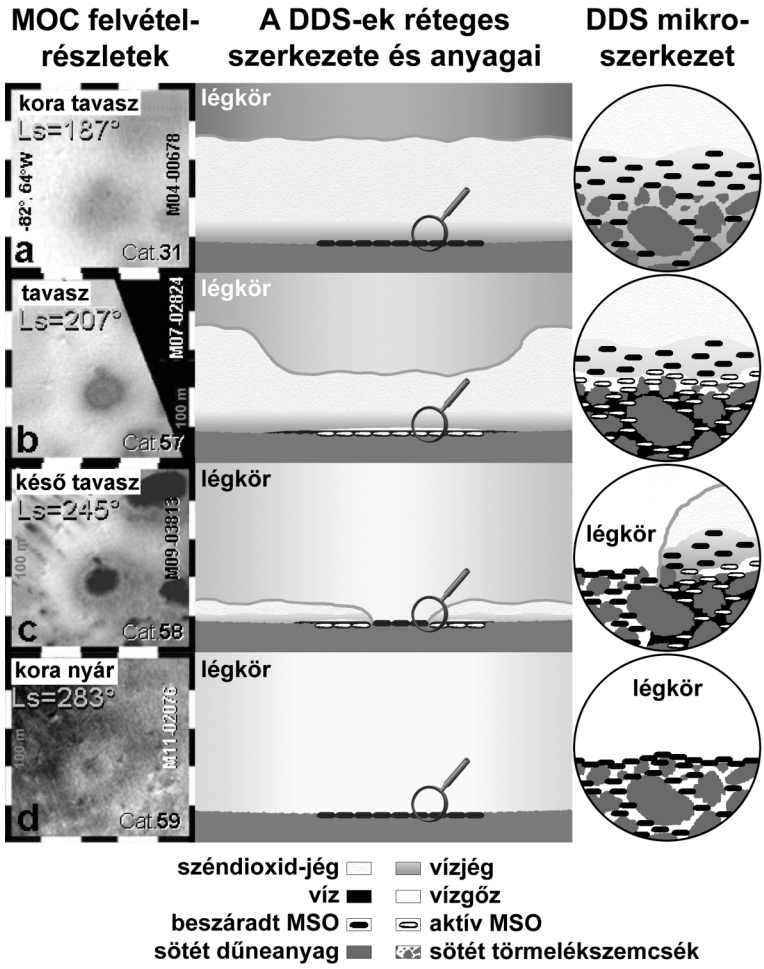
Lejtős terepen természetesen a jég alatti vízre is hat a gravitáció, amelynek következtében a folt növekedése lejtőirányban meggyorsul (lásd *2., 4., 6., 9., 10. ábrákon*). Meredekebb lejtők esetén a vízlencse olyan vastaggá válhat, hogy kisebb lejtőirányú mélyedésekben intenzív szivárgás indulhat meg, és így okozhatja a „megfolyásokat" (lásd *6., 9., 10. ábrák*). Nyár elejére a hóréteg teljes eltűnése után az MSO-k is beszáradhatnak, és a talajfelszínt borító vékony rétegként maradhatnak vissza. Ezek jelentkezhetnek szürke foltként azokon a felvételeken, amiket az orbiterek nyári időszakban készítettek a sötét dűnék felszínéről *(7. e, f és 11. d ábra)*.

Az elmondottak képezik a DDS-MSO hipotézis magját. Lényege tehát, hogy a téli időszak végén a Mars sarki területein található dűnéken megjelenő foltok folyékony víz megjelenésére vezethetők vissza, amely folyékony víz a jég és a marstalaj határán a napsugárzástól, az ott lévő marsfelszíni organizmusok közreműködésével jön létre, ezáltal életteret biztosítva e marsbéli organizmusok számára. Hogy mik ezek a feltételezett organizmusok, arra ma nem lehet választ adni. Tapasztalataink kizárólag a földi élővilággal kapcsolatban vannak, és egyáltalán nem biztos, hogy ha egy másik bolygón földi típusú élet alakult ki, annak az evolúció során ugyanilyen vagy hasonló rendszertani szerkezetű élővilága lesz. Hacsak például az élőlények egyik bolygóról a másikra át nem kerültek meteoritok közvetítésével (lásd az *1. ábrát*). Csak arra lehet következtetni, hogy az élőlények alapvetően fotoszintetizáló rendszerek lehetnek, és hogy az élővilág szervezettségének valahol az alsó szintjéhez tartozhatnak. Ezért adtuk ezen élőlényeknek az összefoglaló *marsfelszíni organizmusok* (Mars Surface Organisms – MSO) nevet. Ha mégis a földi élővilághoz akarjuk hasonlítani ezeket, akkor azt mondhatjuk, hogy ezek baktérium-, kékalga- vagy (funkcionális szempontból) zuzmószerű élőlények lehetnek.

A DDS-MSO hipotézis ma már kezdi kinőni az egyszerű hipotézis kereteit, és egyre inkább elméletté fejlődik. Az előzőekben láttuk, hogy azokat a jelenségeket, amelyeket mint tényeket a marsi felvételekből ki lehetett olvasni a DDS-ek tulajdonságaira vonatkozóan, és amelyeket az egyszerű defrosting jelenség nem tud értelmezni, a DDS-MSO hipotézis meg tudja magyarázni. De a fentieken túlmenően egyéb jelenségekre, például a foltok finomszerkezetére is magyarázatot tud adni.

Az egyes foltok tulajdonságainak részletes vizsgálata során a következőket lehetett megállapítani: tél végén először egységesen szürke foltok jelennek meg a fehér hótakarón. Az idő előrehaladtával a foltok közepe táján egy sötét (a felvételeken fekete) központi mag jelenik meg, amelyet, mint említettük, a felette lévő hó eltűnésével értelmezünk. A finomabb vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy az esetek egy részében az eredetileg

szürke és a fekete zóna határán egy világosabb gyűrű helyezkedik el *(5. ábra)*. Ennek a keletkezését a DDS-MSO hipotézis segítségével a következőképpen magyarázhatjuk. A szürke zónából – miután ott folyékony víz van a hóréteg alatt – a marstalaj mentén folyamatosan víz szivárog a leszáradt fekete zóna határára. Itt, mivel a hóréteg védő hatása megszűnik, a víz az alacsony légnyomás miatt a hideg ellenére igen gyorsan elpárolog.



11. ábra • A DDS-MSO hipotézis, a marsi sötét dűnék kialakulásának magyar modellje: (a) amikor a Nap még csak lapos szögben világítja meg a sarkvidéki terepet a sötét dűnéket fagyott vízhó-jég, felette pedig fehér szén-dioxid hó/jég borítja; (b) a Nap emelkedése nyomán a dűnefelszínnél lévő MSO-k aktivizálódnak, megolvasztják a jeget és élettevékenységet folytatnak; (c) az MSO-k biológiai aktivitása miatt gyorsan eltűnő hó-jégtakaró alatt megjelenik a csupasz felszín, és kialakul a DDS-jelenség, itt a sejtek beszáradnak a rideg marsi éghajlat hatására (d). A bal oldali 500×500 méteres MGS képrészletek az ún. Inca City régióban1999-ben készültek (NASA/JPL/Malin Space Science Systems, Collegium Budapest)

De ugyanakkor a külső térben uralkodó nagy hideg e párát mindjárt dérképződésre készteti, vagyis e két réteg határán folyamatosan új dérképződés indul meg. E frissen keletkező dér okozhatja a fekete mag és a szürke zóna közötti világosszürke gyűrűt.

Felmerül az a kérdés is, hogy miért csak a sötét dűnéken találhatók ilyen foltok, és miért nem találhatók a környező egyéb területeken. Malin és Edgett amerikai szakértők megfigyelései szerint a deresedés a déli póluson, a sötét dűnéken kezdődik, és tavasszal legutoljára a sötét dűnékről tűnik el a hótakaró. Ez annyira markáns jelenség, hogy a dűnék körvonalai ekkor élesen kirajzolódnak a környező, már sötét felszíntípusok között. Feltehető, hogy a marsi hósapka képződése a vízdér képződéssel kezdődik, vagyis a lehűlés során először vízdér kristályosodik ki, és csak jóval később követi a klatrát és esetleg a szén-dioxid hó kicsapódása. Ez azt jelenti, hogy a dűnéken, ahol először kezdődik meg a deresedés, vízdér borítja a felszínt, és a dér viszonylag hosszú ideig úgy növekszik, hogy a dűnék területén kívül még nincs dérkicsapódás. Ezért a dűnék felszínét borító vízdér valószínűleg vastagabb réteget képez, mint a környező területeken. Emiatt elsősorban itt van lehetőség tavasszal folyékony víz megjelenésére és az élő szervezetek működésére, hosz-szú hónapokra: földi hónapokban számolva mintegy hat hónapra. Ez az időtartam elegendő arra, hogy ott élettevékenység folyjék, hiszen nagyjából megfelel a földi mérsékelt övi vegetációs periódus időtartamának.

De van még egy másik tényező is, ami beleszólhat abba, hogy csak a sötét dűnéken találhatóak ezek a tipikus foltok. A Mars talaja általában vörös a benne található vasvegyületektől, elsősorban a hematittól (Fe_2O_3). A Viking-mérések alapján a marstalaj erősen oxidáló tulajdonságú. Ezt arra vezetik vissza, hogy a Mars felszínén lévő igen intenzív ultraibolya sugárzás a vas-oxidokkal kölcsönhatásba lépve peroxidokat és szuperoxidokat, azaz igen erősen oxidáló anyagokat hoz létre. Ezek megtámadják és eloxidálják a szerves vegyületeket, ily módon szétroncsolják az élő szervezetek anyagait is. A sötét dűnék anyagának a színe nem vörös, hanem sötétkék-sötétlila. Ez annyit jelent, hogy a dűnék anyagában nincs annyi vas-oxid, itt tehát nem várható az UV sugárzás következményeként annyi peroxid megjelenése. Ezért a marsfelszíni organizmusok a beszáradás után a nyári időszakban nincsenek olyan mértékben kitéve a peroxidok oxidáló hatásának, mint az egyéb területeken. Itt tehát a beszáradt organizmusok túlélési valószínűsége nagyobb a következő téli időszakig, mint az a sötét dűnéken kívüli területeken várható lenne.

Ez átvezet bennünket a következő kérdéskörhöz. A Mars légköre nem nyújt védelmet az UV sugárzás ellen, ezért a felszínén sokkal nagyobb az UV sugárzás intenzitása, mint a Földön – ez pedig a mikroorganizmusokat elpusztíthatja. Hogyan élhetik túl az MSO-k ezt az egyébként halálos UV sugárzást? A választ két részre kell osztani, mi történik funkcionáló, működő állapotban és mi beszáradt állapotban. Funkcionáló állapotban az MSO-k jég alatt működnek. A hipotézis kidolgozásának idején feltételeztük, hogy a vízjég és a vízhó is igen erősen abszorbeálja az UV sugarakat, 1-2 dm-es hó vagy jégréteg már teljes védelmet nyújthat a mikroorganizmusoknak az UV sugárzással szemben. Charles S. Cockell és mukatársainak vizsgálatai szerencsére megerősítettek bennünket ama hitünkben, hogy jó nyomon járunk. Elsősorban hó az, ami ilyen vastagságban kellően hatékony szűrőként tud működni (Cockell et al., 2005; Córdoba-Jabonero et al., 2005). A sarki területek közelében valóban előfordulhat ilyen vastagságú és a hóhoz közeli szerkezettel bíró takaró. A saroktól távolabb, illetve a hóréteg tavaszi vékonyodásával minden évben ennél kedvezőtle-

nebb körülményekkel számolhatunk. Ilyen feltételek mellett, illetve akkor, amikor az összes jégtakaró eltűnt a felszínről, az a földről ismert stratégia jelentheti a megoldást, hogy az organizmusok a néhány mm-es porréteg alá vándorolnak. Érdekes módon ez még a fotoszintézist is megengedheti (lásd alant). Végül, meg kell jegyezni, hogy evolúciójuk során hatékony védelmet is kifejleszthettek e sugarak ellen, amire a Földön is számos példa akad, elsősorban a kékalgák körében.

A DDS-MSO hipotézis felállítása idején e két jégréteg közötti, azaz a fagyott marstalaj és az őt borító jég/hó réteg közötti élet lehetősége hipotézis volt, amely az ismert fizikai és biológiai tapasztalatokból logikusan következhetett. Közben kiderült, hogy ilyen ökoszisztémák a Földön is léteznek, az Antarktiszon ugyanis vannak ún. száraz völgyek, amelyekben tavak találhatók. E tavakat vastag és állandó jégréteg fedi. Az egyik ilyen tóban a jégréteget átfúrva azt tapasztalták, hogy a 6 m-es vastagságú jég középtáján, úgy 3 m mélységben, a jégben egy porréteg húzódik, amelyet valamikor az idők folyamán a szél hordott a jég akkori felszínére. Nos a két jégréteg között e porréteg a napsugárzás hatására felmelegszik, ott zárt vízlencsék keletkeznek, és ezekben a vízlencsékben algák és egyéb mikroorganizmusok élnek teljesen zárt ökoszisztémában, azaz a külvilággal nem érintkezve. Az ott élő mikroorganizmusok biztosítják saját életközösségeik számára a tápanyagok körforgását. Ez lényegében hasonló életfeltételeket jelent, mint amilyeneket a Marson a DDS-MSO hipotézis feltételezett.

Földi analógiák

Sok fenti kérdés megválaszolásában segíthet, ha a feltételezett MSO-k életkörülményeihez minél hasonlóbb földi analógiákat vizsgálunk. Feltételezhető, hogy ha az élet a Marson még jelen van, az ott is fehérjék vizes fázisához kötött. Egyes számítások alapján a marsi sarkvidéki tavasz vagy nyár idején a marstalaj, illetve kőzetfelszín felső néhány centiméteres rétegében talán megolvad a vízjég, és ugyanezek a területek nyáron kiszáradnak. A viszonylag kedvező hőmérsékleti és vízellátottság feltételei rövid ideig állhatnak fenn, akkor is a földihez viszonyítva más összetételű légkör és magasabb UV sugárzás, valamint sokkal kisebb légnyomás mellett. Az esetleg itt élő szervezetek rövid aktivitás után hosszú ideig nyugalmi állapotba kerülhetnek, amely idő alatt kiszáradt állapotban, az év nagy részében igen alacsony hőmérsékletnek vannak kitéve, amit túl kell élniük.

Természetesen ilyen környezeti feltételek egy az egyben, földi viszonyok között nem fordulnak elő, de azért nálunk is vannak élőhelyek, amelyek a marsi viszonyok egyes komponenseihez hasonlók. Például a hosszú ideig igen alacsony hőmérsékletű és csak rövid ideig, a felszínen olvadó sarkvidéki permafroszt talajok a marsi dűnefoltok hőmérsékleti analógjai. Ugyanakkor a rövid ideig nedves, az év vagy évek nagy részében igen száraz és forró sivatagok és félsivatagok, különösen az azokban előforduló talajmélyedések, ahol a víz egy ideig meggyűlik, majd hosszú időre teljesen kiszárad, és benne a sótartalom koncentrálódik, a dűnefoltok időszakosan drasztikusan megváltozó vízviszonyait modellezik számunkra *(12. ábra)*.

Földi viszonyok között e biotopokban

12. ábra • Az ausztráliai Ayers Rock félsivatagos környezetében, a rövid vizes szakaszban élő szervezeteket jelző sötét foltok alakulnak ki (légi felvétel: Pócs Tamás)

kereshetjük azokat a modellélőlényeket, amelyek analógjai a marsi dűnefoltokon előfordulhatnak. Ilyenek elsősorban a baktériumok körében találhatók. Roseli Ocampo-Friedmann és Friedmann E. Imre (1995) többször utaltak az autotrof cyanobaktériumokra (közönségesen: kékmoszatokra, *cyanoprokaryotákra*), mint lehetséges marsi élőlényekre. Később igen idős korú marsi meteoritban vasbaktériumokra utaló nyomokat fedeztek fel (Friedmann et al., 2001).

Különösen érdekesek lehetnek számunkra az olyan élőlények, amelyek mindkét extrém ökoszisztémában megtalálhatók. Ilyenek egyes cyanobaktériumok, például a *Gloeocapsopsis* fajok vagy a *Microcoleus vaginatus,* amelyeket megtaláltunk mind az Antarktisz, mind a Szahara talajában. Ezek a coccus alakú vagy fonalas cyanobaktériumok esetleg vasbaktériumokkal és kénbaktériumokkal társulva a talaj felszíni rétegeiben ún. kryptobiotikus kérget (cryptobiotic crust, biological soil crust) alkotnak, és maximálisan ki tudják használni a rövid ideig tartó kedvező életfeltételeket. Ilyen formában a főleg cyanobaktériumok alkotta kryptobiotikus kéreg a marsi dűnefoltokban előfordulható életformák egyik analógiája lehet (Pócs, 2006).

Mi teszi a talaj- és sziklalakó cyanobaktériumokat különösen alkalmassá az extrém életfeltételek elviselésére, sőt kihasználására? A szárazföldi fajok legtöbbjének polysaccharidokból álló kocsonyaburka van, amely elősegíti a gyors vízfelvételt és lassítja a kiszáradást, maximális időtartamra biztosítva a szén-dioxid-asszimiláció lehetőségét. Ugyanebben a kocsonyaburokban sajátos UV-szűrő pigmenteket halmoz fel, így a lilásbarna színű, dimér indol-alkaloid *scytonemint,* valamint a vörös-ibolya *gloeocapsint.* Az extrém élőhelyeken ezek segítségével védve van a káros mennyiségű ultraibolya sugárzástól. Magában az élő sejtben pedig *mycosporin* fejt ki védő hatást az UV sugárzás DNS-pusztító hatásával szemben. A közeljövőben elérhető spektrofotometrikus vizsgálatok kideríthetik, hogy a sötét dűnefoltokban esetleg éppen ezeket a védőpigmenteket láthatjuk.

Ugyanakkor a cyanobaktériumok vezetnek az élővilágban magas hő- és hidegtűrő képességükkel is. A szubtrópusi sivatagokban 70 °C-ra felmelegedő felszíneken ugyanúgy megtalálhatók, mint az Antarktisz -70 °C fokra lehűlő kősivatagjaiban. Kimutatták, hogy -10 °C-ig még képesek növekedni, és -30 °C hőmérsékletig még asszimilálnak. Inaktív állapotban, a sarki jégben vagy permafroszt talajokban évmilliókig életképesek maradnak (Friedmann 1994), ami biztosíthatná a marsi télben, sőt, a meteoritokban való túlélésüket is egy lehetséges bolygóközi utazás során. Szárazságtűrésük is közismert, hiszen Földünk legszárazabb élőhelyein szinte csak cyanobaktériumok fordulnak elő. Érdekes, hogy a félsivatagi, cyanobaktériumok alkotta kryptobiotikus kéreg asszimilációs intenzitása vetekszik az ott élő magasabb rendű növényekével, azokkal szemben viszont még egészen alacsony nedvességtartalom mellett is aktívak.

Ezenfelül a kékalgák egyes fajainak sótűrő képessége olyan magas, hogy telített konyhasó vagy szódaoldatból álló tavakban (például a kenyai Magadi-tó) vagy az év nagy részében kiszáradt szaharai és ausztráliai *sott*okban is tömegesen fordulnak elő. Ez azért fontos a marsi élet lehetőségei szempontjából, mert az időszakosan átnedvesedő és kiszáradó dűnefoltok felszíni rétegeiben valószínűleg nagyfokú a sófelhalmozódás. Ez pedig a marsi atmoszférában a cseppfolyós halmazállapotú víz mindössze 4 foknyi hőmérsékleti intervallumához képest sokkal szélesebb hőmérsékleti sávban biztosít nedvességet és így életlehetőséget.

Kriptobiotikus kéreg formájában való előfordulásuk pedig különleges túlélési stratégiákat takar. Megfigyeléseink szerint

például sivatagok legfelső talajrétegében rendszeresen pigmentdús fajokat találunk, amelyek az UV sugárzást kiszűrik, és életfeltételeket biztosítanak az alattuk élő, kevésbé UV-toleráns fajoknak is. Még érdekesebb megfigyelés, hogy a kocsonyahüvelyben, kéveszerű fonalkötegekben élő *Microcoleus* fajok a kedvezőtlen évszakban kocsonyaburkukból kibújva pár milliméterrel a talaj felszíne alá húzódnak, ahol új kocsonyaburkot képeznek maguk köré, majd az esők beköszöntével újra a felszínre kúsznak. A *Gloeocapsopsis* fajok egy része pedig közismerten a szikla felszíne alatti rétegben él (endolithikus), képes a kvarcos kőzetekbe is belemarni telepeit. Ha a marsi dűnefoltokon van élet, valószínű az is a felszín alatti rétegben fordul elő, ahol a szervezetek jobban védve vannak a szélsőségektől.

Végezetül meg kell emlékeznünk Lynn Rothschild felfedezéséről, aki a Kaliforniai-öböl környékén a felszíni porréteg *alatt* talált fotoszintetizáló bakteriális telepeket. 1995-ös eredménye egyben munkánk legfontosabb intellektuális előzménye, minthogy cikkébe nyíltan utalt a lehetséges marsi analóg életformára. Mint mondtuk, az ultraibolya sugárzás elleni védekezésnek ez egy igen hatékony módja.

Kamrakísérletek

Bármilyen földi élőlény marsfelszíni túlélési esélyeit olyan Mars-szimulációs kamrákban lehet mérni, amely a valódi marsi környezetnek csak korlátozott és részleges utánzása – mégis sok új ismeretet nyújt. Az ilyen kamrákban a legfontosabb szimulálandó paraméterek: alacsony légnyomás, alacsony hőmérséklet, szén-dioxid légkör, ultraibolya sugárzás és a légkörben lévő vízpára mennyisége. Mindezeket együttesen lenne ideális vizsgálni, de a megvalósítás még külön-külön is nehéz. Az eddigi szimulációk nagy része ezért csak néhány egyedi környezeti paramétert vett figyelembe.

A kísérletek jelentős része nem a speciális viszonyok alatti élettevékenységet, hanem az egyszerű túlélési képességet vizsgálja. Azt elemzi, hogy bizonyos „kellemetlen" környezeti paraméterek közepette eltöltött idő után ismét életképes lesz-e az egyed. Annyi mára kiderült, hogy sok élőlény igen szélsőséges viszonyokat képes túlélni, úgy, hogy közben tetszhalott állapotba kerül. A legnépszerűbb példa a Surveyor–3 kamerája, amelyben egyes mikrobák három évig tartózkodtak a Hold felszínén, hidegben, tápanyag, légkör, sugárvédelem nélkül – majd a Földre visszatérve ismét életképesek lettek. Ugyancsak sokat emlegetik a *Deinococcus radioduranst*, amelynek a sugárzással szembeni ellenálló képessége akkora, hogy atomreaktorok hűtővizében is megél, de emellett jól bírja az erős hiperoxidokat, a szárazságot stb. Egyes élőlények meteoritok belsejében egy bolygóközi utazást is átvészelnének, beleértve a kirobbanást az űrbe, és végül a meteorit becsapódását egy másik égitest felszínébe. Az eddigi kamrakísérletek alapján sok földi élőlény a Mars felszínén minimális védelem (deciméteres vastagságú vízjég, milliméter vastag homok) alatt túlélné a szélsőséges viszonyokat.

A kísérletek másik csoportjában az extrém életfeltételek alatti élettevékenységet vizsgálják – ez állhat közelebb az esetleges valódi helyzethez. Ilyen kísérleteket végeztek például Sakon és kollégái, akiknek az antarktiszi szárazvölgyből szerzett mikrobái 0 °C körül, a marsbéli regolit feltételezett kémiai viszonyai között, az alacsony légnyomás és a szén-dioxid légkör alatt hosszú percekig aktív fotoszintézist folytattak. Néhány metanogén baktérium is túléli az alacsony légnyomást, az erős ultraibolya sugárzást és a fagypont körüli hőmérsékletet, ezek szintén megélnének mai ismereteink szerint a bolygó felszínéhez közel, akár már néhány centiméter mélyen a felszín alatt. A földi élőlények a kopár felszínen fagy, por- és

jégborítás nélkül, az eddigi eredmények alapján rövid ideig képesek életben maradni. A *Bacillus subtilis* esetében a marsi nyomást, hőmérsékletet és ultraibolya sugárzást szimulálva ez az időtartam mindössze 10-20 perc volt. Általánosságban elmondható, hogy a legerősebb korlátozó faktor az ultraibolya sugárzás, ha a felszínt nézzük (de már néhány dm hó vagy néhány mm por, illetve homok elég védelmet nyújthat). Ha a hőmérséklet -10, -20 °C alá süllyed, talán a legkevésbé zavaró a szén-dioxid légkör, emellett az alacsony légnyomás sem jelent minden esetben azonnali kiszáradást.

Összefoglalás

Akár hipotézisnek, akár elméletnek tekintjük a fentieket, mindenképpen feltételezések. Igaz, mint láttuk, sok konkrét tény támasztja alá e feltételezések helyességét, és e tények száma a hipotézis felállítása óta gyarapodott (Szathmáry et al., 2006). Mindez azonban még nem jelenti azt, hogy a DDS-MSO hipotézis bizonyított lenne. Kérdés, hogyan lehet e hipotézist bizonyítani? A végleges bizonyítékot természetesen csak e foltok közvetlen vizsgálata adhatja meg, azaz végső választ a kérdésre akkor remélhe-

Kutatók	Szimulált paraméterek	Időtartam	Élőlény(ek)	Eredmény
Sakon és Burnap 2004	JSC talaj*, UV, 95% CO_2 5% H, kis légnyomás (400 mbar)	50 óra	*Synechocystis sp.* WT 6803 (cianobaktériumok)	50 órán keresztül vizsgálták, a minta nagy része túlélte, a jelek alapján élettevékenységet folytatott
Sakon és Burnap 2005	JSC talaj*, UV, 95% CO_2 5% H, kis légnyomás (400 mbar) +4 ºC	8 óra	$BG\text{-}11_o$	8 óra után még volt köztük életképes
Kral 2004,	JSC talaj*, UV, 95% CO_2 5% H, 500 millibar, metanogének optimális hőmérséklete		*Methanosarcina barkeri, Methanobacterium wolfei, Methanobacterium formicicum*	élettevékenység, metánkibocsátás
Schuerger 2003	-10°C, 8,5 mb, tiszta CO_2, UV-VIS (200–1200 nm),	15-30 perc	*Bacillus subtilis*	15-30 perc után már nem tért magához a populáció
Nicholson 2005	7–18 mbar, 100% CO_2, szobahőmérséklet	19 nap	*Bacillus subtilis* spórák	a túlélés a földinél rosszabb, de újra életképesek lettek
Charles S. Cockell 2005	Tiszta CO_2, 8,5 mbar, -10 ºC, UVC (200–280 nm) 3,73, UVB (280–315 nm) 8,27, UVA (315–400 nm) 37,67 W/m^2	30 perc	*Chroococcidiopsis sp.* 029	5 perc után az életképes egyedek száma 1 %-ra csökkent, 30 perc után nem maradt túlélő

* A JSC-MARS 1 olyan marstalajszimuláns, amelyet Hawaiiról gyűjtöttek az ottani vulkáni tufából, és amelynek a színe és szemcsemérete hasonló a marsi, vörösbarna színű szélfútta porhoz.

1. táblázat • Néhány fontosabb, Mars-szimulációs kamrában végzett kísérlet

tünk, amikor e foltokból mintákat hozunk földi laboratóriumokba, vagy amikor emberi vagy robotokkal végzett Mars-expedíciók a helyszínen végeznek erre vonatkozó célzott vizsgálatokat. Sajnos erre még sok esztendőt kell várni. A bizonyítékok azonban egyre erősödhetnek és sokasodhatnak. Mindenekelőtt már a közeljövőben várhatók olyan spektrális vizsgálatok, amelyek nagy biztonsággal bizonyíthatnák a hipotézis realitását. Ameny-nyiben sikerülne kimutatni, hogy a foltok területének a spektruma lényegesen különbözik más marsfelszíni területek spektrumától, és fotoszintetikus vagy akár védőpigmentek spektrális tulajdonságait is mutatja, ez már majdnem döntő bizonyíték lenne a hipotézis helyességét illetően. Reméljük, hogy erre néhány éven belül sor kerülhet.

Végül néhány szót a hipotézis jelentőségéről. Azt talán nem kell fejtegetni, hogy milyen jelentőségű lenne, ha a hipotézis igaza bebizonyosodna, hiszen ez azt jelentené, hogy eldőlt az évezredes kérdés: van-e a Földön kívül élet. Ennek filozófiai, világnézeti és tudományos szempontból egyaránt óriási lenne a jelentősége. És mi van, ha a hipotézis tévesnek bizonyul, ha kiderül, hogy a DDS-ek fejlődése más mechanizmussal magyarázható – ha kiderül, hogy nem marsfelszíni organizmusok jelenléte hozza létre ezeket a foltokat? Nos, ebben az esetben is marad tudománytörténeti jelentősége, hiszen ez az első olyan hipotézis, amelyik a Földön kívüli életre konkrét, helyben végzett megfigyelések alapján, konkrét mechanizmusok feltételezésével, tesztifikálható módon tételezi fel egy más égitesten élő rendszerek jelenlétét. És még ebben az esetben is magáénak mondhatja a hipotézis azt az önmagában sem jelentéktelen részsikert, hogy rámutatott, milyen mechanizmus révén létezhet ma a Mars felszínén hosszabb időn keresztül folyékony fázisú víz.

A cikk szerzői köszönetet mondanak az Európai Űrkutatási Hivatalnak (ESA) az ECS-project 8004-es számú pályázat elfogadásáért, valamint a Magyar Űrkutatási Irodának (MŰI) a támogatásáért. Pócs Tamás külön köszönetet mond az OTKA támogatásáért, az ALCO és a Művelődésügyi Minisztérium Szilárd Leó-ösztöndíjáért.

Kulcsszavak: *Mars, élet, asztrobiológia, víz, dűnék, sötét dűnefoltok, DDS, DDS-MSO hipotézis*

IRODALOM

Christensen, Philip R. – Kieffer, H. H. – Titus, T. N. (2005): Infrared and Visible Observations of South Polar Spots and Fans. American Geophysical Union, Fall Meeting 2005, abstract #P23C-04

Cockell, Charles S. – Schuerger, A. C. – Billi, D. E. – Friedmann I. Panitz, C. (2005): Effects of a Simulated Martian UV Flux on the Cyanobacterium, Chromococcidiopsis sp. 029. Astrobiology. 5, 2, 127–140.

Córdoba-Jabonero, Carmen – Zorzano, M.-P. – Selsis, F. – Patel, M. R. – Cockell, C. S. (2005): Radiative Habitable Zones in Martian Polar Environments. Icarus. 175, 360–371.

Edgett, Ken S. – Supulver, K. D. – Malin, M. C. (2000): Spring Defrosting of Martian Polar Regions: Mars Global Surveyor MOC and TES Monitoring of the Richardson Crater Dune Field, 1999-2000. The Second International Conference on Mars Polar Science and Exploration, Abstract No. 4041, Reykjavik, Iceland, August 2000.

Friedmann E. Imre (1994): Permafrost as Microbial Habitat. In: Gilichinsky, David A. (ed.): *Viable Microorganisms in Permafrost*. Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia, 21–26.

Friedmann E. Imre – Ocampo-Friedmann, Roseli (1995): A Primitive Cyanobacterium As Pioneer Microorganism for Terraforming Mars. Advances in Space Research. 15, 3, 243–246.

Friedmann E. Imre – Wierzchos, J. – Ascaso, C. – Winklhofer, M. (2001): Chains of Magnetite Crystals in the Meteorite ALH84001: Evidence of Biological Origin. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 27, 2176–2181.

Gánti Tibor – Horváth A. – Gesztesi A. – Bérczi Sz. – Szathmáry E. (2003): Dark Dune Spots: Possible Biomarkers on Mars? Origins of Life and Evolution of the Biosphere. 33, 515–557.

Horváth András – Gánti T. – Gesztesi A. – Bérczi Sz. – Szathmáry E. (2001): Probable Evidences of Recent Biological Activity on Mars: Appearance and Growing of Dark Dune Spots in the South Polar Region. http://

www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2001/pdf/1543.pdf, Lunar & Planetary Science. XXXII, #1543.-

Kieffer, Hugh H. (2003): *Behavior of Solid CO_2 on Mars: A Real Zoo.* Sixth International Conference on Mars #3158.

Malin – Edgett, Ken S. (2000): Frosting and Defrosting of Martian Polar Dunes. Lunar & Planetary Science. XXXI, #1056.

McKay, David S. – Gibson, E. K. – Thomas-Keprta, K. L. – Vali, H. – Romanek, C. S. – Clemett, S. J. – Chiller, X. D. F. – Maechling, C. R. – Zare, R. N. (1996): Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001. Science. 273, 924–930.

Pócs Tamás (2006): A krytobiotikus kéreg és szerepe a szárazföldi ökoszisztémában. In: Vizi E. Szilveszter – Bertók Krisztina (eds.): *Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián 2001. Élettudományok.* MTA, Budapest, 439–478.

Rothschild, Lynn J. (1995): A "cryptic" Microbial Mat: A New Model Ecosystem for Extant Life on Mars. Advances in Space Research. 15, 223–228.

Sakon, John J. and Burnap, R. L. 2004, An analysis of potential photosynthetic life on Mars. Lunar & Planetary Science XXXV, #1943

Schuerger, Andrew C. – Mancinelli, R. L. – Kern, R. G. – Rothschild, L. J. – McKay, C. P. (2003): Survival of Endospores of Bacillus subtilis on Spacecraft Surfaces under Simulated Martian Environments: Implications for the Forward Contamination of Mars. Icarus. 165, 2, 253–276.

Szathmáry Eörs – Gánti T. – Pócs T. – Horváth A. – Kereszturi Á. – Bérczi Sz. – Sik A. (2006): Life in the Dark Dune Spots of Mars: A Testable Hypothesis. In: Higgs, P. (ed.) *Astrobiology.* Cambridge University Press 2007.

A KÖNYVDIGITALIZÁLÁS EGYES KÉRDÉSEI

Tószegi Zsuzsanna
PhD, Magyar Szabadalmi Hivatal, Kaposvári Egyetem
zsuzsanna.toszegi@hpo.hu

A digitális kultúra kialakulása történelmi léptékű társadalmi-gazdasági-kulturális korszakváltást jelent, és az emberiség életében legalább akkora változást idéz elő, mint amekkorát évezredekkel ezelőtt a szóbeliségről az írásbeliségre való áttérés okozott.

Az írás-olvasás önmagában kevés lett volna ahhoz, hogy történelmi korszak alkotójává, társadalomformáló erővé váljon. Ehhez az írásbeliség széles körű elterjedése kellett – ez teremtette meg az elvont gondolatok szabatos kifejezésének, lejegyzésének módját és egyúttal a leírt szöveg állandóságát, történelemfelettiségét. (Parragh, 2002) Hajnal István „írásgondolatnak", „írásgondolkodásnak" nevezi azt a gondolkodás- és érintkezéstechnikát, amelyet az írásbeliség alakított ki a gondolatok objektiválása terén. A gondolatok írásban való rögzítése egy idő után elért arra a szintre, hogy az írás már nemcsak eszközként, hanem általánossá vált kifejezési módszerként funkcionált a tudás lejegyzésére szolgáló folyamatban. (Kondor, n. d.)

Az írásbeliség tette lehetővé, hogy térben és időben eltávolodjék egymástól az információ kibocsátója és befogadója, illetve a megismerő és a megismerés tárgya. Az írásbeliség, majd később a könyvkultúra terjedése teremtette meg azt a kommunikációs modellt, amely az absztrakt gondolkodást a tudásátadás egyik legfontosabb momentumává tette.

A kódextől a digitalizált könyvig

Ha alaposan átgondoljuk, csak részben adhatunk igazat annak az elterjedt nézetnek, miszerint a kultúraközvetítésben Gutenberg találmánya volt az a mérföldkő, amelynek köszönhetően a nyomtatott könyv – az európai kultúra szimbóluma – fél évezredes hódító útjára indult. A könyvnyomtatás ugyanis nem változtatta meg alapvetően sem az információrögzítési módot, sem a tudás áthagyományozására szolgáló fő információhordozó logikai és fizikai sajátosságait.

Az írásbeliség nyomtatáshoz kötődő korszakában a szöveges információ rögzítése közel hasonlóan megy végbe, akár kézzel, akár nyomdagéppel történik. Az írásjelek az adott írásrendszerre jellemző sorrendben kerülnek az információhordozóra – amely ebben a korszakban jellemzően a papír. A latin ábécét használó nyelvek balról jobbra, a sémi írások jobbról balra haladó, vízszintes sorokba rögzítik a betűket – akár kézzel írják, akár nyomdai úton állítják elő a szöveget. A fonetikus ábécét használó nyelvek a kézírásban és a nyomtatásban gyakorlatilag ugyanazokat a betűket és diakritikus írásjeleket használják, ezért – ha eltekintünk az írásjelek formai kialakításától, amely a nyomtatásban szükségszerűen vezetett a betűformák szabványosításáig –, a nyomtatás és a kézírás többé-kevésbé hasonló írásképet eredményez.

Az európai kultúra átörökítését szolgáló legfontosabb információhordozó a kódex, amelynek a formája a Kr. u. I-III. századbeli kialakulása óta lényegében nem változott. A pergamenből készült kódexeket éppúgy, mint a mai könyveket, kötéstáblák közé kötött (fél-, negyed-, nyolcad-, tizenhatodrét), hajtogatott és középen összefűzött lapokra felvágott ívek alkotják. Sem Gutenberg, sem a későbbi modern nyomdatechnika számottevően nem módosította sem az egyes lapok formátumát, sem a használati és olvasási módot. A szöveg a kézbe vehető könyvben az egymás után következő lapok mindkét oldalán, a lapszélektől majdnem egyenlő távolságot üresen hagyó, többnyire álló téglalap formátumú szövegtükörben, szabad szemmel olvasható.

Az információhordozó szerkezetében a digitális korszak hozta meg az igazán jelentős változásokat. Roger Chartier *Les métamorphoses du livre* című munkájában arra hívja fel a figyelmet, hogy az informatikai forradalomnak a nyomtatott kultúrára gyakorolt számos hatása közül az a változás a legfontosabb, amely az információhordozó szerkezetében és formájában, illetve a szöveg létrehozására szolgáló technikában következett be. (Chartier, n. d.) Az analóg világban bizonyos szövegek és a szövegeket tartalmazó tárgyak – vagyis az információhordozók – között kétséget kizáró volt a kapcsolat. Egy napilap vagy egy magánlevél az írásbeli kultúra egyértelműen definiált terméke volt, amelynek értékét és kezelési módját mindenki ismerte – így elmondható, hogy a műfajba sorolás pontosan kijelölte a helyet, amelyet az adott információhordozó az elsődleges valóságra épülő rendszerben betöltött.

A virtuális közegben viszont a legkülönbözőbb típusú és minőségű szövegek azonos módon, ugyanazon az eszközön, ugyanabban a formátumban tárulnak elénk, mesterséges egységbe vonva olyan tartalmakat, amelyekkel korábban különböző célból, a magán- és közélet elkülönült helyszínein, eltérő interpretációs közegben találkozhattunk. Az ugyanarról a hordozóról – a képernyőről – folyamatosan áradó, testetlen és végtelen szövegfolyam minden korábbi értéket kiemel a megszokott keretek közül. Mindennek az lett a következménye, hogy az az írásbeli kultúra, amely az analóg világban közvetlenül észlelhető tárgyakban öltött testet, a digitális közegben megkérdőjeleződött, és gyakorlatilag érvényét vesztette.

Az írás kialakulása és a kódex „feltalálása" óta eltelt évezredek alatt – az írásbeli kultúra érvényességi körén belül – lényegileg nem változott meg sem az írás, sem az olvasás antropológiája. A digitális korszak ebben is alapvető változást hozott. Bár továbbra is a kezünket használjuk az írásjelek lejegyzésére, már nem íróeszközt kézbe véve, hanem billentyűket lenyomva írunk. További jelentős változás, hogy – a papírral ellentétben – az írás nem az általunk létrehozott, állandó formában rögzítődik a számítógépen, hanem valahol a virtuális térben alkot egy bármikor, bármilyenné megváltoztatható karaktersorozatot. Olvasni pedig egyre gyakrabban nem a lapozható, kódex formátumú, nyomtatott könyvekből, hanem a többféle médiumot megjeleníteni képes képernyőn olvasunk.

A digitalizálás további számottevő változást eredményezett a szöveg immanens logikájában. A lineáris szerkezetű, szekvenciális szövegre a deduktív logika, a kereszthivatkozásokkal nyitott szerkezetűvé váló hipertext szövegre viszont a relációs logika jellemző.

Könyvkultúra, digitális kultúra

A könyv nemcsak kényelmes használhatósága és tartós mivolta, hanem főként a tartalma, illetve az olvasóknak a tartalomhoz fűződő, bonyolult viszonyrendszere miatt vívott ki fontos helyet magának az

európai gyökerekre épülő kultúrákban. A gazdaságnak és a társadalomnak egyre több írni-olvasni tudó emberre volt szüksége, akik e tudásukat már nemcsak a munkájukban, hanem a szabadidejükben is kamatoztatták. Amint jelentősebb számú népesség vált könyvolvasóvá, mind több és többféle olvasnivalóra mutatkozott igény és szükséglet, így egyre bővült a könyv-, majd a folyóirat-kiadás, a nyomdaipar, illetve a könyvterjesztés.

Bár a könyvnyomtatás mind szélesebb rétegeket vont be az olvasás kommunikációs aktusába, a mindenkori olvasók arányához képest továbbra is kevesen váltak kitüntetett szerepű szerzővé – akárcsak az írásbeliség korábbi korszakaiban. Annak ellenére, hogy a könyvkultúra terjedése határozott demokratikus jegyeket mutatott föl, mégis megteremtette a kiválasztottak, a műveik kinyomtatására méltó, felmagasztosult szerzők mítoszát, ezáltal egyfajta kirekesztettségbe kényszerítve a társadalom nagy többségét. Ez utóbbiak számára ebben a szereposztásban egyetlen pozitív lehetőség: a művelt, értő olvasóvá nevelődés kínálkozott, akire „fogyasztóként", vásárlóként bizton számíthatott szerző és kiadója.

A társadalmi munkamegosztásban kialakult egy professzionális szervezet – előbb a nyomda, majd a kiadó –, amely hivatásszerűen foglalkozott a műveknek az olvasóközönséghez való eljuttatásával. A tudományos élet nem fejlődhetett volna igazán a rangos kiadóknál megjelenő, filológiailag gondozott szövegeket tartalmazó, megkülönböztetett értéket hordozó, hiteles forrásként kezelt könyvek nélkül, amelyekre tudományos körökben hivatkozni illett, sőt kellett. Az a „hozzáadott érték", amely a jó nevű kiadók által nyújtott, megbízható minőségben nyilvánult meg a kézirat előkészítésétől kezdve a színvonalas nyomdatechnológia alkalmazásáig, a könyvvásárlók körében kialakította azt a bizalmi hozzáállást, amely az európai kultúra átörökítésében alapvető fontossággal bírt. Mindezen évszázados folyamatok következtében a szerző, a kiadó és az olvasó között kialakult a szövegek megbízhatóságára épülő fiduciárius viszony, amely az olvasó számára egyfajta minőségi biztosítékot szavatolva hivatkozási alapot teremtett.

A bizalom más vonatkozásban is megnyilvánult a könyv és olvasója között. Igen kevés kivételtől eltekintve bízni lehetett abban, hogy egy hivatásos kiadó jogszerűen kezelte a kéziratot. Ha a vásárló kifizette egy példány vételárát, akkor a birtokába került példányra vonatkozóan bizonyos korlátozott jogokra is szert tett: például kölcsönadhatta másnak elolvasni, vagy eladhatta az antikváriumban. A kinyomtatott példányokból nemcsak magánemberek, hanem könyvtárak is vásárolhattak, ezeket a példányokat a beiratkozott olvasók legálisan kikölcsönözhették.

Az internetes közegben ez a bizalmi viszony is megkérdőjeleződött: a felhasználó gyakran nem tudja, használhatja-e legálisan, hivatkozhatja-e megbízható forrásként az ott talált szöveget? Sajnos, igen gyakran abban sem lehetünk biztosak, szerzői jogi szempontból jogszerűen került-e a hálózatra a szóban forgó mű, amelyet letöltve – akaratunkon kívül – nem válunk-e egy jogszerűtlen cselekmény részeseivé.

A könyv az elsődleges és a másodlagos valóságban

Hosszú évszázadokon keresztül a könyv egyrészt a benne rögzített tartalmat jelentette, másrészt azonban a fizikai valóságban létező tárgyként is funkcionált.

A könyv fogalmához hozzátartozott, hogy egy bizonyos terjedelmet (lapszámot), illetve példányszámot el kellett érnie, különben nem minősült könyvnek. A 80-as években kiadott szabvány így határozta meg a könyv fogalmát: „… 48 oldalnál nagyobb terjedelmű nyomdatermék, amely két fedőlapból, valamint meghatározott sorrendben egymást

követő […], a gerincen tartósan összeerősített belső lapokból áll, és olvasható szöveget, ill. illusztrációt tartalmaz".[1]

A nyomtatott könyv a szerző, illetve a kiadó nevével és külső adottságaival is hordoz egyfajta üzenetet. E téren szintén kialakult egy szokásrendszer: drága papíron, bőrbe kötve csak az értékes, időtálló szöveget érdemes kinyomtatni; a „filléres" könyv a külső megjelenésével is elárulja, hogy nem örök igazságokat közlő tartalmat, hanem feledhető, könnyed szórakozást kínál az olvasónak.

A nyomtatott művek fizikai megjelenése azonban nem csak minőségjelzőként funkcionál. A könyv tárgyi mivoltát meghatározó, az elsődleges valóságban érzékelhető tulajdonságai – mint a könyvtest formátuma és vastagsága, a borító kialakítása, a gerinc kiképzése – üzenethordozóként működnek a könyv használati funkcióiról.[2]

Az elsődleges fizikai valóságban létező könyv csak a maga tárgyi valóságában tudott eljutni az olvasókhoz, ezért a könyvterjesztés fontos eleme a szerző és az olvasó közötti értéklánc.

Újabban beszélünk ugyan „elektronikus", „digitalizált" stb. könyvről; de tudván tudjuk, hogy a kifejezésből csak a jelző valóságos, a jelzett tárgyra nem illik a „könyv" megnevezés. Az e-könyv tartalma elválik a hordozójától; a szöveg „testetlenül" lebeg valahol a virtuális térben. A digitális könyv nincs jelen a fizikai valóságban, és a könyv térbeli kiterjedésével ellentétben, a képernyőn csak két dimenzióban jelenítődik meg. Mindez azt sugallja, hogy a szöveg állandóan létezik valahol, akkor is, ha az emberi érzékszervek számára az adott pillanatban elérhetetlen.

Az elsődleges valóságban létező írásbeli kultúra termékeit a rendelkezésre álló fogalmi készletekkel le lehetett írni – a digitalizált művekre viszont nincsenek megfelelő kifejezéseink. „Elektronikus könyvnek" nevezzük a nyomtatott könyv digitalizált változatát, amelyet kézbe sem lehet venni, „digitális könyvtárnak" az elektronikus dokumentumok gyűjteményét, ahova be sem lehet menni, és „lapozunk" a képernyőn, ahol nincsenek is lapok… Több évtizede nem sikerült adekvát megnevezéseket kitalálnunk sem az új információhordozókra, sem a virtuális térben lévő szövegekre és más információegységekre.

A digitalizálás fogalmi keretei

Annak ellenére, hogy az eredmény mindkét esetben egy digitális állomány, a feldolgozási folyamat eltérő sajátosságai, illetve a szerzői jogi előírások miatt meg kell különböztetnünk egymástól a digitális formában létrejövő (born digital), illetve a digitalizált (digitized) dokumentumokat. A digitális dokumentumok egyre nagyobb hányada eleve valamilyen számítógépes eljárással készül, tehát digitális formában jön létre. A digitalizálás során viszont a korábban más hordozón megjelent műveket valamilyen digitalizáló eszközzel átkódoljuk a számítógép nyelvére, illetve rögzítjük egy számítógéppel olvasható, adattároló eszközre. Az eredeti mű hordozója lehet papír, bakelitlemez, celluloidszalag stb., a rögzített információ lehet szöveg, hang, álló- vagy mozgókép, illetve ezek együttese.

A cikkünk tárgyát képező könyvdigitalizálás azoknak az eszközöknek, módszereknek, eljárásoknak az összességét jelenti, amelyek segítségével az analóg eljárással nyomtatott dokumentumról a számítógép által kezelhető, digitális jelek sorozata jön létre.[3] A digitalizálás során az analóg jeleket

[1] MI 5602-83

[2] Az okfejtés alátámasztására szolgáló néhány példa: zsebszótár, útikönyv, művészeti album stb.

[3] Nyomdatechnikai értelemben az analóg eljárás azt jelenti, hogy az adott felületen a nyomóformát egyidejűleg alakítják ki – szemben a digitális módszerrel, melynek során a nyomóforma pontonként (esetleg soronként) készül.

valamilyen digitalizáló eszközzel alakítják át a számítógép által olvasható jelekké (kódokká). Más szavakkal úgy is mondhatjuk, hogy a digitalizálás eredménye az analóg nyomat számítógépes reprezentációja.

A digitalizáló eszközök a digitalizálás tárgyát képező forrásművek információtartalmának csak egy részét képesek bináris kódokra áttenni, így bizonyos értelemben a digitalizált állomány információtartalma az eredeti forrásénál kevesebb. Más vonatkozásban viszont – a forrásmű információtartalmán túl – a digitális változathoz olyan további funkciókat is rendelhetünk, amelyek az analóg változathoz képest értéktöbbletet eredményeznek. Erre jó példa lehet egy madártani könyv, amelynek az egyes fajok hangjával kiegészített digitális változatából sokkal könnyebb a madárfajok felismerését elsajátítani, mint a nyomtatott könyvekben olvasható hangutánzó szavak alapján.

A digitalizálási folyamat bemeneti (input) oldalán az eredeti mű (a forrásmű) – kimeneti (output) oldalán pedig a számítógépes reprezentáció (a digitalizált állomány) áll.

Ha a digitális változat tulajdonságait az eredeti műhöz viszonyítjuk, három szintet különböztethetünk meg:

A reproduktív szint a forrásmű formai és tartalmi jegyeit egyaránt tükrözteti (az esetleges hibákkal, eltérésekkel együtt). A digitalizált változat az eredeti művel gyakorlatilag egyező hatást vált ki, azzal szinte egyenértékű. Ebbe a csoportba elsősorban a fakszimile állományok (képfájlok) tartoznak.

A reprezentatív szint a forrásmű tartalmát helyezi előtérbe, de alapvetően nem változtatja meg a szöveg lineáris olvasatát. Ezen a szinten az analóg szövegből digitalizált szöveget állítunk elő, amelynek információtartalma a számítógép nyújtotta szokásos eszközökkel könnyebben kereshető.

Az interpretatív szinten az eredeti forrás tartalmához hozzáadódik a feldolgozást végző szakemberek tudása és tapasztalata, melynek eredményeként új minőség jön létre. Az eredeti művet kiegészítő elemek (amelyek lehetnek magyarázatok, mutatók, hipertext hivatkozások, vagy a szövegtől eltérő műfajú elemek: hang-, videofájlok stb.) megbontják az eredeti szöveg lineáris egységét.

Ha a fent vázolt három szintet összevetjük a digitalizálás leggyakoribb forrásául szolgáló hagyományos könyvekkel, a következő eltéréseket állapíthatjuk meg. Az első szinten nincs lényegi különbség a nyomtatott könyv, valamint a csak képként megtekinthető és lapozható digitális állomány között. A második szint olyan keresési lehetőségeket kínál föl, amelyeket a nyomtatott könyv legföljebb csak részben tud nyújtani. A harmadik szinten a forrásmű szövege új dimenzióba kerül: a lineáris olvasatot megtöri a hivatkozásként beillesztett számtalan új elem, aminek következtében a digitalizált könyv nem lesz többé homogén összetevőkből felépülő, egységes, lezárt egész, hanem egy nyitott struktúrájú, heterogén alkotóelemekből álló halmazzá válik, amelynek pontos határait már nem is lehet megvonni a reá mutató, illetve a belőle kilépő hipertext kapcsolatok rendszerén belül.

A nyomtatott könyv – amelynek tartalma bármilyen sokrétűen van strukturálva, indexelve – belső tulajdonságainál fogva statikus. Az előre kitalált szerkezeti felépítést, az oldaltükröt, a tartalomjegyzéket, indexeket, hivatkozásokat, utalókat a nyomtatás után már nem lehet megváltoztatni, az esetleges hibákat nem lehet kijavítani. Ugyanez igaz a sokszorosítási eljárással készülő CD-ROM-okon[4] publikált művekre is. A hálózaton keresztül elérhető művek viszont többékevésbé dinamikusak, hiszen a szolgáltató szervereken tárolt állományok képernyőn való megjelenése a kliens oldali számítógép

[4] A CD-ROM neve (Compact Disc – Read Only Memory) éppen arra utal, hogy a rajta lévő információkat csak olvasni lehet, szerkeszteni, megváltoztatni nem.

beállításától, illetve a felhasználó által futtatott programoktól is függ.

A szövegdigitalizálás módszerei

A szövegek digitalizálására használatos eszköztár gyakorlatilag a számítógép-billentyűzetre és a szkennerre korlátozódik. Ebből adódóan a nyomtatott szövegek digitalizálására szolgáló két fő módszer a begépelés, illetve a szkennelés. A kétfajta művelet eredményeként létrejövő állomány közötti lényegi különbség: amíg a gépelés eredményeként számítógéppel olvasható szöveg jön létre, addig a szkennelés eredménye egy képfájl.

Digitalizált szöveg előállítása

A szöveg leírása során a billentyűzeten keresztül rögzített karakterek (betűk, jelek, szóközök stb.) mindegyike külön-külön kódot kap, amelyek egymásutánja egy karakterláncot alkot. Az egymás után következő karakterkódok alapján lehet az ún. teljes szövegű keresés során visszakeresni az ily módon leírt szöveget.

A szkennelés eredményeként a digitalizált oldal képe, az eredeti oldal hű leképezése jön létre. A szkenner által létrehozott képfájl a hagyományos nyomdatechnikában ismert fakszimile másolatokra hasonlít. A szkennelt képfájlt látva az emberi agy felismeri a szöveget, a számítógép viszont a képen látható információkat nem képes szövegként értelmezni.

Amennyiben a digitalizálás célja számítógéppel olvasható szöveg előállítása, akkor szükség van a szkennelt képek konvertálására, vagyis a képi elemekként tárolt információk karakterekre történő kódolására. E célra speciális szövegfelismerő szoftvereket[5] fejlesztettek ki, amelyek a képfájlon végighaladva a képpontok eloszlását hasonlítják össze azzal a mintázattal, amelyet a program az adott karakterkészletről tárol. A képfájlban található pontok és a memóriában tárolt karakterkészlet összevetésének eredményeként egy szövegimitáció áll elő. A szövegfelismertetés következő fázisa a karakterláncok értelmes szavakká alakítása.

A gyakorlatban az OCR technológia alkalmazásának legmunkaigényesebb fázisa a számítógép által előállított szöveg korrektúrázása és javítása. Érdemes tudni, hogy a karakterfelismerő szoftverek a lézernyomtatóval, famentes papírra, folyó szövegként kinyomtatott, mai helyesírású szövegekre vannak optimalizálva. Amennyiben a digitalizálandó dokumentum nem felel meg ezeknek a kritériumoknak, a karakterfelismertetés során jelentős minőségromlás áll be. Arra a kérdésre, hogy mikor melyik digitalizálási módszert érdemesebb alkalmazni, nincs általános szabály, de a tapasztalat szerint a régies helyesírású, vagy sok idegen szót, vagy különleges tipográfiai elemeket (például sok dőlt betűt vagy hasábokra tördelést) tartalmazó szöveget érdemesebb begépeltetni, mintsem a karakterfelismerés után korrektúráztatni.

A digitalizálási folyamat célrendszere

Maga a digitalizálás nem túlságosan bonyolult folyamat, előkészítése azonban igen nagy körültekintést igényel. A megvalósítás előtt végig kell gondolni azokat a legfőbb szempontokat, amelyek segítségével pontosan meg lehet határozni a digitalizálás célrendszerét.

A digitalizálás legfontosabb indítékai általában a következők:

- értékmentés, állományvédelem, állagmegóvás – amely többnyire az elöregedett hordozók tartalmának átmentése, ill. az értékes eredeti dokumentumok állapotának megőrzése érdekében történik;
- archiválás, amelynek célja a digitalizált állomány hosszú távú megőrzése;

[5] Optical Character Recognition – OCR

- nyilvános szolgáltatás esetén a digitalizálási cél lehet a nyomtatott formában egyáltalán nem vagy csak nehezen hozzáférhető, de közérdeklődésre számot tartó könyvek és más dokumentumok hozzáférhetővé tétele;
- jövedelemszerzés, amely irányulhat a digitalizált változat értékesítésére vagy a digitalizált tartalom által fölkeltett érdeklődés reklámpiaci értékesítésére;
- reprodukálás, melynek során az eredeti dokumentumot újra publikálható minőségben digitalizálják;
- on-demand szolgáltatás, amelynek keretében konkrét megrendelésre digitalizálnak.

A döntéshozatalt meghatározó fontosabb szempontok

Először a felhasználói célcsoportot kell meghatározni – ez alapján tisztázhatók a szerzői jogi törvény feltételei. Az alábbi három fő célcsoport, illetve cél közül lehet választani:

- magánszemély, aki saját magának digitalizál;
- belső célokra digitalizáló intézmény;
- tartalomszolgáltató, amely a nagyközönség számára nyújtandó szolgáltatás érdekében végzi a digitalizálást.

Szerzői jogi szempontból a tartalomszolgáltatásnak igen szigorú előfeltételei vannak: addig nem szabad, illetve nem érdemes a digitalizáláshoz hozzákezdeni, amíg a szerzői jogi feltételek nem rendezettek. A szerzői jogi szabályok szerint a digitalizálás a mű többszörözésének minősül, amelynek engedélyezése a szerző kizárólagos joga – ezért minden esetben először azt kell megvizsgálni: a szerzői jog által védett műről van-e szó? Ha nem, akkor nincs akadálya a digitalizálásnak. Ha igen, akkor fel kell kutatni a szerző(ke)t (illetve a jogtulajdonosokat), akikkel felhasználási szerződést kell kötni.

A digitalizálás döntési folyamatában fontos szempont a digitalizált mű közzétételi időtartamának meghatározása. Más technológiát kell választani a hosszú távú megőrzés, mint a rövid távú szolgáltatás esetében.

A prioritási sorrend a digitalizálás céljainak ismeretében fogalmazható meg. A döntés során meg kell határozni, hogy a legértékesebb, a legnagyobb érdeklődésre számot tartó, a legkutatottabb, a legveszélyeztetettebb stb. dokumentumok részesülnek-e előnyben, de a digitalizálandó forrásmű kiválasztásában további tudományos, gyakorlati, üzleti stb. szempontok egyaránt érvényesülhetnek.

A döntési folyamat egyik legnehezebb kérdése a szelekció, vagyis a digitalizálandó forrásmű kiválasztása, amely az egész tartalomszolgáltatási rendszer minőségét, a szolgáltatást igénybe vevők körét, a szükséges erőforrások nagyságát, a hosszú távú tervezést és minden további fontos összetevő mibenlétét meghatározza.

A tartalomszolgáltatás minőségét meghatározó szempontok közül a legfontosabbak:

- a digitalizált szöveg minősége, a megengedett hibák aránya;
- a letöltést, nyomtatást, másolást stb. lehetővé tevő megoldások alkalmazása;
- a szöveg egyes elemeinek kereshetővé tétele;
- a közzétételre szolgáló adathordozó típusa;
- a digitalizált mű azonosító adatainak megadása.

A tudományos irodalom reprezentációjára szolgáló formátumok és jelölőrendszerek

A szöveg három szinten: formai (layout), logikai (szintaktikai) és tartalmi (szemantikai) megközelítésben értelmezhető. A tudományos irodalom digitális reprezentációjára legalkalmasabb feldolgozási módszer kiválasztásához lényeges tudni, hogy vannak olyan szövegformátumok, amelyek csak a formai adottságokat, mások pedig a szintaktikai és szemantikai elemeket is tudják kezelni. Az előző fejezetben leírt szövegdigitalizálási

eljárások közül a szkennelés eredményeként létrejövő képfájlt sem logikai, sem tartalmi szinten nem lehet értelmezni – ehhez a szöveg számítógépes kódolására van szükség.

Az interneten található szövegfájl-formátumok közt leggyakoribb a HTML, a PDF, az XML, a képfájlok közül pedig a JPG és a TIFF. A ma leginkább elterjedt HTML formátum a szövegnek csak a formai sajátosságait tudja kezelni, így nem alkalmas a szövegelemek minősített keresésére, sem a számítógépes hardver- és szoftvereszközök adottságaitól független, széleskörű felhasználásra.

A szövegszerkesztő programok és a HTML-t kezelő webböngészők az ún. teljes szövegű (full text) keresésre alkalmasak; ekkor a számítógép karakterről karakterre hasonlítja össze a keresőkérdést a szöveggel, és csak a megegyező karakterláncot értelmezi találatként. A „minősített keresés" során viszont – még a dokumentum digitalizálása előtt – egy előre kidolgozott séma alapján megjelölik azokat a szövegelemeket, amelyeket kereshetővé akarnak tenni. A számítógép a szövegben elhelyezett jelölők alapján találja meg a meghatározott elemeket. Ha például egy szövegben fontos az összes név kereshetősége, minden név elé beillesztik a <name> jelölőt, így megtalálhatóvá válik az összes Kiss István, Nagy Pista, Julcsi stb. név. Ha azonban külön-külön akarják kezelni a vezeték-, a kereszt- és a beceneveket, három jelölőt alkalmaznak: <familyname> <forename> <nickname>.[6]

A szemantikai információk visszakereshetővé tételére fejlesztették ki az SGML szabványt,[7] amelyet 1986-ban fogadtak el. Az SGML-t azért hívják jelölő nyelvnek, mert a szabvány segítségével a szöveg minden fontosnak ítélt elemét meg lehet jelölni, és a jelölés alapján visszakereshetővé lehet tenni.

Az SGML alkalmazását megelőzően ki kell dolgozni a tartalmi elemek jelölésének módját, rögzíteni kell a különböző információtípusok közötti kapcsolatokat, valamint a dokumentum struktúrájára vonatkozó szabályszerűségeket. Azt is előre meg kell határozni, a dokumentumban mely elemek kötelezőek és melyek opcionálisak. A dokumentum struktúrájára jellemző szabályokat előre meg kell fogalmazni, és le kell írni a dokumentumtípus definícióban (Document Type Definition – DTD). Az SGML alkalmazásokban a DTD nem más, mint az egyes szövegtípusok (ez lehet például szabadalmi leírás, vers, dráma stb.) szövegmodellje.

Az SGML-állományok nem tartalmazzák a dokumentumok formai jegyeit. Az egyes dokumentumtípusok megjelenítésével kapcsolatos információkat részben a DTD fájlokban, részben a külön definiálandó stíluslapokban kell megadni. A dokumentumok megjelenítésére külön szabvány[8] szolgál.[9]

Az elmúlt két évtized során számos tudományterületre és annak jellemző dokumentumtípusaira kidolgozták a speciális SGML-alkalmazásokat, a világot mégis csak az 1998-ban napvilágot látott XML[10] változat hódította meg, amely érvényesíti az SGML előnyeit, de igyekszik kiküszöbölni annak hátrányait. Annak ellenére, hogy sokkal több előkészületet igényel, és számottevő az élőmunka-ráfordítás igénye, a nagy értékű

[6] Például: <familyname>Kiss, <familyname>Nagy, <nickname>Julcsi stb.

[7] Standard Generalized Markup Language, ISO 8879:1986

[8] DSSSL Document Style and Semantics Specification Language, ISO/IEC 10179:1996

[9] Egy rövid példa arra, hogyan működik a dokumentumformázás az SGML szabványcsaláddal. A DTD táblában definiáltuk a 'vers' dokumentumtípust; ezt a szabvány előírta konvenció alapján jelöljük az SGML fájlban. A stíluslapon meghatározzuk, hogy a képernyőn a felhasználó gépének beállításától függően látható virtuális „lap" függőleges optikai középvonalához igazodjanak a címek, a verssorok – így a képernyőn a nyomtatásban megszokotthoz hasonló látványban lesz részünk. Ha olyan stíluslapot alkalmaznánk, amelyen a „vers" nincs definiálva, nem tudnánk ezt a „tipográfiai" hatást elérni.

[10] Extensible Markup Language – www.w3.org/XML/

tudományos munkák digitális feldolgozása során érdemes az SGML szabványt vagy annak legújabb „leszármazottját", az XML-t alkalmazni.

A digitalizált állomány megőrzésének kérdései

Az informatikai hardver- és szoftvereszközök rendkívül gyorsan elavulnak, ezért a ma rendelkezésre álló digitalizálási eljárások eredményeként létrejövő számítógépes állományok várható élettartama igen rövid. A gyors technológiai avulás következtében a digitalizálás egyik kulcskérdése a megőrzés, ill. a tartalomszolgáltatás tervezett időtartama.

A digitalizált állomány megőrzése részben a fizikai, részben a technikai környezettel szemben támaszt követelményeket. Fizikailag biztosítani kell a tárolóeszközök védelmét a valós és virtuális veszélyek ellen (tűz- és vízkár, betörés- és vírusvédelem stb.), technikailag pedig karban kell tartani a tárolóeszközöket (beleértve az adatellenőrzést, és szükség esetén az egyik hordozóról a másikra való átírást). Kívánatos a dokumentumok azonosító adatainak, a metaadatoknak időnkénti ellenőrzése és karbantartása.

A szerzői jogok védelme a digitalizált művek esetében

A jelentős ráfordítással digitalizált művek illegális felhasználása ellen a tartalomszolgáltatóknak részben a saját érdekükben, részben a jogtulajdonosok érdekében védeniük kell a szellemi alkotásokat.

A digitálisan hozzáférhető állományok szerzői jogvédelmére a hagyományos eszközök nem alkalmasak, ezért e célra informatikai megoldásokat fejlesztettek ki. A digitális tartalmakhoz való hozzáférést lehetővé tevő, valamint a hozzáférést szabályozó technikai, műszaki, hardver- és szoftvereszközök összefoglaló neve: digitális jogkezelés (Digital Rights Management – DRM).

A különböző DRM-technológiák a szerzői jog által védett digitális tartalom meghatározására, azonosítására szolgálnak, és biztosítják a törvény által előírt szabályok betartását, illetve betartatását. A DRM a jogvédelem alatt álló digitális tartalmak illegális terjesztése ellen kifejlesztett olyan műszaki eljárások komplex rendszere, amely korlátozza, illetőleg megakadályozza a jogvédelem alatt álló tartalmakhoz a jogosulatlan hozzáférést, valamint biztosítja a felhasználás engedélyezését, a jogosulttól a felhasználóig a tartalomátvitelt és a felhasználási díj elszámolását.

*

Európa kulturális és tudományos tudáskincsét mostanáig főként a nyomtatott források őrizték meg az egymást követő generációk számára. Az európai kulturális vagyon és a társadalmi emlékezet számottevő hányadát e források alkotják, ezért digitalizálásuk létfontosságú Európa kulturális sokszínűségének fenntartásában és népszerűsítésében.

Tudjuk, hogy nagyon fontos a tartalom átmentését szolgáló reproduktív digitalizálás, de még fontosabb az a hozzáadott érték, amely az eddig külön síkon létező és élvezhető műfajok együttes alkalmazásában, illetve az eddig rejtve maradt szemantikai kapcsolatok mentén létrejövő, asszociatív elágazások kifejtésében ölt testet, új dimenzióba helyezve a korábban nyomtatásban napvilágot látott szövegeket.

Kulcsszavak: *információrögzítés, digitalizálás, elektronikus könyv, SGML/XML szabvány, szerzői jog, digitális jogkezelés*

IRODALOM

Parragh Sz.: Ms 5386/9-10 – Hajnal újkora. Bp., 2002. október http://parszab.nir.hu/letoltes/ms5386.pdf
Kondor Zs.: A kreativitás mintázata: Hajnal István. http://zeus.phil-inst.hu/recepcio/htm/3/308_belso.htm
Roger Chartier: Les méthamorphoses du livre. Letölthető: http://editionsdelabibliotheque.bpi.fr/livre/?GCOI=84240100128080

REJTÉLYEK ÉS FORTÉLYOK
HOZZÁSZÓLÁS AZ ÜZLETI TITOK ÉS A KNOW-HOW KÉRDÉSKÖRÉHEZ A *POLGÁRI TÖRVÉNYKÖNYV* REFORMJA KAPCSÁN

Bobrovszky Jenő
az ENSZ Szellemi Tulajdon Világszervezete (WIPO)
nyugalmazott igazgatója

I. MI ITT A KÉRDÉS?

1. Miért rejtélyes a fortély?

1.1 A címről: A *know-how* angol-amerikai szakkifejezésnek a francia *savoir-faire* kivételével nemigen van fordítása más nyelvekre. A 80-as években történt, hogy valaki egy szakmai vita kapcsán javasolta a know-how magyar megfelelőjének a 'fortély' kifejezést. Ez sugall valamit a lényegből, de talán ravasz, tréfás hangulata miatt nem terjedt el.

A fortélyra rímelő finnugor gyökerű, de nyelvújítás kori szavunk, a rejtély meg az üzleti titok lényegéből sejtet meg valamit.

A derűs főcímmel kicsit azt szeretném érzékeltetni, hogy e hozzászólással nem empirikusan adatolt és irodalmi utalásokkal felfegyverkezett, elmélyült, tudományos igényű elemzést kívánok nyújtani e kimeríthetetlenül gazdag és nagyfontosságú témáról, hanem inkább csak esszészerűen, oldott stílusban hozzá kívánok szólni annak kollegiális szellemű megbeszéléséhez.

1.2 Az apropó: Az alkalmat az adja, hogy a *Polgári Törvénykönyv* (Ptk.) reformja keretében az Igazságügyi Minisztérium honlapján hozzászólásra megjelent a Ptk. Javaslat, amelynek 2:120. §-a a magántitokhoz való jogról, ennek keretében az üzleti titokról szól. A Ptk. Javaslat hatodik része pedig a szellemi alkotásokon és egyéb szellemi javakon biztosított jogokról, ezek között 2:201. §-a a know-how-ról rendelkezik.

A Ptk. Javaslat e rendelkezései, különösen a know-how kapcsán tervezett kizárólagos jogi védelem számomra komoly jogi, nemzetközi és gazdasági aggályokat vetnek fel. Elsősorban amiatt, hogy véleményem szerint nincsenek összhangban az e téren kialakult nemzetközi renddel és trenddel, különösen a Kereskedelmi Világszervezet (WTO) keretében nemzetközi kereskedelmi előnyöket nyújtó és szankciók terhe mellett hazánkat is kötelező, a szellemi tulajdonjogok kereskedelmi vonatkozásairól szóló Megállapodással („TRIPS"), amelyet az 1998. évi IX. törvény 1. C) Melléklete hirdetett ki.

Észrevételeim a Ptk. Javaslatnak az IM honlapján megjelent szövege alapján, magánemberként, főként nemzetközi tapasztalataimra támaszkodva készültek.

1.3 Fogalmi elhatárolás: Mindenekelőtt különbséget kell tenni az üzleti titokvédelem mint jogi mechanizmus és az annak egyik fontos tárgyát képező, az információárut jelentő know-how között. Ezek két kü-

[1] A hozzászólás teljes terjedelemben a *Polgári Jogi Kodifikáció* 2006/4. és az *Iparjogvédelmi és Szerzői Jogi Szemle* 2006/4. számában olvasható. Megjelent továbbá a www.mie.org.hu honlapon a *forum* cím alatt.

lönböző, de egybekapcsolódó fogalmi síkba tartoznak, mint a szabadalom (jog) és tárgya a találmány (tény).

Az üzleti titok azonban egyes vélemények szerint tágabb, a szellemi tulajdonon túlterjedő kategória, a know-how mellett felölelhet más információkat is (például amelyek a jogosult gazdasági pozícióját érintik, az alkalmazottak személyzeti anyagai, az összes kimenő és bejövő e-mail).

Más álláspontok szerint az ilyen, nem forgalomképes, kereskedelmi csereértékkel nem bíró, bár üzleti vonatkozású információknak a magántitok tágabb köréhez kell tartozniuk.

E hozzászólásban azonban csak az üzleti titok és a know-how összefüggéseivel foglalkozunk.

2. Miért fontos ez a téma?

2.1 Az innováció váltópénze: Az üzleti titok és a know-how mikénti szabályozása nagy jelentőségű egy ország szellemi tulajdonvédelmi rendszerében és nemzetközi együttműködésében, különösen egy „agyhatalmi" ambíciójú, tudásalapú nyílt piacgazdaságon alapuló információs társadalomban, ahol a gazdaság, a tudásipar egyik legfontosabb hajtóerejévé, lényegi és dinamikus összetevőjévé az innováció imperatívusza, az innováció váltópénzévé pedig a tudományos-műszaki ismeretáruk váltak.

Egy további szempont, hogy a műszaki, funkcionális ismeretek, ezek között a találmányok üzleti titokként, illetve know-howként való kezelése egyre gyorsulóan, rohamléptekben haladó technologizált korunkban – mint a nyilvános szabadalommal és más speciális nevesített szellemi tulajdonjogokkal szemben a titkosságra épülő antitézis – nemzetközileg egyre szélesebb körben igénybe vett általános, alternatív és komplementer szellemi tulajdoni háttérjogintézménnyé vált, egyesek szerint volumenében „a szellemi tulajdon egyik, titkos, zárt fele". (Ennek megfelelően a szabadalmi statisztika világszerte a szellemi termékvagyonnak csak egyik felét, a nyílt, hozzáférhető hányadát tükrözi.)

A globalizált piac éles versenynyomása által is kikényszerített gyors technikaváltás, a termékek piaci életciklusának csökkenése, valamint a szabadalmazás szigorú követelményei, bizonytalansága, elhúzódása, költségessége miatt a kis- és középvállalkozások, továbbá a találmányokkal való rendelkezési jogot – az USA Bayh-Dole-törvényének követése nyomán – a központi költségvetésből szponzorált eredményekre világszerte elnyerő költségvetési kutatóhelyek, egyetemek, akadémiai intézetek, sőt egyes multinacionális cégek (pl. Microsoft) is egyaránt növekvő mértékben használják az oltalomnak ezt az alternatív lehetőségét. Nemcsak a kisebb innovációs jelentőségű találmányok és a kapcsolódó periferiális know-how tekintetében, hanem általában a növekedésük, versenyképességük, sőt néha túlélésük szempontjából döntő fontosságú kutatási-fejlesztési eredményeik, ezek között a különösen a tudásintenzív mikroelektronikai, biotechnológiai és egyéb csúcstechnikai alkotásaik védelmére és értékesítésére is.

2.2 Az oltalom egyensúlya: A szabályozáson múlik, hogy miként alakul a know-how jogi oltalmának egyrészt a jogosultat érintő protektív oldala, a piaci felhatalmazás, másrészt a harmadik személyeket korlátozó prohibitív oldala, s ennek folytán a versenytilalom egyensúlya, különösen a további fejlesztésre és együttműködésre való felhasználhatóság lehetősége és a szabályozás nemzetközi kompatibilitása.

Minden összehangolatlanság a polgári jogi, tisztességtelen verseny elleni és egyéb normák között bármely tisztázatlan, nemzetközileg nem illeszkedő, egyéni, kísérletező szabályozás kontraproduktív, elbizonytalanító lehet az alkotó és innovációs tevékenységre, s perek sokaságát idézheti elő.

3. Hogyan is van ez nemzetközileg?

3.1 TRIPS: Az üzleti titok és a know-how védelmének – mint ahogy korábban már említettük – hosszú ideje léteznek nemzeti szabályozásai, és működik egy kialakult nemzetközi szakmai konszenzuson és az azt rögzítő hatályos globális egyezményen, a TRIPS-en alapuló rendje.

A TRIPS a kereskedelmi vonatkozású nevesített szellemi tulajdonjogok egyik, nemzetközi piaci szankciókkal alátámasztott jogintézményeként követeli meg a titkos és ezért kereskedelmileg értékes, titokban tartott információkként megjelölt know-how közvetett, áttételes oltalmát az eltulajdonítás ellen, a tisztességtelen versennyel szembeni hatékony védelem biztosítása során, az üzleti titokvédelem eszközeivel.

E tekintetben az alapvető, ránk nézve is kötelező nemzetközi, globális érvényű „vezérnorma" a TRIPS 39.1 és 2. cikke, amely a következőképpen szól: „Nyilvánosságra nem hozott adatok védelme

(1) A tisztességtelen versennyel szembeni hatékony védelemnek a Párizsi Egyezmény (1967) 10 bis cikkében előírt módon történő biztosítása során a Tagok oltalmat biztosítanak (»Members shall protect« – mondja az eredeti angol szöveg, tehát kell nekik biztosítani) a 2. pont szerint nyilvánosságra nem hozott információnak és a 3. pont szerint a kormányok vagy kormányzati szervek rendelkezésére bocsátott adatoknak.

(2) A természetes vagy jogi személyeknek lehetőséget kell adni arra, hogy a jogosan ellenőrzésük alá tartozó információnak a tisztességes kereskedelmi gyakorlattal ellentétes módon, hozzájárulásuk nélkül mások által való megszerzését vagy felhasználását és nyilvánosságra hozatalát megakadályozzák mindaddig, amíg az ilyen információ:

– titkos abban az értelemben, hogy mint egységes egész vagy elemei bármely megjelenése és összeállítása általánosan nem ismert, vagy könnyen nem ismerhető meg az olyan körökben mozgó személyek számára, akik rendes körülmények között az említett információval foglalkoznak;
– kereskedelmi értékkel rendelkezik, mivel titkos; és
– titokban tartása érdekében az adatok felett ellenőrzés gyakorlására feljogosított személy a körülményekhez képest ész-szerű lépést tett."

A TRIPS normáit ismertető egyik, az interneten közzétett magyarázat e téma kapcsán a következőket mondja: „Üzleti titkok: a bizalmas üzleti információk, mint kliensliták és receptek, egy vállalat legértékesebb vagyontárgyai lehetnek. A legtöbb törvényhozás polgári jogi és büntetőjogi szankciókat ír elő a bizalmas műszaki vagy kereskedelmi információk jogosulatlan közzététele vagy hasznosítása ellen. Ez esetben nincs szó kizárólagos jogról, hanem csak egy indirekt típusú oltalomról, amely az információ ténybeli jellemzőjén (titkos természetén) és üzleti értékén alapul. A szabadalmaktól eltérően, az üzleti titkok csak addig részesülnek oltalomban, ameddig az információt titokban tartják."

3.2 A TRIPS előzményei: A TRIPS 39. cikkének rendelkezése lényegében azon a hosszú idő alatt kiérlelt, nemzetközi konszenzuson alapul, amelyet a Nemzetközi Kereskedelmi Kamara (ICC) 1961. évi határozata, majd lényegében azonos tartalommal a nagy tekintélyű és jelentős kormányzati befolyású Nemzetközi Szellemi Tulajdoni Egyesület (AIPPI) Kongresszusa, mintegy globális szellemi tulajdoni „szakmai zsinata" által 1970-ben, Mexikóban elfogadott Q 53A határozat fejez ki (www. aippi.org).

A hivatkozott határozat a know-how jogi oltalmának elvei tekintetében az alábbiakat mondja ki (kivonatos közlés):

„A know-how gazdasági vagyontárgy, amely azt illeti meg, aki kidolgozta, vagy jogszerűen megszerezte.

A know-how szerződéssel vagy más módon átruházható a nemzeti jog szerint.

A know-how oltalmat élvez az eltulajdonítással (misappropriation) szemben.

Különösen az alábbi tilos:

a titokban tartott know-how jogtalan nyilvánosságra hozatala,

a mást megillető know-how jogosulatlan megszerzése és használata."

3.3 WIPO: Ugyanezek az elvek jelennek meg a nemzeti törvényekben, a Szellemi Tulajdon Világszervezete (WIPO) mintatörvényeiben *(Szabadalmi mintatörvény 1980, a Tisztességtelen verseny elleni oltalomra vonatkozó modellszabályok, 1994)* és a szellemi tulajdonvédelmet oktató, illetve népszerűsítő számos szakkönyvében, valamint a *WIPO Magazine* üzleti titok és know-how témájú szakcikkeiben, amelyek az Interneten elérhetők (www.wipo.int).

A WIPO-nak a kis- és középvállalkozások számára készült, a szellemi tulajdonnal kapcsolatos tudatosodásukat, szenzibilizálásukat szolgáló, a honlapján elérhető információs anyagai a know-how védelmi formájaként a szellemi tulajdonjogok között („IP Rights") az üzleti titkot jelölik meg aláhúzva, hogy ebben az esetben sehol a világon nincs szó kizárólagos jogokról. Kizárólagos jogok csak az alternatív, nevesített, speciális szellemi tulajdonjogok révén biztosíthatók a törvényi követelményeknek megfelelő szellemi javakra.

4. Hogy is van ez nálunk?

4.1 A szabályozás kemény magja: Magyarországon alapvetően két ágon történik a TRIPS „vezérnorma" kötelező alkalmazása az üzleti titokvédelem szabályozása keretében.

Egyrészt a tisztességtelen piaci versenyelőny szerzésére törekvőkkel szemben a tisztességtelen verseny elleni védelem körében. Az 1996. évi LVII. törvény a tisztességtelen piaci magatartás és a versenykorlátozás tilalmáról (a továbbiakban a tisztességtelen verseny elleni törvény) tartalmazza e normákat.

Másrészt a magánélet, a személyes érdekek körében a Ptk. nyújt oltalmat a polgári jogi magántitok és ezen belül az üzleti titok személyes sérelme elleni védelme során, bárkivel szemben. A kétféle (versenyjogi és polgári jogi) üzleti titokvédelem azonban a gyakorlatban összefolyik, ezért az egymással és a TRIPS normával való összehangolt szabályozásuk fontos kodifikációs követelmény.

4.2 A versenyjogi oltalom: A tisztességtelen verseny elleni törvény, amely a TRIPS szerint illetékes ezt a védelmet biztosítani, az üzleti titok fogalma tekintetében visszautal a Ptk. 81. § (2) bekezdésére.

A törvény 4. § (1) bekezdése azt tiltja, hogy az üzleti titkot tisztességtelen módon megszerezzék, vagy jogosulatlanul mással közöljék, vagy nyilvánosságra hozzák.

Nem tiltja azonban – összhangban a nemzetközileg elfogadott gyakorlattal – az üzleti titok tárgyának tisztességes módon való megszerzését.

4.3 Polgári jogi oltalom az üzleti titokra: A Ptk. Javaslat 2:120. § (3) bekezdése az alábbiakat tartalmazza (lényegében megismételve a Ptk. 81§(2) bekezdését):

„Üzleti titok megsértése alapján abban az esetben lehet igényt érvényesíteni, ha a gazdasági tevékenységhez kapcsolódó tény, információ, megoldás vagy adat nyilvánosságra hozatala, illetéktelenek által történő megszerzése vagy felhasználása a jogosult jogszerű pénzügyi, gazdasági vagy piaci érdekeit sérti vagy veszélyezteti, és a titokban tartás érdekében a jogosult a szükséges intézkedéseket megtette. A jogi védelem nem terjed ki a közérdekű és a közérdekből nyilvános adatokra."

4.4. Polgári jogi oltalom a szellemi alkotásokra:

4.4.1 A Ptk. Javaslat 2:200. §-a az alábbiakat tartalmazza: „(A szellemi alkotások védelme) A törvény kizárólagos jogot biztosít a szellemi alkotáshoz és más szellemi javakhoz kapcsolódó személyhez fűződő

és vagyoni érdekek védelmére. E jogok tartalmát és korlátait, keletkezésük, elismerésük és gyakorlásuk feltételeit, továbbá a védelemre jogosultak személyét a szerzői jogra és a szerzői joghoz kapcsolódó jogokra, a szabadalmi jogra, a növényfajtákon biztosított jogra, a védjegyre és földrajzi árujelzőkre, a formatervezési és használati mintákon, valamint a félvezető termékek topográfiáján, továbbá más nevesíthető szellemi javakon biztosított jogokra vonatkozó törvények határozzák meg."

4.4.2 A Ptk. Javaslat 2:201. §-a a következőképpen szól: „(Know-how) (1) A törvény kizárólagos jogot biztosít a más jogcímen védelem alá nem eső, valamely műszaki, gazdasági vagy szervezési feladat megvalósításához lényeges és azonosíthatóan rögzített gyakorlati ismereteken, amelyeknek titokban tartása érdekében a jogosult a hasznosítás során a szükséges lépéseket megtette.

(2) A gyakorlati ismereten biztosított kizárólagos jog azt a személyt illeti, aki magának az ismeretet személyesen, tapasztalatok értékelésével, ill. munkaviszony alapján vagy jogot átruházó szerződéssel megszerezte.

(3) Megszűnik a jogvédelem, ha a gyakorlati ismeret kiterjedt felhasználása révén közismertté, ill. könnyen hozzáférhetővé válik."

4.5. Észrevételek:

4.5.1 A tisztességtelen verseny elleni törvényünk összhangban van a TRIPS normával, amikor nem kizárólagos jogi védelmet nyújt, hanem a 4. § (1) bek. kimondja, hogy tilos üzleti titkot tisztességtelen módon megszerezni vagy felhasználni, valamint jogosulatlanul mással közölni vagy nyilvánosságra hozni.

4.5.2 A Ptk. Javaslat több vonatkozásban tér el a TRIPS hivatkozott cikkétől:

– az üzleti titok meghatározása nincs összhangban a TRIPS 39.2 cikkével;
– a Ptk. Javaslat a hatályos Ptk. 86. § (3) bekezdését – helyeselhető módon – nem tartja fenn, mivel a bírói gyakorlat nem igényli a nevesített alkotásvédelem (szabadalom, szerzői jog, védjegyjog stb.) körének kibővítését a nem nevesített ismeretekre is. Tegyük hozzá emellett, hogy a nevesítetlen szellemi termékeknek az üzleti titokvédelmen túlmenő általános polgári jogi többletvédelme, nemzetközileg ismeretlen, és a piacgazdaság elveinek meg nem felelő előfeltételek alapján, ellentmond a szellemi tulajdon elfogadott elveinek és rendjének. Még inkább ellentmond, ha ez a többletvédelem kizárólagos joggá erősödik.
– A Ptk. Javaslat egyrészt a know-how fogalmának az üzleti titoktól elkülönülő szabályozásával, másrészt a gyakorlati ismeretekre való beszűkítésével, harmadrészt az oltalomnak a titokvédelmen messze túlmenően alanyi joggá, *sui generis*, abszolút szerkezetű kizárólagos jogi hatalmassággá való kitágításával eltér attól, ami érdekünkben állna, amit a TRIPS megkövetel, és ami e téren a fejlett ipari országokban elfogadott.
– A know-how definíciójára vonatkozó Ptk. Javaslat egyes, tartalmilag a Közös Piac léte óta hatályban lévő, a know-how szerződések versenyjogi státusát szabályozó, kizárólag a monopoltilalom alóli csoportmentesítésre vonatkozó EU-rendeletek teljesen más célra, a mentesítés alá eső know-how szerződés tárgyának meghatározására készült know-how definíciójának az összefüggéséből való kiragadásán és az oltalom céljára való indokolatlan átvételén alapul.
– Nem megalapozott ebből a szerződési célú meghatározásból azt a következtetést levonni, hogy ez a speciális, szerződési illetve csoportmentesítési vonatkozású meghatározás a know-how új, oltalmi célokra is használható európai definíciója, szemben az EU tagországokat is kötelező TRIPS normával.
– A polgári jogi és tisztességtelen verseny elleni szabályozás összhangja megköve-

telné ennek a kizárólagos jogi konstrukciónak a tükröztetését a tisztességtelen verseny elleni törvényben is, ami idegen e jogterület szellemétől, hagyományaitól.

– A gyakorlati, tehát működő, funkcionális ismeretekre adni javasolt kizárólagos jog egy automatikus és korlátlan „Ptk. ismeret-monopólium", vizsgálat nélkül megszerezhetö *easy patent* veszélyét idézi fel.

4.5.3 A szellemi tulajdon összetartó erejét, közös nevezőjét véleményem szerint nem a kizárólagos jogok jelentik, mivel azok csak a kemény magot adják, hanem az, hogy bár különböző jellegű, de szellemi természetű javak a tárgyuk és az oltalom két szintje, nevezetesen, egyrészről, az üzleti titokvédelem révén egy, *de facto*, birtokszerű, és, más részről, a szabadalom és más nevesített kizárólagos jogok révén egy, *de jure*, tulajdonszerű (*property-like*, mondják az amerikaiak, és innen a szellemi tulajdon metafora) magánjogi elkülönítést eredményeznek.

Az elkülönítésnek ezek a módjai jelölik ki a szellemi tulajdonban a magánjogi szféra (private domain) és antitézise, a közkincs (public domain) határait. Ezért vonta a TRIPS az üzleti titokvédelmet taxatíve felsorolásában a szellemi tulajdon nevesített intézményei közé mint a speciális jogok mellett alternatív és komplementer szerepet betöltő általános háttér-jogintézményt.

4.5.4 A Ptk. Javaslatnak az üzleti titokra vonatkozó szakasza (2:120. § (3) bek.) szerint az információ nyilvánosságra hozatala, illetéktelenek által történő megszerzése vagy felhasználása esetén lehet az üzleti titok megsértése címén igényt érvényesíteni. Ez formailag és tartalmilag közel áll a TRIPS normához.

Az illetéktelen, jogosulatlan kifejezések azonban a Ptk. javaslatban nem világosak abból a szempontból, hogy megengedik-e a titoknak a korábban hivatkozott tisztességes módokon való megszerzését, és így összhangban vannak-e a TRIPS normával, a nemzetközi gyakorlattal és a tisztességtelen verseny elleni védelemre vonatkozó magyar szabályozással.

4.5.5 A Ptk. Javaslatnak a know-howra vonatkozó szakasza (2:201. §) viszont nincs összhangban a TRIPS normával, mivel kimondja, hogy kizárólagos jogot biztosít a gyakorlati ismereteken, de rejtély, „feltáratlan információ" maradt, hogy a jogi védelem milyen cselekményekre (gyártás? felhasználás? forgalomba hozatal? használat? a titok megszerzése? nyilvánosságra hozatal? stb.) vonatkozik.

4.5.6 Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a fentiekben vázolt hiányosságok csak úgy orvosolhatók, ha a magyar szabályozást a későbbiekben részletesen tárgyalandó módon – a TRIPS 39.2 cikkére alapozzuk. Ennek – a nemzetközi megállapodás betartásán kívül – az a nagy előnye, hogy a magyar know-how jogosultak a TRIPS összes, jelenleg 149 tagállamában, s közöttük Magyarországon is, azonos elvek szerint igényelhetik üzleti titkaik védelmét.

Ezzel egyben, „zárókőszerűen" megtörténhet a TRIPS-konform szabályozás az üzleti titok és know-how, a „szellemi tulajdon egyik, titkos, zárt fele" tekintetében is, ahogyan ez a nevesített szellemi tulajdonjogok, „a szellemi tulajdon másik, nyilvános, hozzáférhető fele" tekintetében már megtörtént.

II. MI LEGYEN A KNOW-HOW FOGALMA A MAGYAR SZABÁLYOZÁSBAN?

5. A védelem tárgya az információ

5.1 Pre-TRIPS definíciókísérletek: A know-how, illetve az üzleti titok tárgyának mibenlétét illetően számos TRIPS előtti definícióval rendelkezünk.

Abban valamennyi definíció megegyezik, hogy a know-how mint az üzleti titok tárgya meghatározásában a *genus proximum* az,

hogy információ, ismeret, tudás, tapasztalat, tehát szellemi, eszmei, intellektuális természetű szubsztancia. Abban is egyetértés van a definíciókban, hogy a know-how fogalmi elemeként nem követelmény a rögzítettség, azonosítás, letét vagy regisztráció.

Vitatott volt, hogy kell-e a know-how fogalmi jegyeként műszaki, gazdasági, ipari, gyakorlati jelleget megkövetelni?

Vitatott volt továbbá, hogy minden műszaki-gazdasági ismeretáru („absztrakciós elmélet"), vagy csak a szabadalmi és más nevesített oltalomban nem részesülő ismeretek („maradékelmélet") sorolandók a know-how fogalmi körébe.

5.2 A törvényi és egyezményes normatív definíció: Az amerikai szabadalmi jog alkotmányos eredetével szemben a *trade secret* még csak nem is szövetségi, hanem az egyes államokban a *common law* (szokásjog) hagyományok alapján a bírósági eljárások malmában kiőrölt, és az egyes államok által szabályozott kérdés.

A lassú, sporadikus, inkoherens szabályozás meggyorsítása és egységesítése céljából az Amerikai Ügyvédi Kamara (American Bar Association) 1979-ben kidolgozta az e téren kikristályosodott common law (tort of misaproppriation) kodifikálásával az Egységes Üzleti Titok Törvényt (Uniform Trade Secret Act) mint modellt az egyes államok számára, amelyet az USA tagállamai többségükben (2005-ig 44 tagállam) el is fogadtak.

Az Egységes Üzleti Titok Törvény szerint „üzleti titok bármely információ, amelynek kereskedelmi értékét az adja meg, hogy korlátozottan hozzáférhető, s amely titkosságának megőrzésére az adott körülmények között az ésszerű lépéseket megtették". A hivatkozott modelltörvény az üzleti titok egyik tételeként tehát „szűk maradék" felfogásban említi a know-howt, amely az üzleti titok más tárgyaival azonosan indirekt, nem pedig kizárólagos jogon alapuló védelmet élvez a titok tisztességtelen elsajátításával szemben.

Ez a definíció került azután bele a NAFTA-ba (North American Free Trade Agreement, 1992), majd a TRIPS-be, és vált globális nemzetközi normává, amelyet a tagállamoknak, köztük Magyarországnak be kell iktatnia saját nemzeti jogába. Ez annál inkább indokolt, mivel az EU-országok jogrendszerei és az EU szellemi tulajdoni tanácsadó szolgálata ugyanezt az álláspontot képviseli, bár a harmonizáció e téren formálisan nem történt meg.

Ezzel a jogi normák szintjén nemzetközileg minden korábbi, műkedvelő vagy tudományos üzleti titok és know-how definíció hatályát és az új normatív meghatározások keresése értelmét vesztette.

5.3 Az általánosított tárgy: A fentiek áttekintése után megállapítható, hogy a TRIPS nemzetközi normájának megfelelően az üzleti titok tárgya az INFORMÁCIÓ.

E zseniálisan leegyszerűsített, ernyőszerűen minden üzleti titoktárgyat befedő, azokat számyai alá vevő megjelölés mellé véleményünk szerint nem kell semmi más főnév (pl. adat, megoldás, ismeret) vagy jelző (pl. gyakorlati, ipari, gazdasági, műszaki).

Más kérdés, hogy az életben a know-how magában foglal adatokat, megoldásokat, ismereteket, tapasztalatot és nagy tömegében ipari, műszaki, gazdasági, gyakorlati, funkcionális jelleget hordoz, illetve minél közelebb van ehhez, annál inkább nyer kereskedelmi értéket. De ezek a leszűkítő jelzők nem szerepelnek a TRIPS szélesre tágított, rugalmas know-how definíciójában, és nem is lenne indokolt azokat oda beiktatni.

6. Az információ titkos és titokban tartott

6.1 A titok mint jogi státus A know-how tartalmát képező információ titkosságának szükségességét a forgalomképességhez valamikor vitatták az irodalomban. A TRIPS lezárta a vitát: a know-how titkos információ.

A követelménynek két aspektusa van:

– Az információ ne legyen közkincs, hanem legyen eleve és folyamatosan titkos, azaz

nem általánosan ismert vagy nem könnyen megismerhető a szakmai körökben;
– titokban tartása érdekében tegyenek ésszerű lépéseket.

Az első, jogi státus aspektus azt jelenti, hogy – az abszolút újdonság megkövetelése nélkül – az információ nem lehet eleme, és nem válhat bárki hibájából részévé a közkincsnek (public domain), egészében nem vehették onnan, attól elkülönül, zárt, a köz számára fel nem tárt, és nem könnyen megszerezhető ismeret.

Másrészt azonban ez nem jelenti az abszolút titkosság követelményét, mivel esetleg más is kifejleszthette, és titokban tarthatja függetlenül, párhuzamosan ugyanazt az ismeretet, vagy ilyen személytől megszerezhette, továbbá bizalmas kezelés kötelezettségével, üzleti tárgyalások során mást is beavathattak a titokba.

6.2 A titoktartás mint feladat Nem elég az ismeretáru eleve zárt, titkos, a közkincstől egészében elkülönülő jellege, hanem a jövőbeni, folyamatos titokban tartás érdekében a szükséges elkülönítő, „körülkerítő" lépéseket is meg kell tenni. Ezt fejezi ki a második, dinamikus, a titkos jogi státus fenntartására, megőrzésére irányuló aspektus. A legtöbb országban konkrét esetekben a bíróságok csak akkor ismerik el az üzleti titok minőséget, és akkor adják meg az oltalmat, ha bizonyítható az információ birtokosa részéről a szándék és az erőfeszítés a titkos ismeret e magánjogilag elkülönített státusának fel nem adására, e státus megóvása érdekében az ismeret titkos kezelésére.

7. Az információnak titkossága miatt kereskedelmi értéke van

A know-how üzleti, kereskedelmi értékét, tudástőke minőségét, ismeretvagyon jellegét az teremti meg, hogy nincs a köz részére feltárva, vagyis nem általánosan hozzáférhető a társadalom számára. Ez ad neki versenyelőnyt, csereértéket, piaci forgalomképességet.

A know-how titkossága, újdonsága, árupotenciálja és kereskedelmi, üzleti értéke a fentieknek megfelelően relatív. Például egy fejlődő országban know-how szerződés tárgya lehet az, ami egy fejlett ipari országban közkincsként hozzáférhető, mert egy betanítás (*show-how* formájában) olcsóbb, gyorsabb és megbízhatóbb lehet, mint egy saját fejlesztés.

Az ismeretnek titkossága, korlátozott hozzáférhetősége mellett közvetlen gyakorlati alkalmazhatósága, specialitása, az iránta mutatkozó, esetleg régen fennálló szükséglet, a megoldás sürgőssége, fontossága adhat kiemelkedő üzleti, kereskedelmi értéket, különleges árupotenciált, tudástőke-jelleget.

III. MI LEGYEN A KNOW-HOW OLTALOM TARTALMA ÉS JELLEGE A MAGYAR SZABÁLYOZÁSBAN?

8. A know-how „birtoklása"

8.1 A titok mint szellemi birtokállapot A know-how jogi oltalma kapcsán általánosságban megállapítható, hogy ez a nemzetközileg kialakult rend szerint nem kizárólagos jogok révén valósul meg, hanem közvetett módon, a titkos információ jogosulatlan, ill. tisztességtelen eltulajdonítása (misappropriation) ellen irányul. Elismerésével kapcsolatban pozitív magatartás nem követelhető, csak a jogsértéstől való tartózkodás.

Ez a komplex, kombinált, többrétegű oltalom (multiple legal means) lényegében a versenyjognak és a polgári jognak az üzleti titokvédelemre vonatkozó szabályain, a polgári jogi és munkajogi szerződési kikötéseken, a belső szervezeti szabályzatokon és a vonatkozó büntetőjogi rendelkezéseken alapul és ezek komplex együttható sának eredményeként, a helyzet realitását elismerve, a posszesszorius birtokvédelemhez hasonló módon, a „de facto szellemi birtok-

állapotot", a titkos információ ellenőrzés alatt tartását védi.

Az információnak az üzleti titok révén megvalósított magánjogi elkülönítéséhez tehát birtokvédelemszerű oltalom fűződik, de annak nincs tulajdonkeletkeztető hatása senki számára.

8.2 A know-how „birtokvédelme" A TRIPS nem használja se az üzleti titok, se a know-how kifejezést, hanem fel nem tárt, nyilvánosságra nem hozott, (zárt)információ oltalmáról (Protection of undisclosed information) beszél. A jogosultat, a „titok urát" pedig úgy jelöli meg, mint az információt jogszerűen ellenőrzése alatt tartó személyt.

A védelem, mint már említettük, a TRIPS 39.2 cikkével összhangban arra kell irányuljon, hogy megakadályozzák az információnak a tisztességes kereskedelmi gyakorlattal ellentétes módon, a jogosult hozzájárulása nélkül való megszerzését vagy felhasználását és nyilvánosságra hozatalát.

A TRIPS 39.2 cikkéhez fűzött 10. számú értelmezés szerint: „A jelen rendelkezés alkalmazásában „a tisztességes kereskedelmi gyakorlattal ellentétes mód" fogalom legalább az olyan gyakorlatot jelenti, mint a szerződésszegés (breach of contract), bizalmas közlés megsértése (breach of confidence) és ezekre való rábírás, és tartalmazza a nyilvánosságra nem hozott információk olyan, harmadik felek általi megszerzését, akik tudták vagy súlyos gondatlanságból mulasztották el megtudni, hogy a megszerzés ilyen gyakorlatot is magába foglal".

A tisztességtelen módszerek (az USA jogában *improper means*) közé sorolhatók természetesen az ipari kémkedés, üzleti hírszerzés, „a titok pecsétjének" minden feltörése.

Az üzleti titok megsértése nem állapítható meg, ha a jogosult hozzájárult a jelzett cselekményekhez.

Másrészt nemzetközileg megengedett az információ tisztességes, jogszerű módon való megszerzése, mint amilyen a független kifejlesztés (independent development). illetve a mérnöki visszafejtés (reverse engineering) a kereskedelmi forgalomba hozott termékből, valamint a közkincsből való merítés.

8.3 A titok az alapállapot A titokvédelem – a titoktól a nyilvánosság felé vezető folyamat irreverzibilitása miatt – a szellemi tulajdoni rendszer sorrendileg első, naturális állapota, általános háttérintézménye, a szellemi javak esetleg végleges tartózkodási helye, vagy az alternatív, szabadalmi vagy más nevesített védelmének „előszobája", majd a kiegészítő ismeretek, tapasztalatok védelmének komplementer jogi instrumentuma. Ez indokolja, hogy a know-how-ra irányuló üzleti titokvédelem általános szellemi tulajdoni „alapnormaként", a speciális nevesített oltalmakat támogató, óvó, körülölelő háttérintézményként kapjon helyet a Ptk.-ban.

A know-how oltalom a Ptk. Javaslatban jelenleg nem ezt a központi, alapnorma szerepet tölti be, hanem egy félreeső, a műszaki gyakorlati ismeretekre leszűkített, de kizárólagossággal ok nélkül felfegyverzett, *sui generis* védelempótlékként jelenik meg, amelyben a „titokvédelem könnyűlovasságát a szabadalmi kizárólagosság nehéztüzérségi fegyvereivel látták el".

IV. ÚJ LEHETŐSÉGEK NYÍLHATNAK AZ AKADÉMIAI KUTATÁSOK ÉRTÉKESÍTÉSÉBEN

Ismeretes, hogy az akadémiai követelmények nyilvánosságorientáltsága és a szellemi tulajdon titokirányultsága között van bizonyos hagyományos feszültség.

A kutatói teljesítmény mérése, legitimációja, a tudományos közösségben való elismertség, a tudományos karrier ugyanis szorosan összefügg a publikációs kényszerrel (publish or perish), rangos folyóiratokban való megjelenéssel**,** a citátumok számával, a mások általi idézettséggel (ún. impakt fak-

tor), bár a gyakorlatban hasznosítható eredményeket, szabadalmakat is egyre inkább számításba veszik.

A nyilvánosságorientáltsággal szemben a szellemi tulajdon a titoktól a nyilvánosság felé vezető folyamat már említett irreverzibilitása, az újdonságrontás veszélye miatt, tehát a szabadalomnak a publikáció oltárán való feláldozása elkerülésére ajánlja: előbb jelents be, azután publikálj (file before publish).

Ezzel a feszültséggel függ össze a kutatók igénye az ún. türelmi időre (grace period), tehát hogy az önpublikációjuk bizonyos időn belüli szabadalmi bejelentés esetén ne járjon számukra újdonságrontó hatással. A szabadalom ugyanis országhoz és időhöz kötött, míg a publikáció újdonságrontó hatása exterritoriális és irreverzibilis.

A türelmi idő iránti igény főként az alkalmazott kutatási-fejlesztési eredmények tekintetében jelentkezik, ahol az üzleti titokként való kezelés, a nyilvánosságra hozatal vagy a szabadalmazás alternatívái közötti választás lehetősége elvileg fennállhat.

Alapkutatási eredményeknél (például egy kémiai, fizikai, biológiai felfedezésnél) azok absztrakt jellege és az innovációs értéklánc kezdeti stádiumához tartozása miatt eddig sem az ipari alkalmazhatóságot követelő szabadalmazás, sem az ismeret gyakorlati jellegét túlhangsúlyozó know-how-ként való kezelés nem jöhetett számításba. Maradt az eredményt feltáró, nemzetközileg nyilvánosságra hozó publikáció, amely a tudományos közvéleményben való ismertséget, kapcsolatokat, meghívásokat, díjakat, alapítványi támogatásokat, a karrierben való előrelépést eredményezhet a kutatónak.

A know-how TRIPS szerinti tágas, szellős megfogalmazása (nem közkincs információ, amelyet titkosan kezelnek, és ezért kereskedelmi értékkel bír) elvileg megnyit egy új lehetőséget a tudományos eredmények, felfedezések, felismerések oltalmára és értékesítésére.

Tényleges vagy potenciális kereskedelmi értéke és titokban tarthatósága ugyanis elvileg nemcsak a prompt alkalmazható, műszaki gyakorlati ismereteket hordozó információknak lehet, hanem az üzleti lehetőséget távlatilag felvillantó, ígéretes, perspektivikus tudományos alapkutatási eredményeknek, különösen a gyakorlati alkalmazást előmozdító, a tudományos eredményt a termelésbe transzponáló találmányok kiindulópontját képezhető felfedezéseknek (pl. egy anyag biológiai hatásának felismerése, amire alapozva új gyógyszertalálmányok fejleszthetők ki). Ezzel megnyílhat az út, hogy az ilyen alapkutatási jellegű eredmények is értékesíthetők legyenek üzleti titokként kezelt know-how-ként. Az USA-beli gyakorlat kapcsán kifejezetten megemlítik, hogy az üzleti titok körébe tartozó know-how fogalma nemcsak szabadalmazható találmányokat, de tudományos képleteket (scientific formulae) is felölel. Egyébként az USA szabadalmi gyakorlatában is megfigyelhető e távlatos értékelés, amennyiben például a biotechnológiai találmányok szabadalmazhatóságához sem követelnek meg azonnali, direkt gyakorlati alkalmazhatóságot, hanem elegendő az előre látható, „fejlődő, kibontakozó hasznosság" (evolving utility).

A know-how fogalmának leszűkítése a műszaki gyakorlati ismeretekre szembe menne ezzel az ígéretes tudományos eredményeket is felkaroló nemzetközi gyakorlattal és a TRIPS normával.

A jelzett lehetőséggel való élés persze megköveteli, hogy az ilyen eredményekre vonatkozó, a tudományos karrierépítéshez és nemzetközi kapcsolatokhoz továbbra is szükséges publikációk a felhasználást lehetővé tevő adatok, részletek mellőzésével csak az előnyleírásra, a gyakorlati alkalmazási lehetőségek és a távlati üzleti ígéretesség felvillantására szorítkozzanak, és ne veszélyeztessék az eredmény üzleti

titkot képező know-how-ként való értékesítését.

V. JAVASLATAIM ÖSSZEFOGLALÁSA

Összefoglalóan és leegyszerűsítetten az alábbiakat javaslom a további kodifikációs munka során megfontolni:

– A Ptk. Javaslatnak a szellemi alkotások védelmére vonatkozó szabálya (2: 200. §) első mondatát az alábbiak szerint kell átfogalmazni: „A törvény biztosítja a szellemi alkotásokhoz és más szellemi javakhoz kapcsolódó személyhez fűződő és vagyoni érdekek védelmét."
– A Ptk. Javaslatnak az üzleti titokra (a jogi forma) és a know-how-ra (a titok tárgya) vonatkozó szabályozását egyesíteni kell az üzleti titok védelme keretében a TRIPS követelménye szerint.
– Ki kell mondani, hogy az üzleti titok tárgya a titkos (nem a közkincshez tartozó) információ, amelyet titokban tartanak, ezért kereskedelmi értékkel bír.
– Az üzleti titok védelmet élvez a mások általi tisztességtelen (ill. jogosulatlan) közzététel, megszerzés, felhasználás ellen.
– A tisztességtelen (illetve jogosulatlan) kifejezés alatt kell érteni különösen az olyan szándékos vagy gondatlan gyakorlatot, mint a szerződésszegés, bizalmas közlés megsértése és szerződésszegésre való rábírás.
– A jogi védelem nem terjed ki különösen a más címen védelem alá nem eső, jogszerűen megismerhető termék elemzésével vagy függetlenül létrehozott, illetve a közkincsből merített információra.
– A polgári és versenyjogi szabályozást – a legszükségesebb minimális eltéréssel – össze kell hangolni.

VI. A KNOW-HOW FORTÉLYOSSÁGÁRÓL

S végül az olvasónak megköszönve, hogy idáig elolvasta ezt a hozzászólást, továbbá derűs befejezésként és egyben a know-how problematika fortélyosságára és rejtélyességére utalva idézném azt az amerikai, kicsit tréfás megjegyzést, hogy a know-how tág értelemben felöleli az alábbiakat is: „know-what, know-whom, know-when, know-where, know-why, know-why not (negatív know-how arról, hogy merre nem érdemes menni, mivel abban az irányban zsákutca van)".

Ez utóbbiról szól ez a könnyed, oldott, hozzászólási célzatú eszmefuttatás, na meg arról, hogy itt az idő, hogy a Ptk. 86. §-hoz hasonló egyéni utakkal való kísérletezés helyett az üzleti titokra és know-how-ra vonatkozó szabályozást összhangba hozzuk az e téren nemzetközileg elfogadott és országunkat, valamint a gazdasági partnerországokat is kötelező globális TRIPS normával.

Kulcsszavak: *üzleti titok, know-how, Ptk, tisztességtelen verseny, Egységes Üzleti Titok Törvény, tudományos eredmények, TRIPS Megállapodás, WTO, WIPO, AIPPI*

IRODALOM

A General Approach for Determining When to Patent, Publish or Protect Information as a Trade Secret, WIPO. (2006): SMEs Newsletter. 5,

Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights –magyarázatokkal (www.wto.org)

Bobrovszky Jenő (1995): *Iparjogvédelem és csúcstechnika*. OTH, Budapest

Bobrovszky Jenő: *Guidelines on Intellectual Property Law Teaching Materials for Countries in Transition to Market Economy* – www.mie.org.hu (tanulmányok)

Confidentiality and Confidential Disclosure Agreements (CDA) www.patent.gov.uk

Irish, Vivien: What an Employee Needs to Know About Trade Secrets? http://www.wipo.int/sme/en/documents/employees_confidentiality.htm

Lontai Endre – Faludi G. – Gyertyánfy P. – Vékás G. (2004): *Magyar polgári jog, szellemi alkotások joga*. Eötvös, Budapest

Lontai Endre (1988): Jogegységesítés a nemzetközi iparjogvédelem területén. Akadémiai, Budapest

Model Provisions on Protection Against Unfair Competition. (1996): WIPO

Protecting Trade Secrets. A Worldwide Survey. Managing Intellectual Property. (1997 –1998) 12–1,

Protection Against Unfair Competition-Analysis of the Present World Situation. (1994): Wipo

Thomson, Gord (1999): Reverse Engineering, When It Is legal? Engineering Dimensions Magazine. 11–12.

Trade Secrets: Policy Framework and Best Practices. (2002): WIPO Magazine. 5.

USA Uniform Trade Secret Act (www.law.upenn.edu)

Interjú

KÖZÖS NEVEZŐ: A MATEMATIKA

Gimes Júlia beszélgetése
Lovász László matematikussal

Készülve erre a beszélgetésre sok mindent elolvastam Önről, és úgy érzem, hogy Ön körül minden olyan tökéletes: van egy működő családja négy gyerekkel, nem vált el egyszer sem, pályája igen sikeres, hiszen egyike a világ legnagyobb ma élő matematikusainak. Mit gondol, ez a tökéletesség nem irritálja a környezetét, kollégáit, ismerőseit, barátait?

Én is úgy érzem, hogy szerencsés vagyok, és az voltam egész életemben. Nagy szerencse, hogy a családommal megvagyunk, szeretjük egymást, és nagy szerencse volt a gimnázium, már ott találkozhattam az igazi matematikával.

Biztos, hogy minden a szerencsén múlt? Ilyen egyszerű lenne? Ön a 60-as évek elején egy legendás osztályba járt, a Fazekas Mihály Gyakorló Iskola első matematika tagozatos gimnáziumi osztályába. Úgy tudom, az egy meghívásos osztály volt a tehetséges gyerekek számára.

Én nem meghívásra kerültem oda, eleve oda jelentkeztem. Ez persze nem volt egészen véletlen, mert az általános iskolában az igazgató, Bellay László tanár úr vezette a matematika szakkört, és ő tudott róla, hogy a Fazekasban szerveződik egy ilyen osztály. És bár még nem volt meg minden „pecsét", javasolta, hogy oda jelentkezzek.

Mikor derült ki, hogy különleges érzéke van a matematikához? Érezte-e valaha, hogy afféle csodagyerek?

Ilyesmit sosem éreztem. De a hatodik-hetedik osztályban már tudtam, hogy nagyon szeretem a matematikát. Igen könnyen ment, és nagyon élveztem, amikor a szakkörön egy-egy érdekesebb feladatot kellett megoldani; igazán komolyan azért csak a gimnáziumban kezdtem matematikával foglalkozni.

Emlékszik-e, hogy mi vonzotta, mi volt ebben egy gyereknek izgalmas?

Amikor valamilyen problémát sikerül megoldani, az olyan, mint amikor egy rejtvény kulcsát találja meg az ember. Vagy egy sakkjátszmában a kulcslépést. Egyszerre hirtelen minden világos, tiszta és érthető lesz. Ezek a legvonzóbb pillanatok a matematikus életében. És ezek a pillanatok vonzottak gyerekként is.

A matematikusok mint tudósok élete más-e, mint azoké, akik más területeken dolgoznak? Arra gondolok, hogy a képességeken és az ötleteken túl a sikerhez mennyire fontosak egyéb tulajdonságok, például hogy valaki hogyan tud kapcsolatokat kiépíteni, vagy hogyan tud – ahogy manapság mondják – „nyomulni", helyezkedni?

Szeretném azt hinni, hogy itt azért elsősorban a szürkeállomány számít. Ezen belül természetesen különböző tulajdonságok vannak, amelyek eltérő mértékben, de szükségesek: jó memória, gyors gondolkodás, és leginkább, hogy az embert elkapja a tárgy szeretete. Nem hiszem, hogy a matematikában szervezőkészséggel vagy nyomulással sokra lehetne menni. Ez a hozzáállás például olyan területekre lehet igaz, ahol sok pénz kell a kísérletekhez, így nagy jelentősége van annak, hogy ki képes azt megszerezni.

A matematikában ez sokkal kevésbé fontos. Az együttműködési készség azonban az utóbbi egy-két évtizedben jobban előtérbe került, egyrészt, mert többet kell utaznunk, másrészt, mert óriási lett a terület. Habár a matematika több mint kétezer éve létezik, az eredményeknek kb. a fele – ahogy a többi természettudományban is – az utóbbi tíz évben született, és folyamatosan születik a rengeteg újabb és újabb eredmény. Ez pedig azt jelenti, hogy nagyobb lett a közös munka jelentősége, hiszen több ember több mindenről tud.

Az, hogy a matematika eredményeinek jelentős része az elmúlt tíz évben született, vajon megváltoztatta-e a gondolkodásmódot? Vagyis egy görög matematikus másként gondolkodott-e, mint ahogy Önök gondolkodnak?

Biztosan változott a gondolkodásmód, hiszen egy jó görög matematikus azzal kezdte, hogy megtanult mindent, amit előtte kitaláltak és tudtak. De egy jó matematikus talán még száz évvel ezelőtt is ismerte a matematika eredményeinek nagy részét. Ez ma lehetetlen. Nagyon sok olyan eredmény létezik, ami számunkra biztosan érdekes, hasznos lenne, de a létéről sem tudunk.

Valaha minden tudományt filozófiának neveztek, és aztán ebből nőttek ki a különböző tudományok. Sokan azt mondják, hogy ma már a matematikát is egymástól független területekre lehet osztani. Én a magam részéről ebbe nem szívesen törődnék bele, mert úgy érzem, hogy a matematika különböző ágai között rejtett és mély összefüggések vannak. Szerintem ezen összefüggések megtalálása segítheti legjobban a fejlődést, mert igazán meglepő eredmények születhetnek. Viszont az ilyenek felfedezése egyre nehezebben megy. Ezért gondolom, hogy egyre nagyobb szerep jut annak, hogy a matematikusok beszélgessenek egymással, és próbálják meg egymásnak új gondolataik lényegét elmondani. Még akkor is, hogyha egymástól távoli területen dolgoznak.

Egyébként a matematika nagy büszkeségének tartom, hogy egy ezer vagy kétezer évvel ezelőtt született helyes bizonyítás ma ugyanúgy bizonyítás. Ma ugyanúgy megértjük, és látjuk benne a gondolatot vagy a teljesítményt, míg hát a többi tudományterület sok-sok megállapítására ez nem igaz.

Ugyanakkor egyre bővül azoknak a dolgoknak a köre, amelyeket matematikai eszközökkel próbálnak leírni. Indult a térrel, azaz a geometriával. Folytatódott a fizikával, a műszaki tudományokkal, átterjedt a közgazdaságtanra, és nagyon izgalmas, nagy kérdés, hogy a biológiának mekkora részét tudja az emberiség a matematika eszközeivel egzaktabban leírni.

Például a 17. században a matematika új eszközei, elsősorban az analízis, azaz a függvénytan tette lehetővé, hogy leírjunk olyan nehéz fogalmakat, mint a mozgás, a gyorsulás, a sebesség vagy a pálya. Korábban erre nem volt lehetőség. Úgy érzem, hasonló jelenséggel állunk szemben manapság: ahhoz, hogy egy élő rendszert egészében vagy fontos részleteiben – mozgás, szaporodás, stabilitás – valahogy meg lehessen ragadni, a matematika további lényeges fejlődésére van szükség, és ez be is fog következni. De ebben még csak a kezdeteknél tartunk.

Leszűrhetem ebből azt a következtetést, hogy a matematika új kihívásait elsősorban a többi tudomány által felvetett problémák jelentik?

Állandó vita a matematikán belül, hogy mennyi a belső fejlődésből származó hajtóerő, és mennyi jön a különböző alkalmazások kapcsán kívülről. A matematikusok többsége az egyik vagy a másik forrást értékeli többre.

És Ön?

Úgy érzem, mindkettőnek van létjogosultsága, de engem nagyon érdekelnek azok a kérdések, amelyeket a világ tesz fel a matematikának. Itt azonban akad egy probléma: a világ a gyors kérdéseire gyors választ vár, miközben a matematika másként működik. Szeret az érdekes problémákon évtizedekig eldolgozgatni, míg végre ki meri jelenteni, hogy megértette és megoldotta.

Az utóbbi idők legtöbb ilyen külső kérdése az informatikából jött. A számítógépek működésének leírása, annak pontos megfogalmazása, hogy mi az, ami egyáltalán kiszámítható, mi az, ami hatékonyan számítható ki, mi az ami elvileg kiszámolható ugyan, de csak csillagászati idő alatt – csupa olyan kérdés, ami fontos változásokat előidézve nyomult be a matematikába.

És fordítva? Nyilván a matematika is segítette a számítástechnikát. Talán nem csak az újabb és újabb eszközök megjelenése produkálta a rohamos fejlődést.

A matematikai módszereknek óriási hatásuk volt, hiszen például a matematikai gépeket, tehát a számítógépek matematikai modelljét, matematikai alaptervét a matematikusok még a technológia létrejötte előtt megalkották. A harmincas években a brit Alan Turing már definiálta az ún. Turing-gépet, ami matematikailag egzaktul megmutatta, hogy hogyan tud valamilyen matematikai számítást egy gép elvégezni. Ez a fogalom tehát már jelen volt, és ez jelentős szerepet játszott abban, hogy a gépek valóban megszülettek. Hasonlóképpen nagyon sok programozási és számítási feladatot nem tudnánk elvégezni, hogyha nem lenne mögöttük matematikai elmélet.

Talán az egyik legfontosabb a biztonság, az adatvédelem kérdése. Az interneten keresztül mindenki elérheti a bankját, leolvashatja, hogyan áll a számlája, utasításokat adhat, hogy ide vagy oda pénzt fizessenek. Ezeknek a rendszerrknek a biztonsága matematikai eszközökön múlik. És most itt kanyarodom vissza arra, hogy a matematika sokat „ül" a problémákon. Ezek a részben biztonsági, részben számítógép-hatékonysági kérdések olyan nehéz matematikai problémákhoz vezettek, amelyeket máig sem tudtunk megoldani. Ugyanakkor az élet valamilyen értelemben túllépett ezen a tényen: bizonyos dolgokat tapasztalatként elfogadott, pedig egzakt matematikai bizonyítás máig nincs rájuk.

Például az adatvédelem biztonsága döntően egy furcsa matematikai tapasztalati tényen alapszik: Egy nagyon nagy, több száz jegyű számról ellenőrizni tudjuk, hogy prímszám-e (azaz hogy fel lehet-e írni két kisebb szám szorzataként); ezt a mai számítógépek pillanatok alatt eldöntik. Ugyanakkor, ha a komputer azt találja, hogy az illető szám nem prím, osztóit nem képes megadni. Ugyanis az az eljárás, amellyel a számítógép ellenőrzi, hogy prímszámról van-e szó, nem adja meg az osztókat, csupán matematikai meggondolásokkal rábizonyítja, hogy vannak osztói. Ma úgy hisszük, hogy ilyen óriási, azaz 150-200-nál több számjegyből álló számok esetén az osztókat csak csillagászati idő alatt lehet megtalálni. Ez a hitünk azonban egyelőre valóban hit, mert csupán azon alapul, hogy sokan gondolkodtak azon, hogy hogyan lehetne az osztókat megtalálni, de még senki sem talált ilyen algoritmust. Arra, hogy ilyen nincs, jelenleg ez a „bizonyíték". Ez viszont azt

jelenti, hogy egyáltalán nem lehetünk tökéletesen nyugodtak a ma működő adatvédelmi rendszerek biztonságát illetően. Valahogy úgy lehet ezt elképzelni, hogy az adott óriási szám titkosítja az üzenetet, egyetlen osztója pedig a „titkosírás" megfejtésének a kulcsa. Aki tehát képes ezt megtalálni, az feltörhet adatvédelmi rendszereket. Amíg tehát nincs matematikailag korrekt bizonyítás arra, hogy nem létezik olyan algoritmus, amellyel az ilyen nagy számok valamelyik osztóját csillagászatinál rövidebb idő alatt nem lehet megtalálni, addig számítani kell arra, hogy valaki mégis képes lehet erre. És az illető pénzügyi, politikai világkatasztrófát idézhet elő. Ma a számítógépek biztonsága terén ez egyike a legfontosabb nyitott kérdéseknek.

Lehet, hogy nemcsak a bonyolult biológiai folyamatok modellezéséhez, hanem a súlyos számítástechnikai problémák megoldásához is új matematikai területek kialakulására van szükség?

Valószínűleg igen. De ez a példa jól mutatja, hogy léteznek a korábban említett ellentmondások: az alkalmazás felteszi a kérdést, szeretné rá látni a választ, a matematikus meg azt mondja: jaj de érdekes kérdés, gondolkodom, tíz év múlva talán majd felelek rá. Ezzel együtt szerintem ezek a kérdések fontosak a matematikának, és a megszületett válaszok pedig a világnak.

Érdekes egyébként, hogy azok a módszerek, amelyeket a számítástechnika által felvetett elméleti problémák megoldásában használunk, a 17-18. században alakultak ki. A számelmélet alapvető módszereiről van szó, és a számelméletről a múlt század első felében Godfrey Harold Hardy angol matematikus még azt mondta, hogy azért szereti, mert nem lehet semmire sem használni. Ő elsősorban a katonai alkalmazásoktól félt; és mára a számelméletnek rengeteg alkalmazása ismert, köztük katonaiak is.

Vannak-e manapság olyan matematikai problémák, amelyek megoldásához nincs szükség számítógépre?

Hát hogyne. Sok matematikus ezt a kérdést egyenesen kikérné magának, mert úgy gondolja, hogy a számítógépek csak elrontják a gondolkodást. Én ezt nem hiszem. Szerintem inkább segítik, mert bár az biztos, hogy a matematikusok munkájának igazi lelke ma is a gondolkodás, de a számítógéppel lehet kísérletezgetni. Például amikor képet szeretnénk kapni egy olyan jelenségről, amelyet közvetlenül nem tudunk átgondolni, mert túl nagy értékűek az adatok, vagy túl sok van belőlük. Az is előfordulhat, hogy nem az induláshoz, hanem éppen a gondolatmenet befejezéséhez kell a számítógép. Az ember eljut például odáig, hogy csak végig kell nézni a következő kétezer esetet, és ha szerencsés, ezeket „megnézeti" számítógéppel. Nem neki kell ezt papíron vagy fejben végigcsinálnia.

Említette ugyan, hogy élete során szerencsék özöne vette körül, de nyilván a szerencse nem elég ahhoz, hogy valaki a matematika Nobel-díjának tartott Wolf- díjban részesüljön – és akkor a többi elismerését nem is említettem –, hogy olyan egyetemeken legyen professzor, mint a Yale vagy a Princeton, hogy dolgozhasson a Microsoft kutatóintézetében, vagy hogy 31 évesen a Magyar Tudományos Akadémia tagja legyen. Vagy említhetném azt is, hogy idén augusztusban Önt választották a Nemzetközi Matematikai Unió elnökévé. Önt valami nagyon sikeressé és eredményessé tette. Mit gondol, mi?

Engem mindig nagyon érdekelt, amikor a matematika valamelyik ágát kapcsolatba lehetett hozni egy másikkal. Amikor az egyik ágában született eredményeket lehetett egy másikban alkalmazni. Amikor az egyik fogalmai a másik területet valahogy más megvilágításba helyezik.

Én a gráfelmélet, illetve a kombinatorika területén indultam el, amelyeken itthon kiváló, világhírű matematikusok dolgoztak, tehát nagyon erős iskola működött. Talán elsősorban Erdős Pált említeném, de másoktól is rengeteget tanultam. És újra azt kell mondanom, hogy szerencsém volt, mert az én matematikusi pályafutásom kezdete arra az időszakra esett, amikor még nem kellett nagyon sokat tudni ezeknek a területeknek a műveléséhez. Szerencsém volt abban is, hogy a kombinatorikában, a gráfelméletben később egyre-másra születtek olyan ötletek, amelyek ezen területek tanulmányozásába a matematika más ágait is bevonták. Ez volt az, ami engem igazán érdekelt, a fejlődésnek ez az iránya tehát számomra igazán „testhezálló" volt.

Sikerei titka tehát, hogy távoli vagy látszatra távoli matematikai területek között kapcsolatokat tudott találni?

Azt hiszem, hogy a kedvenc eredményeim azok, amikor valami ilyesmit sikerült megtenni.

Azért azt csak ki kellett találnia, hogy merre „keresgéljen", nem?

Nem tagadom, kellenek jó ötletek ahhoz, hogy éppen mit mivel próbáljon kapcsolatba hozni az ember. Ezt valahogy meg kell érezni, és ismerni kell a területeket. Hiszen csak akkor juthat eszembe, hogy valamit fel lehetne máshol is használni, ha arról is eleget tudok. Számít tehát a tudás is, de azért elsősorban az ötleteken múlnak a dolgok. És a jó ötletekhez szerencse kell. Gyakran előfordul, hogy fél-egy évig tart, míg valaki egy ötletet követve végigjár egy utat, és kiderül, hogy az sehová sem vezet. Ez természetes, hiszen anélkül, hogy azt az utat végigjárnánk, nem tudhatjuk, hogy zsákutca-e.

A nyolcvanas évek elején volt egy történet, amit azóta is emlegetnek a matematikusok. Önt az akkori oktatási miniszterhelyettes megkérte, hogy jöjjön fel Szegedről, ahol akkor tanszékvezető volt, és vállalja el az ELTE-n az akkor létrehozott egyik matematikai intézet vezetését. Feleségével, Vesztergombi Katalinnal, és a gyerekekkel Budapestre költöztek, teljesen átalakították az életüket. Aztán az egészből nem lett semmi, mert addigra a Párt mást akart. Azt mondják, ennek a sztorinak nagy szerepe volt abban, hogy elment az Egyesült Államokba…

Kicsit bonyolultabb volt a történet. Én Budapesten végeztem, és részben azért vállaltam el Szegeden a tanszékvezetést, mert az ELTE-n folyó nagy belharcok és veszekedések miatt ott nem éreztem jól magam.

1980 körül ezeket a szerencsétlen vitákat elégelte meg az Akadémia és a Pártközpont. Felállítottak egy akadémiai bizottságot, majd ajánlásokat dolgoztak ki a béke helyreállítására, és én ennek kapcsán kerültem fel Budapestre.

Állítólag ezek hatalmi harcok voltak. Például, hogy melyik tanszék kié legyen.

Igen, elsősorban hatalmi kérdések, de időnként különböző ideológiák is felszínre kerültek. Ilyen volt például az antiszemitizmus. Volt benne „alkalmazáselmélet", azaz hogy ki mennyire jó, és mennyire kell őt elismerni. Amikor azután elindult a polarizálódás, és valamelyik oldalon mindenki állást foglalt, az ideológiák jelentősége nagymértékben csökkent, mégis a helyzet bénítólag hatott mindenkire. Az sem volt olyan egyszerű, hogy a „Párt másként döntött", mert abban, hogy nem úgy valósultak meg a dolgok, ahogy az az eredeti tervben volt, a legfelsőbb pártvezetésben lévő személyi ellentétek is szerepet játszottak. Például Aczél György és Maróthy László ellentéte is. (Érdekes egyébként, hogy a rendszerváltás után itt az egyetemen ez az egész lecsengett. A helyi ellentétek lassan

feloldódtak, országos szinten azonban ezzel rokon harcok törtek ki.)

Ami pedig a külföldre távozást illeti: úgy éreztem, hogy nem tudok itt maradni, mert a légkört nem tudom elviselni. És azt kell mondanom, hogy akkor is szerencsém volt: rendelkeztem ugyanis egy meghívással, amire akkor, abban a helyzetben igent mondtam. És elmentem bő két évre.

Későbbi „elmeneteleimnek" is volt önvédelem-jellege. A 90-es évek elején nem bírtam a felfokozott politikai vitákat, a túlfűtött politikai hangulatot, úgy éreztem, hogy ebben az országban nem lehet tudománnyal foglalkozni. Csak egyetlen példát mondok: az első választásnál, 1990-ben tagja voltam egy bizottságnak, amelynek az volt a feladata, hogy a választás számítógépes rendszerének tisztaságát felügyelje. Hát a választások előtti hat hétben ez a társaság gyakorlatilag naponta délután háromtól éjfélig ülésezett. És hasonlók. Ilyen értelemben önvédelem volt, hogy a világnak valami nyugodtabb részére költöztünk. Tizenkét évet éltünk az USA-ban.

Amikor 1999-ben a Microsofthoz ment dolgozni, voltak, akik itthon nagyon megrémültek: te jó isten, már a Lovász is eladta magát! Mi volt ott a dolga? Mennyire kellett feladnia a szakmai függetlenségét?

Nem mentem volna el a Microsofthoz, ha nem garantálták volna, hogy azt kutatok, amit akarok. A kb. húszfős matematikai csoportnál dolgoztam, ez a kutatóintézetnek csak egy kis része. Maga a kutatóintézet pedig egy igen kis része az egész vállalatnak. Abban, hogy a Microsoft fenntart egy színvonalas kutatóintézetet, az is szerepet játszik, hogy ez a tudomány támogatásának is egy formája. De azért el kell ismernem, hogy a szoftvergyártás élvonalában felvetődő kérdések sem voltak érdektelenek egy magamfajta matematikus számára.

Annyit azért megmondtak, hogy az ő problémáikkal kell foglalkozni? Vagy hogy a mai számítástechnika által felvetett kérdésekre kellene választ találni?

Nem. Semmi ilyesmit nem kötöttek ki. Ha viszont, mondjuk, egy fejlesztő felkeresett bennünket egy matematikai jellegű kérdéssel, akkor illett őt meghallgatni, és neki tanácsot adni. A válasz azonban lehetett az is, hogy ez nem matematikai kérdés, ehhez én nem tudok hozzászólni.

Nem várták el, hogy dolgozzon azon a problémán?

Nem. De ott is úgy „működtem", mint bárhol máshol. Ha ugyanis hallok egy érdekes problémát, elgondolkodom rajta. Itt is találkoztam ilyenekkel. De ezek az időm töredékét foglalták le, általában a saját kutatási témáimon, kutatási terveimen dolgoztam.

Magyarul, ülit a Microsoftnál, és azt csinált, amit akart?

Igen. Az idő nagy részében így volt.

Minek kellett Ön nekik? Hogy elmondhassák, hogy ilyen nagyszerű matematikusokat foglalkoztatnak?

Lehet, hogy ez is benne volt, de néhányszor előfordult, hogy megválaszoltunk valami általuk felvetett matematikai kérdést, ami nagy haszonnal járt a vállalat számára. A mi csoportunk tagjaitól azonban nem várták el, hogy napról napra ilyenekkel foglalkozzanak, hiszen nem létezik annyi matematikailag is megfogalmazható problémájuk.

Mondjuk félévente esett be egy-egy ilyen feladat, vagy évente, kétévente?

Talán pár hónaponként egyszer.

És nem volt kínos, ha azt kellett válaszolni, hogy gyerekek, ennek a kérdésnek a megválaszolásához tíz évre lenne szükség…

Mindig őszintén meg kell mondani, ha az ember úgy gondolja, hogy egy feladatot nem tud elvégezni. Azonban igen intelligens csapat dolgozik ott, akik nem csodaszereket várnak, mert tudják, hogy a matematikai erős módszerekkel dolgozik, és esetleg ezek alkalmazása segíthet. Vagyis többnyire képesek megítélni, hogy egyáltalán érdemes-e valamit megkérdezni.

Mondana példát arra, hogy kérdeztek valamit, és Önök megválaszolták?

Például egyszer jöttek egy kérdéssel, aminek a leegyszerűsített lényege a következő: egy több ezer számítógépből álló hálózaton belül egy bizonyos információt a gépek 10 százalékára kell feltelepíteni, és rendszeresen frissíteni. Hogyan kell az információ szétterítésének útjait megtervezni?

A tankönyvek ugyan leírnak ilyen problémákban alkalmazható eljárásokat, de mivel esetünkben eltért a „fölállás" a tankönyvi rendszerektől, azokat alkalmazva a kiszámításához szükséges idő a hálózat méretének négyzetével nőtt. Vagyis ha a hálózat mérete tízszeresére nőtt, az idő a százszorosára emelkedett. Így nem lett volna elegendő idő a hálózat fenntartására. Ebben az esetben egy-két napos gondolkodás után rájöttünk, hogy valójában mi van a jelenség hátterében, és a tankönyvi módszereknek egy nem nyilvánvaló kombinációjával elértük, hogy az idő nem a hálózat méretének négyzetével növekedett, hanem csak azzal arányosan. Ezt később bele is építették az egyik Windows szoftverbe.

Szóval néhány évet eltöltött a Microsoftnál, nyilván megbecsülték, és még kiszolgálni sem igazán kellett őket. Az elmúlt két évben részben már itthon dolgozott, most pedig végleg hazaköltözött, az ELTE Matematikai Intézetének igazgatója lett. Így kívülállóként elég őrült gondolatnak tűnik hazajönni Magyarországra, hiszen a felsőoktatás egyre nehezebb helyzetben van, egyre kevesebb a pénz, már fűtési és világítási gondok is vannak. Miféle kalandvágy ez? Miben bízik?

Egyrészt a feleségem és én sosem éreztük magunkat Amerikában igazán otthon. Úgy gondoltuk, öregkorunkban mindenképpen Magyarországon szeretnénk élni. Fontos az is, hogy itt a diákok továbbra is nagyon jók, tehát számomra csábító és fontos feladat, hogy magyar diákokat tanítsak. Én is nagyon sokat kaptam a magyar matematika oktatástól.

Szeretné ezt valamelyest viszonozni?

Így is lehet mondani. Ha mondjuk Erdős Pál nem vette volna magának a fáradságot, hogy minden évben hosszú hónapokat eltöltsön itthon, akkor én is nagyon sokat veszítettem volna, és sokan mások is. Hogy a családom már két éve hazaköltözött, annak oka, hogy Laci fiunk akkor kezdte gimnáziumi tanulmányait. Ő tehetséges a matematikában, és úgy gondoltuk, sehol a világon nem kaphat olyan jó képzést, mint itthon a Fazekasban. Hasonló színvonalút, mint amilyet én kaptam annak idején, a hatvanas években.

Miért vállalta el a matematikai intézet vezetését ebben a sokak szerint reménytelen helyzetben?

Azok a tudósok, matematikusok, akik világháborún, holokauszton, Rákosi-rendszeren és így tovább mentették át a magyar tudományt, a jelenleginél sokkal, de sokkal nehezebb helyzetben voltak. Mégis alkottak, tanítottak, újabb tudósgenerációkat neveltek. Nekünk ma kell ezt tennünk. Igaz, hogy a jelenlegi magyar közélet nem kedvez a békés alkotómunkának, de tanítani azért lehet.

Vannak, akik kétségbe vonják, hogy igazán lehet tanítani. Ők azt mondják, hogy azzal, hogy a felsőoktatás „tömegcikké" vált, igen-igen romlott a hallgatóság színvonala.

A bolognai megállapodás eredményeként az egyetemek – így az ELTE is – átszerveződnek, az oktatás jóval több embert érint, mint ötven évvel ezelőtt. Én egyetértek azzal, hogy erre szükség van. Azzal viszont nem értek egyet, hogy a hallgatók buták lennének. Szerintem csupán arról van szó, hogy nagy részük nem tudós akar lenni, és nem készül semmilyen más vezető értelmiségi pályára sem. Nekik más terveik, céljaik, lehetőségeik vannak, és ehhez egy szélesebb körű, kevésbé mély tudásra van szükségük. Nekünk tanároknak ezt tudomásul kell vennünk, és alkalmazkodnunk kell ehhez. Vagyis el kell fogadnunk, hogy bizonyos szempontból alacsonyabb szintű oktatásban veszünk részt, hiszen nem tudunk mindenkinek mindenféle matematikai finomságot megtanítani. De nem is kell. Aki dolgozott Amerikában, az tudja, hogy ott is a kalkulust kell a többségnek tanítani ahhoz, hogy mellettük foglalkozhassunk a legjobb doktoranduszokkal, mester diákokkal is. Ők viszont megoldották a tömegképzés és az elitképzés közötti folytonos átmenetet, átjárhatóságot. Itthon ez a feladat egyelőre előttünk áll.

Intézetigazgatóként milyen elképzelései vannak?

Az ELTE-n egy évvel ezelőtt a matematikai tanszékeket egyetlen intézetbe vonták össze. Ez természetesen új helyzetet, és egyben új lehetőségeket teremt, amelyeket szeretnék kihasználni. Szeretném, ha az oktatásban a tanszékek között több együttműködés lenne, és például felbomlana az a merev rendszer, amelyben egy-egy tantárgy oktatása egyetlen tanszék vagy egyetlen ember örökös privilégiuma.

Mondok más példát. Hiszem, hogy előbb-utóbb építkezhetünk is. A tanszéki rendszerben azonban mindig a már létező területek bővültek, és a matematika olyan új területei, amelyek nem igazán tartoztak egyik tanszékhez sem, mostohán elsorvadtak az egyetemen, vagy meg sem születtek. Az intézeti struktúra alkalmasabb arra, hogy egy-egy új terület művelésére felvegyünk valakit, és az új témát bevezessük az oktatásban.

Mint mondtam, hiszek abban, hogy a matematikát igazából nem lehet részekre szabdalni, és a legizgalmasabb kérdések nem veszik figyelembe a különböző területek között lévő határokat. Augusztusban, Madridban, a matematikai világkongresszuson a Nemzetközi Matematikai Unió Fields-érmét négy fiatal tudós kapta meg. Háromnál nem is tudnám „definiálni", melyik területen dolgozik. Eredményeik egyszerre több terület problémáit és módszereit ötvöző ötleteken alapultak, és díjuk jelzi, hogy az egész matematikus közösség úgy érzi: az ilyen kutatásokra óriási szükség van. Szeretném tehát, ha a matematikai intézet tanszékei között minél több együttműködés lenne, és születnének közös kutatási projektek. Persze azokat, akik egyetlen területre koncentrálva tudnak alkotni, nem fogom zaklatni, de akik szívesen dolgoznak együtt, azok számára az intézeti struktúra előnyt jelent.

Szeretném azt is, ha az Akadémia Matematikai Kutatóintézetének munkatársai nagyobb szerepet kapnának az oktatásban, hogy a diákok minél több modern matematikát hallhassanak, és megismerkedhessenek területekkel, amelyeket az egyetemen nem művelünk. Ez is egy lépés lenne a már említett elitképzés megvalósítása felé.

A jövő tudósai

BEVEZETŐ

Tisztelt Olvasó!

A kutatók utánpótlásával – fiatal tudósokkal foglalkozó melléklet tizenhetedik számában elsőként a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács megalakulásáról és céljairól számolunk be. Tátrai Ágnes, a Bio-Science Kft. ügyvezető igazgatója pedig egy többéves példamutató kezdeményezés, a BioGén tábor munkáját ismerteti. Kérjük, ha a nők tudományban betöltött helyzetével vagy az ifjú kutatókkal kapcsolatos témában bármilyen vitázó megjegyzése vagy javaslata lenne, keresse meg a melléklet szerkesztőjét, Csermely Pétert a csermely@puskin.sote.hu email címen.

Csermely Péter
az MTA doktora
Semmelweis Egyetem, Orvosi Vegytani Intézet
csermely@puskin.sote.hu

MEGALAKULT A NEMZETI TEHETSÉGSEGÍTŐ TANÁCS

A tehetségeket sokan valamilyen elkülönült vagy elkülönítendő elitnek képzelik. Ebben annyi igazság van, hogy a tehetséges ember mindig egy rendkívül egyedi történet, hiszen éppen a tehetsége az, ami különlegessé, az átlagból kiemelkedővé teszi őt. Ennek ellenére a tehetség nem valamiféle kivételes sajátosság, ami csak nagyon keveseknek adatik meg. A modern társadalom olyan bonyolult kérdésekkel találkozik nap mint nap, amelyek megoldásához a lehető legkülönbözőbb fajta tudás- és képességformák mozgósítása kell. Így (meglehet: kis túlzással) azt mondhatom, hogy minden ember tehetséges, és az igazi feladat nem az, hogy kiválogassuk a tehetségeket a többiek közül, hanem hogy segítsük megtalálni mindenkinek azt, hogy éppen ő miben tehetséges. A tehetségekkel az állam nem tud mit kezdeni, hiszen az állam méretű óriás rendszerek az átlagos folyamatok kezelésére alakultak, amelyekből a tehetség egyedisége kezelhetetlenül kilóg. A tehetségsegítésnek tehát döntően civil feladatnak kell lennie, amelyet az állam optimális esetben megért és támogat.

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács azért alakult meg, mert a tehetséges fiatalokat segítő magyarországi és határon túli civil szerveződések száma az elmúlt évtizedben igen örvendetesen megszaporodott. Ezek a szervezetek a tehetség természetéből fakadóan igen sokrétűek: van, amelyik az óvodás korúakkal, és van, amelyik az egyetemet végzettekkel foglalkozik. Van, amelyik a tudományban felmutatott tehetséget fejleszti, és van, amelyik a ritka mesterségekben mutatott, vagy éppen a zenei tehetségre koncentrál. Van hagyományőrzőbb, és inkább a generációkon átívelő értékrendbeli örökségre neveli a tehetségeit, és van, amelyik a tehetséges fiatalok egyéniségét tartja a legfontosabb értéknek, és inkább a különféleségek közötti együttműködésre nevel.

Nem várhatjuk el semelyik tanárembertől, szülőtől vagy tehetségét éppen hogy próbálgató fiataltól, hogy a százféle szervezet százféle sajátosságát kiismerje, és rájöjjön arra, hogy neki ezek közül ép-

pen melyik való. Ezért is fontos az, hogy e szerveződések a róluk szóló információkat közösen is elérhetővé tegyék, és tanácsot adjanak a segítséget keresőknek abban, hogy milyen irányba kellene indulniuk. A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács egyik legfontosabb célkitűzése éppen ez. A Tanács azonban egy konzultatív fórum is, ahol a tehetségsegítő szervezetek a mindenkori magyar kormányzattal és a társadalom más képviselőivel egyeztethetik a tehetségek segítése céljából fontosnak tartott lépéseket. A kormány vállalta, hogy minden évben (a Tehetséges Magyarországért Alapítvány által kezdeményezett Tehetség Napján – március 25-én – Bartók Béla születésnapján) beszámol a Tanácsnak a tehetségek segítésének érdekében tett lépésekről. Ezzel a Tanács a kormányzati tevékenység e szeletének civil kontrollját is ellátja.

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanácsnak jelenleg a mellékelt táblázatban listázott 16 tagja van. Igen nagy öröm a számomra, hogy e szervezetek közül egy-egy szervezet a Felvidékről és Erdélyből, két szervezet pedig a Vajdaságból csatlakozott hozzánk. Keressük a kapcsolatot további határon túli (különösen Kárpátaljai) magyar tehetségsegítő szervezetekkel is.

A tanács nyitott, bármely olyan szervezetet vár a tagjai közé, amely megfelel az alábbi feltételeknek:

- a tevékenységük során elvégzi a tehetséges, 35 éven aluli fiatalok valamilyen szempont illetve eredmény alapján történő több (legalább két) -lépcsős szelekcióját, és az így különböző szelekciós szintekre került fiatalok vagy közösségeik munkáját, illetve a fenti kritériumnak megfelelő közösségek munkáját hosszabb időn át folyamatosan segíti;
- munkája legalább száz tehetséges fiatalra kiterjed;
- munkája nemcsak lokális, hanem több régióra is kiterjedő;
- munkáját legalább két éve folyamatosan végzi;
- a tehetségek kiválasztása és segítése te-

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács tagjai	Képviselő személy neve
1. Bethlen Gábor Alapítvány (Nagyenyed, Erdély)	Dvoracsek Ágoston
2. Bolyai Műhely Alapítvány	Havass Miklós
3. Bolyai Farkas Alapítvány a Magyarul Tanuló Tehetségekért (Zenta, Vajdaság)	Gajda Attila
4. Katolikus Pedagógiai Szervezési és Továbbképzési Intézet	Bajzák Eszter nővér
5. Kutató Diákok Országos Szövetsége	Sulyok Katalin, Daru János
6. Kutató Diákokért Alapítvány	Csermely Péter
7. Logos Alapítvány (kistérségi iskolák)	Rajnai Gábor
8. Magyar Innovációs Alapítvány	Závodszky Péter (Antos László)
9. Magyar Innovációs Szövetség	Pakucs János (Antos László)
10. Magyar Tehetséggondozó Társaság	Balogh László
11. Szlovákai Magyar Pedagógusok Szövetsége	Pék László
12. Országos Tudományos Diákköri Tanács	Szendrő Péter (Koósné Török Erzsébet)
13. Talentum Műhely (Győr)	Mentler Mariann
14. Tehetséges Magyarországért Alapítvány	Kállai Gábor
15. Tehetségpártolók Baráti Köre	Szendrő Péter (Lengyel Zsuzsánna, Murányi Andrea)
16. Vajdasági Magyar Pedagógusok Egyesülete (Géniusz mozgalom)	Muhi Béla

vékenysége deklarált elemét jelenti, és
- jogi személy.

Azért volt szükség arra, hogy a tanács tagságának feltételeit ilyen szűkre szabjuk, mert ha ezt nem tettük volna meg, igen rövid időn belül akár ezer fölé is nőhetett volna a tanács tagjainak a száma (hiszen akkor minden „jobb" iskolának a tanácsban lenne a helye, és melyik iskola nem tartja „jónak" magát?), ami rögtön működésképtelenséget okozott volna. Kérjük az Olvasót, ha tud olyan tehetségeket segítő szervezetről, amelyik véleménye szerint megfelel a fenti követelményeknek, adjon hírt róla a csermely@puskin.sote.hu email címen, hogy közvetlenül felvehessük vele a kapcsolatot.

Milyen feladatokat tűztünk magunk elé? A legsürgősebbek egyike a www.tehetsegpont.hu honlap feltöltése információkkal, és egy állandó tanácsadó telefonvonal biztosítása. Terveink szerint erre még idén sor kerül, így biztatom az olvasókat, hogy írják fel e honlap címét, és látogassanak el a honlapra az év vége felé. Szervezünk egy levelezőlistát, ahol célzott információkat juttatunk el a tehetségek segítése iránt érdeklődőknek. Erre is a fenti honlapon lehet majd jelentkezni. A terveink között szerepel egy országjárás, ahol a regionális Tehetségnapok alkalmat fognak adni a helyi tehetségsegítő kezdeményezések bemutatkozására. Meg fogjuk alapítani a tanács baráti körét, amely módot ad a munkát pártolóknak, hogy támogatásukat eljuttathassák hozzánk. Rengeteg tervünk van még, de úgy érzem hitelesnek, hogy ezekről majd akkor írjak, amikor már a megvalósulásukból is látszik valami.

Fontos vállalásunk, hogy a Magyar Tehetséggondozó Társaság Európa-szerte elismert elméleti felkészültségére alapozva összegyűjtjük és közzétesszük a tehetségek segítéséről megjelent kiadványokat, és összegzően elemezzük ezek tanulságait. E munka során a tanács áttekinti a tehetségek segítésének hazai és külföldi lehetőségeit, és hosz-szú távú tervet dolgoz ki e lehetőségek fejlesztésére pályázatokkal, valamint a kormány a tanáccsal kialakított partneri viszonyát rögzítő kormányhatározat alapján állami intézkedések kezdeményezésével. E terv néhány kezdeti és vázlatos (bizonyos részeiben már megvalósulás alatt is álló) elemét (a vitára való ingerlés szándékával is) az alábbiakban ismertetem:

1. A tehetséges fiatalok innovációs és menedzseri készségeinek fejlesztése szervezett programokkal és e programok kifejlesztését és elterjesztését segítő pályázatokkal.
2. Pályázat, illetve programcsomag kidolgozása a legkiválóbb tehetséggondozó programok segítésére, tapasztalataik elterjesztésére, a tehetséges nők speciális segítésére, a tehetséges fiatalok kapcsolatrendszere, társadalmi beilleszkedésük, önszerveződésük, vezetői készségeik fejlesztését segítő, önmagukat ellenőrző és fejlesztő kezdeményezések létrehozására és elterjesztésére. (Ennek részeként: a résztvevő fiatalok önszerveződését segítő források; érzelmi érettségre, a tehetséges létforma problémamentes megélésére felkészítő tréningek; kommunikációs és pályázati sikerstratégiákra tanító tréningek; „Tanítsd a családod – tanítsd a környezeted" program stb.).
3. A tehetségek felismerésének és segítésének szervezett oktatása a tanító- és tanárképzésben (kezdeményezőkészségre, kreativitásra, innovációs szemléletre nevelő iskolai képzési elemek).
4. Programcsomag kidolgozása a tehetséggondozó tanítók és tanárok és a kutató tanárok tehetséggondozással kapcsolatos tevékenységének segítésére. Ennek részeként: tehetséggondozási programokkal pályázható tehetséggondozási

normatíva bevezetése a közoktatásban a teljes tanulói normatíva egy ezrelékének erejéig. Pályázat meghirdetése a tehetséggondozással foglalkozó tanárok számára munkájukat segítő asszisztens felvételére. Fakultatívan választható egységes természetismereti képzés kidolgozása a közoktatásban.

5. Pályázattal elnyerhető tehetséggondozási normatíva bevezetése a felsőoktatásban a teljes hallgatói normatíva egy százalékának erejéig. A normatíva terhére pályázat kiírása a tehetséges hallgatók segítését és önszerveződését szolgáló kezdeményezések segítésére a felsőoktatásban. A MSc fokozatú képzés elterjedésével párhuzamosan főként a MSc-képzésben részt vevő, nemzetközi színvonalon kutató „MSc-tanári" gárda kialakulásának segítése az egyetemeken (tehermentesítéssel, kutatási segítséggel stb.). E tanárok kiemelt, átfogó szemléletet adó kurzusainak finanszírozása és látogathatóvá tétele a tehetséggondozásba bekerülő BSc-hallgatók számára is. Pályatárs program a fiatal tehetségek érvényesülésének elősegítésére.
6. A felsőoktatás tehetséggondozó kollégiumi rendszerének segítése. A Nemzeti Kiválóságok Kollégiumának átadása Budapesten és más régiókban. Pályázat átgondolása a szakkollégiumok szervezett tehetséggondozó munkájának (akár Felsőbb Tanulmányi Intézetként való) fejlesztésére.
7. Kiegészítő tudományos, illetve gazdasági-innovációs pályázati konstrukció kidolgozása középiskolai diákoknak és tanároknak a pályázatokon már sikeresnek bizonyult tudományos műhelyek, illetve kkv-k K+F munkájába való bekapcsolódására.
8. Program kidolgozása a fejlett országokban dolgozó tehetséges magyar fiatalok hazahozására és itthoni önálló tevékenységük biztosítására. A programterv spin-off és start-up cégek alapítását segítené elő, illetve inkubátorházat hozna létre a hazatérő, kiemelkedő fiatalok átmeneti elhelyezésére.
9. A tehetséggondozás gazdagításának állami terheit részben átvállaló „Tehetségalap" létrehozása. Adókedvezmény adásának átgondolása a Tehetségalapba befizetők számára, az örökösödési illeték és más járulékok eltörlése, ha az örökhagyó a Tehetségalapra hagyja vagyonának egy részét akár nevesített ösztöndíjak, illetve hozzájárulás céljára. A kiemelkedő tehetségek további előrehaladásába, külföldi tapasztalatszerzésébe befektető „Tehetség Rt." és az rt. által folyósított „tehetséghitel" megalakítása. Az rt. nyitott lenne, abba bármely érdeklődő cég vagy magánszemély beszállhatna, a tehetséghitelt megfelelő feltételek mellett a tehetséges fiatalnak későbbi sikereinek anyagi vonzatából vissza kellene fizetnie. E pénzügyi konstrukciók speciális segítséget adnának a tehetséges fiatalok spin-off és start-up cégeinek megalapításához is.

A kormány a tanács működésének elindítására 12 millió forintot szavazott meg. Hadd hangsúlyozzam azonban itt is, hogy a tanács messze nem kormányfüggő, hanem civil szerveződések által alapított, független szervezet, amelynek munkájában a mindenkori magyar oktatási és kulturális miniszter meghívottként vesz részt. A civil jelleg az anyagi források keresésében is megnyilvánul. Szinte még meg sem alakultunk, és már beadtuk az első pályázatainkat. A későbbiekben nagyon számítunk a tehetségeket pártoló cégek és magánszemélyek támogatására is. Meggyőződésem, hogy a tehetségek segítése a legnagyobb rátával megtérülő hosszú távú befektetés.

Csermely Péter

„BIOGÉN" TEHETSÉGGONDOZÓ TÁBOR

Egy ország számára a tehetséggondozás – mint közép- és hosszú távú stratégia – kiemelkedő jelentőséggel bír, mivel csak tervezetten és irányítottan biztosítható a tudás bővített újratermelése. A kérdés az, hogy kik, milyen közösségek, társadalmi szervezetek vállalnak szerepet abban, hogy időben felfedezzék és felmutassák a különleges tehetségeket, és hogyan, milyen keretek között tudják elősegíteni, támogatni e tehetségek kibontakozását, kiteljesedését. „A pszichológusok és a 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." (Báthory Zoltán)

Törvényszerű-e, hogy a gyermek- és a serdülőkor bőven buzgó tehetségforrása a felnőtté válás során elapadjon? Mit tehetünk annak érdekében, hogy ne kallódjanak el tehetséges fiataljaink? A közoktatási intézmények többnyire nem jól gazdálkodnak a tehetségekkel, hiába fogalmazódik meg évtizedek óta az igény ezzel kapcsolatban, a gyakorlat mégis azt mutatja, hogy a tanítási órák döntő többségében minden diák ugyanazt kapja, és ugyanazt csinálja. Ezért a színvonalas, egy-egy tudományterületre koncentráló nyári táboroknak, kurzusoknak már most is nagy szerepük van, és még nagyobb szerepük lehet a tehetséggondozásban.

A Magyarországon működő cégek között ma még egyedülálló az a tehetséggondozó BioGén tábor, amelyet 2003 nyarán indítottunk el. A Bio-Science Kft. a Semmelweis Egyetemmel (az egyetemen belül az I. sz. Belklinikával és az I. sz. Patológiai és Kísérleti Rákkutató Intézettel) karöltve már

A résztvevők egy csoportja

több mint száz tehetséges középiskolás számára tette lehetővé, hogy alaposabban, elmélyültebben tanulmányozhassa a genetika titkait. A diákok az egyhetes kurzus keretében bepillantást nyerhetnek a kutatók, a klinikák mindennapjaiba. Ezek a fiatalok (a középiskola második, harmadik és negyedik évfolyamaiból) az elméleti előadások keretében és a gyakorlatok során megismerkedhetnek a legmodernebb genetikai kísérleti módszerekkel. A tábor ideje alatt a résztvevők sejtekből izolálnak DNS-t, amelyet kísérleteik során különböző genetikai mutációk vizsgálatára, kimutatására használnak. A program részét képezik: citogenetikai kromoszómarendellenesség-kimutatások, sejthalállal kapcsolatos kísérletek, valamint különböző DNS-szekvencia vizsgálatok. A táborozók a laboratóriumi gyakorlatok során a legkorszerűbb technológiát használják. Az előadásokat a Semmelweis Egyetem kiváló oktatói – többek között Csermely Péter, Falus András, Kopper László, Lakatos Péter professzorok és Kósa János, valamint a Bio-Science Kft. diplomás, hozzáértő szakemberei tartják.

Abban bízunk és reménykedünk, hogy – bábaként – elősegíthetjük az új évezred nagy tudósainak megszületését.

Tátrai Ágnes
A Bio-Science Kft. ügyvezető igazgatója
tatrai.agnesbio-science.hu

Megemlékezés

PESCHKA VILMOS
1929–2006

Életének 77. évében, 2006. július 25-én elhunyt Peschka Vilmos egyetemi tanár, kutatóprofesszor, az MTA rendes tagja. Személyében a második világháború utáni hazai jogbölcselet kiemelkedő művelője távozott az élők sorából.

Peschka Vilmos Budapesten született 1929. december 17-én. Középiskolai tanulmányainak színhelye a nagyhírű óbudai Árpád Gimnázium, ahol kiváló tanárai voltak, köztük Szentkuthy Miklós író, műfordító, esszéista, aki nagy hatással volt nemcsak Peschka Vilmos irodalmi ízlésére, de életfilozófiájára is; nem véletlen, hogy kedves tanárának fényképe élete végéig a lakását díszítette. De hatott rá másik iskolája, a Császár uszoda is, ahol úszó- és vízilabda versenyzőként szerzett élettapasztalatokat. Mindkét iskolájához egész életében ragaszkodott.

Egyetemi tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Karán végezte, ahol 1954-ben summa cum laude eredménnyel szerzett diplomát. 1954 és 1957 között aspiránsként állam- és jogelméleti tanulmányokat folytatott. 1957. szeptember elsejétől az MTA Állam- és Jogtudományi Intézetének kutatója, kezdetben tudományos munkatárs, majd főmunkatárs, 1986-tól tudományos tanácsadó, később kutatóprofesszor, egészen 1999-ben történt nyugállományba vonulásáig.

1960-tól majd három évtizeden át az Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Karának Polgári Jogi Tanszékén oktatott, 1972-től egyetemi tanárként.

1958 januárjában védte meg *A jogviszonyelmélet alapvető kérdései* című kandidátusi disszertációját, amely a Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó gondozásában 1960-ban jelent meg. Jogforrás és jogalkotás című értekezésével 1968-ban megszerezte az állam- és jogtudományok doktora címet. Nem volt még ötvenéves, amikor – éppen harminc évvel ezelőtt – 1976-ban az MTA levelező tagjává választották. 1982-ban az Akadémia rendes tagja lett, székfoglalója Gondolatok a jog sajátosságáról címmel 1983. június 22-én hangzott el.

Peschka Vilmos a 20. század utolsó harmadának legkiválóbb hazai jogfilozófusa volt, akinek munkássága méltó folytatása a század első felében külföldön is méltán elismert három kiváló neokantiánus jogfilozófus, Somló Bódog, Moór Gyula és Horváth Barna tevékenységének. Első nagyobb műve, a jogviszonyelméletről szóló kandidátusi értekezése, már megmutatta legjobb oldalait: elsősorban azt, hogy úgy volt képes alapvető jogfilozófiai kérdéseket nagyon igényesen tárgyalni, hogy a gyakorlatban dolgozó gondolkodó jogászok is szívesen és haszonnal

olvassák. Már korai munkáiban szakított a szocialista normativizmussal, sőt kritikával illette azt. A korabeli hazai szakirodalomban különösen újdonságnak számított, hogy síkraszállt a bírói gyakorlat jogalkotó szerepének elismerése mellett. Álláspontja szerint a legfelsőbb bíróság jogszabály-értelmezés során meghozott elvi döntéseivel valójában jogot alkot, feltételezve azonban, hogy e jogalkalmazási jogalkotás jogforrásbeli helye és tartalmi határai pontosan meghatározottak.

Alkotó munkájának legtermékenyebb időszaka az 1970-80-as évekre esik. Tudományos tevékenysége alapvetően jogfilozófiai problémák vizsgálatára irányult, de több igényes polgári jogi tanulmányt is közreadott. A kortárs nyugat-európai jogbölcseletet bemutató A modern jogfilozófia alapproblémái című könyve (Gondolat Kiadó, 1972) szocialista viszonyok között úttörő vállalkozás volt. Ez a könyv mindmáig a legjobb magyarul olvasható áttekintés a jogfilozófia alapvető kérdéseiről, és még sokáig az is marad. Olyannyira, hogy az Akadémiai Kiadó gondozásában megjelentetett német fordítása alapján japánul is kiadták (Horicu Bunka Sa Co., Kjóto, 1981). Ekkor született alapvető monográfiája, A jogszabályok elmélete (Akadémiai Kiadó, 1979), amely a jog és a jogtudomány legalapvetőbb fogalmát, a jogi normák elméletét tárgyalja, úgy, hogy a jogfilozófiában jártas olvasónak legalább olyan izgalmas olvasmány, mint amennyire érdekes és hasznos a gyakorlati jogász számára. Ez csak igazán a nagy jogbölcseleti művekről mondható el. Ugyanilyen izgalmas olvasmány ma is a *Max Weber jogszociológiája* című, megjelenésekor úttörő, ma klasszikus írása (Akadémiai Kiadó, 1975). Peschka Vilmos számára több mint jogbölcseleti kérdés volt az erkölcs és a jog kapcsolata: ő ugyanis, írásaiban éppúgy, mint életében, nagy moralista volt – mint a jog és erkölcs közötti szükségszerű kapcsolatot tagadó jogfilozófusok között számosan. Elvetette a jog immanens erkölcsi értékét és igazságosságát valló nézeteket – erre tapasztalatai alapján jó oka volt –, de a morális kérdések, talán éppen ezért, alapvetők voltak számára. Erről tanúskodik *Az etika vonzásában* (1980) című kötete, amely etikai tárgyú írásait foglalja össze. Válogatott tanulmányai Jog és jogfilozófia (Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1980) címmel jelentek meg. Ebben olvasható 1968-ban megjelent alapvető tanulmánya, a Célszerűség a munkafolyamatban és a jogi normában – jogfelfogásának alapvető kifejtése.

Peschka átfogó, rendszert alkotó jogfilozófiai műve A jog sajátossága (1988). A cím nyomán az értő olvasóban Lukács György nagy műve, *Az esztétikum sajátossága* idéződik fel. Az utalás nem véletlen: Peschka Lukács György tisztelője és követője is volt – de nem osztotta mindenben Lukács nézeteit. Közös volt gondolkodásukban az antisztálinista és leninizmustól mentes marxizmus – amit akkor nyugati marxizmusnak neveztek –, valamint a klasszikus német filozófiai hagyomány és általában a német műveltség meghatározó szerepe. Peschka marxista volt, de (Lukáccsal ellentétben) nem volt kommunista. Ezt világosan kimondta 1966-ban megjelent Marxista és szocialista jogelmélet című tanulmányában. Tény, hogy Peschka munkássága a világon legismertebb magyar filozófus, Lukács György egyetlen méltó párja a jogfilozófiában.

Az 1990-es években publikált könyvében, az *Appendix 'A jog sajátosságához'* (Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1992) a jogi hermeneutika eredményeivel foglalkozott.

Peschka Vilmos számára az esztétikum alapvető érték volt. Szenvedélyesen szerette az irodalmat, olvasottsága lenyűgöző volt: társaságban szívesen idézte Shakespeare-t (Szentkuthynak hála, eredetiben), Goethét, Thomas Mannt, Heltai Gáspárt vagy Adyt. Budai, Herman Ottó utcai lakásában roskadoztak a polcok a példás rendben elhelyezett könyvektől, amelyek között a jogi és filozó-

fiai munkák mellett megtalálhatók voltak mind a hazai és a külföldi klasszikusok, mind pedig a legmodernebb irodalmi alkotások, mert a kortárs irodalmat is rendszeresen olvasta. De éppúgy értette és szerette a zenét és a képzőművészeteket, a színházat is. Egy barátja ironikusan jogesztétának nevezte – amit ő büszkén vállalt. Joggal, mert az is volt.

Talán ezért is esett rá a választás az 1980-as években, hogy ő legyen Akadémiai Kislexikon (I-II. Akadémiai Kiadó, 1990) egyik főszerkesztője, de éppily természetes volt, hogy a Jogi Lexikon (Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1999) társfőszerkesztője lett.

Peschka Vilmos a hazai és a külföldi tudományos közélet aktív szereplője volt. Korábban tagja volt az MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottságának, az Állam- és Jogtudományi Bizottságnak; évtizedeken át pedig elnöke volt a TMB Állam- és Jogtudományi Szakbizottságának. 1992 óta az Acta Juridica Hungarica főszerkesztőjeként is tevékenykedett. Haláláig a Nemzetközi Jogfilozófiai Társaság (IVR) Magyar Szekciójának elnöke, 1983 és 1987 között a Társaság igazgató tanácsának tagja, 1978 óta pedig az *Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie* szerkesztőbizottságának tagja volt.

Életművéért 2001-ben Széchenyi-díjjal tüntették ki.

Szívesen foglalkozott fiatalokkal. Tanítványainak munkáit gondosan áttanulmányozta, pályájukat okos tanácsaival segítette. Szívesen elolvasott minden kéziratot, amiről véleményét kérték – bárki is volt a szerző. Noha az egyik legnagyobb élő magyar jogfilozófus volt, jogbölcseletet egyetemen sohasem oktathatott.

Igazi társasági emberként sok barátja volt, szerette a baráti összejöveteleket, a nagy beszélgetéseket; megtiszteltetésszámba ment, ha valakit barátjává fogadott. Évtizedek óta eseményszámba mentek az Akadémia balatonalmádi üdülőjében általa szervezett jogász-történész focimeccsek, amelyekre a régi barátok mindig eljöttek, lettek légyen időközben miniszterek, államelnökök, legfőbb ügyészek, rektorok vagy az Akadémia elnöke.

Csak legközelebbi barátai látták: a társasági ember a lelke mélyén igencsak zárkózott és magányos, s ezt szeretett feleségének 1998-ban történt elvesztése csak fokozta.

Imádta a Balatont. Kegyes volt hozzá a sors, egy szép tóparti nyaralás közben, álmában érte a halál.

Óbudai polgárnak született, s kívánságára az óbudai temetőben alussza örök álmát. Temetésén – Ő akarta így – csak legszűkebb rokonsága lehetett jelen. Barátai, tanítványai, volt munkatársai, tisztelői csak gondolatban búcsúzhattak Tőle.

Lamm Vanda
az állam- és jogtudomány doktora
MTA Jogtudományi Intézet

Kitekintés

A PLÚTÓ TRÓNFOSZTÁSA

A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) augusztus végi közgyűlése új meghatározást adott a bolygók fogalmára. A Plútót 1930-ban fedezték fel, akkor az IAU bolygónak minősítette, bár nem létezett pontos meghatározás arra, milyen égitest tekinthető bolygónak. A Plútóról idővel kiderült, hogy a Neptunuszon túli jeges kisbolygóöv, a Kuiper-öv egyik tagja. A kisbolygóövben jelenleg kb. ezerötszáz testet ismerünk, ezek között a Plútónál nagyobb égitestet is fedeztek már fel. A bolygófogalom tisztázása akkor vált sürgetővé, amikor 2005 nyarán felfedeztek egy a Plútónál 10 %-kal nagyobb, a Naptól még távolabb keringő testet. A *Xena* becenévvel illetett jeges test lenne a Naprendszer tizedik bolygója?

Az IAU egy szakbizottságot bízott meg a definíció kidolgozásával. Javaslatuk szerint minden, a Nap körül keringő testet, amely elég nagy tömegű ahhoz, hogy gravitációjának hatására gömb alakúvá váljon, bolygónak kell tekinteni. Eszerint az eddigi kilenc bolygó mellett bolygónak minősült volna „Xena", továbbá a Ceres is, a Mars és a Jupiter között keringő kisbolygók legnagyobbika, valamint a Plútó Charon holdja. A ma ismert bolygók száma tehát tizenkettőnek adódott, és ez a szám nőhet, ha a jövőben újabb nagy testeket fedeznek fel a Kuiper-övben.

A közgyűlés éles és szenvedélyes viták után más meghatározást fogadott el. A definíciót újabb követelménnyel egészítették ki: a bolygónak olyan nagy a tömegvonzása, hogy keletkezése idején „tisztára söpörte" a környezetét, nem maradt törmelékzóna, hasonló méretű égitest a közelében. Így már csak nyolc bolygó maradt a Naprendszerben, a Plútó, a Ceres, a Xena mostantól a törpebolygók közé tartoznak. Az új meghatározást sokan vitatják, aláírásgyűjtési kampányt indítottak annak érdekében, hogy az IAU jövőre alaposabb előkészítés után tűzze újra napirendre a bolygók definícióját.

Schilling, Govert: Underworld Character Kicked Out of Planerary Family., Science. 313, 1 September 2006. 1214–1215.

J. L.

ÚJ MEGOLDÁS HIDROGÉN TÁROLÁSÁRA

A hidrogént egyre inkább a jövő alternatív energiaforrásának tekintik. Alkalmazásának széleskörű elterjedését a biztonságos, hatékony tárolási megoldások hiánya hátráltatja. Ígéretes megoldás született: a hidrogén tárolása molekuláris klaszterek segítségével, a tárolás és a szabaddá tevés könnyen kézben tartható egyszerű kémiai reakciókkal vagy elektromos árammal.

Az egyik legsikeresebb megoldás a hidrogén hidrid formában való tárolása. Fémötvözetek nyelnek el és zárnak magukba nagy mennyiségű hidrogént, a fém és a hidrogén fém-hidrid vegyületet alkot. A hidrogén kiszabadítása hőenergiát, energiabefektetést igényel, az eddig vizsgált esetekben 1 atm nyomáson 300 °C hőmérsékletre volt szükség. Az új megoldásban használt molekula magja 6 ródiumatomból

áll. Ezekhez 12 hidrogénatom kapcsolódik. Ez a klaszter képes két hidrogénmolekulát elnyelni, így egy 16 hidrogénatomot tartalmazó klaszter jön létre. Az elnyelési folyamat szobahőmérsékleten, 1 atm nyomáson kb. 10 percig tart, ezután a molekulák hetekig magukban tartják a felvett hidrogént. A hidrogén kinyerése viszont lassú, hetekig tartó folyamat. Az új felismerés szerint a hidrogén kiszabadítása drámaian felgyorsítható a klaszter oxidációs állapotának megváltoztatásával. Redukáló ágenst hozzáadva, a 16 hidrogénatomos molekula elenged 1 hidrogénmolekulát, a keletkezett 14 hidrogénatomos molekula pedig oxidáló ágens hatására engedi el a másik, korábban elnyelt hidrogénmolekulát. A redukálás és oxidálás lépései közvetlenül is végrehajthatók az elektródoktól átvett elektronokkal. A hidrogén kilépése milliszekundumok alatt végbemegy.

A ródiumrendszerre alapozott tároló saját súlyához viszonyítva csak 0,1 % hidrogént képes megkötni. Az USA Energiaügyi Minisztériuma 2010-re 6 % súlyarányos tárolókapacitással bíró hidrogéntárolókra számít. Ennek eléréséhez további intenzív anyagtudományi kutatásokra lesz szükség.

Takimoto, Masanori – Hou, Zhaomin: Hydrogen at the Flick of a Switch. Nature. 443, 28 September 2006. 400–401.

Brayshaw, Simon K. et al.: Storing and Releasing Hydrogen with a Redox Switch. Angewandte Chemie International Edition. 11 Sept. 2006. 45, 36, 6005–8

J. L.

TÚLSÚLYOS SZUPERNÓVA

Ia típusú szupernóvarobbanás megy végbe, ha egy fehér törpe csillag nukleáris fűtőanyaga kimerült, már csak szénből és oxigénből áll, és anyagot ragad magához egy közeli csillagból. A fehér törpe összehúzódik, sűrűsége és hőmérséklete megnő, mindaddig, míg egy határértéket elérve felrobban, anyaga szétszóródik. A határ 1,4 naptömegnél van, ez a Chandrasekhar-határ. A fúziós folyamatban kb. 0,6 naptömegnyi anyag radioaktív nikkel-56 izotóppá alakul át, ez több lépésben stabil vas-56 izotópra bomlik le. A bomlás során felszabaduló energia forró állapotban tartja a kirepülő anyagot, a fényesség csúcsértéke nagyobb lesz milliárd Nap fényénél. Andrew D. Howell és munkatársai olyan szupernóvát fedeztek fel, amely túl fényes ahhoz, hogy 1,4 naptömegű lehetett volna. Ez az első bizonyíték egy Chandrasekhar-határt átlépő, „szuper-Chandra" szupernóva létezésére.

Az Ia típusú szupernóvák fontos szerepet töltenek be a csillagászatban, segítségükkel tárják fel a világegyetem tágulásának történetét. Nagy fényességük miatt messziről látszanak, ezért messze mehetünk vissza az időben. Az elmúlt években Ia típusú szupernóvák vizsgálata során derült fény az Univerzum tágulásának gyorsuló ütemére. A gyorsuló tágulás magyarázata az egyelőre ismeretlen sötét energia lehet, ezért mind több Ia típusú szupernóva felderítése segíthet a sötét energia mibenlétének tisztázásában.

A rendhagyó szupernóva megfigyelt emissziós és optikai spektruma alapján biztosan Ia típusú. Fényességének csúcsértéke viszont 2,2-szer nagyobb egy tipikus Ia robbanás fényességénél. Ehhez a fényességhez 1,3 naptömegnyi anyagnak kellett nikkel-56 izotóppá alakulnia, a teljes kilövellt tömeget 2,1 naptömegre becsülik. A valószínű magyarázat szerint a társcsillagtól átvett anyaggal extra impulzusmomentumot vett át a fehér törpe, ezért gyorsabban kezdett forogni. A gyorsabb forgás további támogatást jelentett a gravitációs hatással szemben, ez tette lehetővé, hogy a fehér törpe túlsúlyossá váljon. Az elérhető maximális tömeg attól függ, hogyan forog a fehér törpe. Ha

nem egyetlen szilárd testként forog, hanem egyes részei eltérő sebességgel forognak, akkor a forgás akár négy naptömegnyi, a Chandrasekhar-határt jóval meghaladó fehér törpe kialakulását is lehetővé teszi.

Az eddigiektől eltérő viselkedésű szupernóva felfedezése nem teszi kétségessé a Világegyetem tágulására eddig gyűjtött adatokat. Az elemzéseknél azonban figyelni kell arra, hogy ilyen rendkívüli szupernóvák adatait ne vegyék figyelembe.

Branch, David: Champagne Supernova. Nature. 443, 21 September 2006. 283-84
Howell, Andrew D. et al.: The Type Ia Supernova SNLS-03D3bb from a Super-Chandrasekhar-mass White Dwarf Star. Nature. 443, 21 September 2006. 308-11

J. L.

GENETIKA ÉS DEPRESSZIÓ

Vajon mitől függ, hogy egy jól ismert és gyakran alkalmazott depresszió elleni szer hatékony-e valakinél vagy nem? Hogyan játszik szerepet ebben az illető örökletes anyaga? A Cornell Egyetem kutatói (Weill Medical College) kidolgozták egy olyan genetikai teszt alapjait, amelynek segítségével megjósolható, hogy a fluoxetin hatóanyagot tartalmazó gyógyszerektől várható-e hatás egy adott betegnél. Azért lenne jelentős egy ilyen teszt, mert a depressziós, szorongó embereknek hetekig szedniük kell egy gyógyszert, míg kiderül, hogy számukra hatékony-e.

Kutatók egy olyan gént vizsgáltak, amelynek mutációja hajlamosít a szorongásra és a depresszióra. A mutáció a kaukázusi rassz tagjainak 20-30 százalékában fordul elő. A Francis Lee által irányított kutatásokban olyan genetikailag módosított egereket hoztak létre, amelyek tartalmazzák a BDNF nevű emberi gén mutációját. Az állatok szorongó és kedélybeteg magatartást mutattak, nemigen érdekelte őket a külvilág – a fluoxetin antidepresszánssal történő kezelés nem javított az állapotukon. Lee-ék szerint kísérleteikből levonható az a következtetés, hogy azok az emberek, akik ugyanilyen mutáns génnel rendelkeznek, feltehetően rosszul reagálnak az olyan depresszióellenes szerekre, amelyek a fluoexetinnel azonos hatásmechanizmussal rendelkeznek, azaz gátolják a szerotonin nevű idegingerület-átvivő anyag idő előtti eltűnését a szinapszisokból (szelektív szerotoninvisszavétel-gátlók).

Korábbi vizsgálatok egyébként a BDNF génről azt állapították meg, hogy egy olyan fehérje termelését irányítja, amely az idegrendszer plaszticitásában, idegsejtek közötti új kapcsolatok kialakításában vesz részt. Ennek jelentősége van a stressz leküzdésében. Lee következtetése, hogy az ilyen hatásmechanizmusú szerek normális körülmények között fokozzák a BDNF által kódolt fehérjék jelenlétét, a mutáns gének működését azonban nem képesek befolyásolni.

Az utóbbi időben több publikáció is megjelent arról, hogy az antidepresszánsok a korábbi elképzelésekkel ellentétben nem azzal javítják a betegek állapotát, hogy növelik vagy fenntartják az agyban a szerotonin „boldogsághormon" szintjét, hanem hogy bizonyos agyterületen segítik az új idegi kapcsolatok kialakítását.

Chen, A.-Y. et al. Science. 2006, 314, 140-43

G. J.

A DOHÁNYZÁS A VESÉNEK SEM JÓ

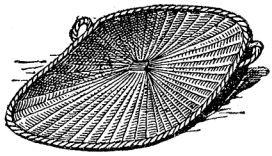
Amerikai kutatók felfedezték, hogy a vesékben is vannak a nikotin megkötésére molekulák. Ez azt jelenti, hogy a nikotin a vesét is pusztíthatja, ami alátámasztja azt a régi megfigyelést, hogy a dohányos vesebetegeknek rosszabbak az életkilátásaik, mint a nem dohányzóknak. Dr. Edgar A. Jaimes (University of Miami, School of Medicine) eredményeiről október elején számolt be az Amerikai Szív

Társaság idei konferenciáján San Antonióban. A nikotinreceptorokat a vese szűrő egységein, az ún. vesetestecskék bizonyos sejtjein találták meg. Éppen azokon a sejteken, amelyek a vesebetegekben vesekárosító anyagokat – kollgén, fibronektin – termelnek. Amikor a kutatók vesesejtekhez annyi nikotint adtak, amennyi megfelel egy átlagos dohányos vérében keringő mennyiségnek, a sejtosztódás 30 százalékkal, míg a károsanyag-termelés pedig 50 százalékkal emelkedett. Ha azonban a nikotinkötő helyeket blokkolták, azaz más molekulákkal elfoglaltatták, ezek a hatások mérséklődtek. A vesebetegeknek tehát mindenképpen érdemes felhagyniuk a dohányzással.

www.americanheart.org

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



Könyvszemle

Berzeviczy Gergely: A közgazdaságról

Magyar Közgazdasági Klasszikusok sorozat egyik legújabb kötete az 1800-as századforduló polihisztor gondolkodójának, Berzeviczy Gergelynek szakkörökben is kevéssé ismert gazdaságelméleti munkájának megjelentetése. *A közgazdaságról* című művet eredetileg latin nyelven írta a szerző, a szöveg kéziratban maradt hátra, az eddigi egyetlen magyar nyelvű kiadás több mint egy százada látott napvilágot.

A sokoldalú tudóst a magyarországi szociológia és néprajz éppúgy egyik legjelentősebb előfutárának, korai képviselőjének tartja, mint a közgazdaságtan. Ebbe a tudományági felsorolásba a társadalomtudomány egyéb területei is beleértődnek, a statisztika például éppúgy, mint a demográfia.

Berzeviczy életútja, a felvilágosodás kori gondolkodó kor- és jellemrajza a ma élő értelmiségi generációk, főként történészkörök számára elsősorban a nemrég elhunyt H. Balázs Éva munkássága nyomán vált ismertté. A közgazdász-gondolkodó Berzeviczy első nagy reneszánsza egy századdal korábbi ugyan, ám kevésbé él a mai kutatók tudatában. Az 1800-as évek végén még Kautz Gyula tisztelte meg a „nemzetgazdasági első remekírónk" címmel, s az akkori századforduló neves nemzetgazdaságtanprofesszora, Gaál Jenő tette közkinccsé a többnyire latinul vagy németül író Berzeviczy közgazdasági írásait magyar nyelven, 1902-ben.

A család ősi kastélyában, a tátrai Kakaslomnitzon 1763-ban született Berzeviczy életútja a kor neves tudósainak tipikus állomásait és szomorú fordulóit is magában foglalja. Magyarországi líceumi, göttingai egyetemi tanulmányok, nagy európai körút hosszabb angliai, franciaországi, belgiumi tartózkodással, személyes kísérlet II. Józsefnél, hogy tapasztalatait megfelelő szinten hasznosíthassa a jozefin-reformokban, a központi államigazgatásban. Majd családi támogatással marad a budai helytartótanács, s a félsikert hozó politikai ambíciók után, a Martinovics-féle jakobinus összeesküvés hullámveréseinek bonyodalmait elkerülendő, visszatérés a családi birtokra, ahol elismerést hozó művei megszülettek.

Berzeviczy göttingai tanárai – főként a statisztikus, történész August Ludwig von Schlözer, a nemzetgazdász Johann Beckman és a filozófus Johann Georg Heinrich Feder – révén, továbbá tehetségének, műveltségének és széles látókörének köszönhetően megismerte a korabeli közgazdasági gondolkodás legfrissebb eredményeit. Az 1797-ben megjelent A *Magyarország kereskedelméről és iparáról (De commercio et industria Hungariae)* című latinul írt, s néhány évvel később Weimarban németül is kiadott művét az első, magyar szerzőtől származó önálló közgazdasági szakkönyvként tartjuk számon. Általa hirtelen nagy ismertségre tett szert. E mű alapján választotta a Göttingai Tudós Társaság is tagjai közé 1802-ben. *A parasztok állapotáról és természetéről Magyarországon* (*De conditione et indole rusticorum in Hungaria,* latinul, 1806) c. könyvét Schlözer a Göttinger Gelehrten Anzeigenben, Engel a hallei Literatur-Zeitungban, Rumy a lipcsei

Literatur-Zeitungban ismertette. Gazdaságelméleti munkásságának most megjelent fő művét, eredeti címén a *De Oeconomia Publico Politica*-t élete alkonyán, 1819-ben írta. A cenzúra útvesztőjében a kézirat elveszett. Berzeviczy 1822-ben bekövetkezett halála is közrejátszott abban, hogy a kiadás akkor elmaradt. A műnek kiemelt fontosságot ad, hogy ez a tudományág elméletének első ismert magyarországi összefoglalója, arról tanúskodva, hogy itt is megindult az önálló gazdaságtani eszmefejlődés, s terjedt az akkor legkorszerűbbnek tartott smithi rendszer, még ha a korabeli német felfogás néhány átértelmezési-kiegészítési kísérletén átszűrten is.

A szakirodalmi tartalmon kívül egy határozott tudósi ars poetica is megfogalmazódik benne: „[…] én nem tetszeni, hanem használni akartam. Azt, amit igaznak, jogosnak, hasznosnak ismertem fel, azt teljes alázatossággal, mint törvényesen megvalósítandó előnyt javasoltam édes hazámnak. Ha pedig annak javára híven írtam, vagy híven cselekedtem, úgy hiszem, nem dicséretet érdemlek, hanem a mulasztás vétkétől mentesítem magamat". (130.) Schlözer már göttingai végbizonyítványában is megjegyezte róla, hogy a Landmannschaft a monarchiából ott lévő hallgatók általános jó hírét magatartásával erősítette.

A könyv kísérő tanulmányt közöl Berzeviczy főbb gazdaságelméleti nézeteiről Horváth László tollából, ő végezte el Gaál magyar nyelvű fordításának korszerűsítését is. (Berzeviczy Gergely: *A közgazdaságról*. Magyar Közgazdasági Klasszikusok sorozat. Bp., Aula Kiadó, 2006. 130 p.)

Bekker Zsuzsa
tanszékvezető egyetemi tanár
Budapesti Corvinus Egyetem

Erwin Kuntz – Hans-Dieter Kuntz: Hepatology, Principles and Practice

2006-ban jelent meg Erwin Kuntz és Hans-Dieter Kuntz *Hepatology, Principles and Practice* című kézikönyvének 2. kiadása a Springer Medizin Verlag (Heidelberg) kiadásában.

Dr. Hans-Dieter Kuntz korai halála miatt a 2. kiadást már teljes egészében Prof. Dr. Erwin Kuntz állította össze, harmincéves klinikai gyakorlat és további húszéves tanácsadó tevékenységgel a háta mögött.

A kézikönyv német nyelven 1999-ben jelent meg. Az első angol kiadás 2002-re készült el. A 2. kiadás 477 színes ábrát és további 306 színes táblázatot és mintegy 7000 irodalmi idézetet tartalmaz, amelyek közül mintegy 1500 nem szerepelt még az első kiadásban. A kötet több mint 900 nagyméretű oldalt tesz ki, a színes ábrák száma több mint egyharmadával nőtt az előző kiadáshoz képest.

A munka a hepatológia negyedik (biomolekuláris) fejlődési szakaszába sorolható. A bizonyítékokon alapuló orvostudomány szemléletével készült a kézikönyv. A szerző kihangsúlyozza, hogy a májbetegségekkel az orvosnak csak az empíria, az intuíció és a logika birtokában szabad csak foglalkoznia.

A bevezetés három rövid fejezetből áll: a hepatológia története, a máj morfológiája, valamint a máj működésének a biokémiája.

A májbetegségek diagnosztikája összefoglalja a klinikai leleteket, a laboratóriumi adatokat, az ultrahang diagnosztikát, a biopsziának, laparoszkópiának a radiológiai és szcincigráfiás diagnosztika szempontjait. A fejezet a neurológiai és pszichológiai diagnosztika összefoglalásával fejeződik be.

Külön részt szentelnek a szerzők a tüneteknek és szindrómáknak. Ennek a résznek

különös jelentősége van az orvostovábbképzés szempontjából. Tíz fejezet alkotja ezt a részt: a hepato- és splenomegália, a sárgaság, cholestasis, portális hipertenzió, a máj eredetű enkefalopátia, az ödéma és ascites, a hepatorenális szindróma, a hepatopulmonáris szindróma, a koagulopátia és vérzékenység, végül a heveny és idült májelégtelenség leírása teszi ki a kötet mintegy ötödrészét.

A májbetegségek klinikai vonatkozásai talán a legfontosabbak mind a szakemberek, mind az orvostovábbképzés szempontjából. A kötetnek több mint fele ezekkel a kérdésekkel foglalkozik. A klinikai és morfológiai elveket követően a heveny vírusos májgyulladások, majd a heveny vírusfertőzéseket kísérő májgyulladások leírása következik. Három ritkán tárgyalt, azonban az infektológusoknak és mikrobiológusoknak igen fontos három fejezet következik. A máj bakteriális, parazitás és gombafertőzéseinek leírása. Kevesen gondolnák, hogy Magyarországon is leírtak olyan Mycoplazma pneumoniae által okozott májgyulladást, ami a mycoplasmafertőzésre jellemző semmilyen más elváltozással nem járt (Seress et al., 2003).

A logikai rend a kötetben a májtályogokról szóló, számos kórokozó által kiváltott, megbetegedéseket összefoglaló fejezet beillesztését követelte. Munkaegészségügyi szempontból is jelentős fejezetekben a szerző az alkohol okozta, gyógyszereredetű, toxikus anyagok hatására, valamint az anyagcsere és tárolási betegségek által kiváltott májkárosodásokat foglalja össze. Az epeútgyulladás és diszplázia következményeit és az autoimmun hepatitisz jellegzetességeit írja le a következő két fejezet. Végül a krónikus májgyulladás, a májcirrózis, majd a jóindulatú májelváltozások és benignus májdaganatok összefoglalása és a rosszindulatú májdaganatok problémaköre képezi a következő négy fejezet témakörét.

A végső fejezetek a máj szisztémás betegségekben betöltött szerepével, a kardiovaszkuláris és májbetegségek összefüggéseivel, valamint a gyógykezelés alapelveivel foglalkozik. *(Erwin Kuntz és Hans-Dieter Kuntz Hepatology, Principles and Practice. Springer Medizin Verlag Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006)*

Berencsi György
az orvostudományok doktora

Seress Ildikó – Younes, A. S. – Brojnás J. – Berencsi Gy. – Nagy-Majtényi L. (2003): Serological Markers of Hepatitis Viruses in Patients and Contacts from a Low Prevalence Population in South Hungary in 1994-2001. Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine. 9, 243–252.

Mikor a filozófus és az uralkodó…

Az Avicenna Intézet *Monumenta et Monographiae* című sorozatának V. köteteként jelent meg a *The Correspondence between Aristotle and Alexander the Great. An Anonymous Greek Novel in Letters in Arabic Translation* című munka Maróth Miklós kritikai kiadásában (arab rész 1-149) és kísérő tanulmányával (angol rész 1-112).

A bölcsek erényei Nagy Sándor napjaiban című munka bizonyos részei hosszú ideje ismertek a tudományos kutatás számára. A gyűjtemény, amely formálisan Arisztotelész és Nagy Sándor leveleit tartalmazza, rendkívül izgalmas kérdéseket vetett fel az arab nyelvű politikai irodalom sajátosságai tekintetében. Egyfelől pedagógiai elbeszélések sorozatát tartalmazza, amelyek révén a filozófus Arisztotelész, az uralkodó Nagy Sándor számára fontos erkölcsi tanításokat

és intelmeket fogalmaz meg, másfelől pedig jól felismerhető politikai filozófiai munkának tekinthető, amennyiben bizonyos részeiben az állam, a hatalom, a háború stb. politikai kérdéseivel foglalkozik. A teljes szöveg azonban mindeddig csak kéziratokban állt a kutatás rendelkezésére, így a további elmélyült kutatás érdekében mind sürgetőbbé vált a teljes corpus megismerése, illetve a szöveg kiadása. Maróth Miklós kritikai kiadása ennek a feladatnak tett eleget, de a terjedelmében jelentős kísérő tanulmány is lényeges és új eredményekkel gazdagította ismereteinket az iszlám kultúra kialakulásában meghatározó szerepet játszó görög-arab kölcsönhatás ezen aspektusával kapcsolatban. Mindenekelőtt azzal, hogy a korábbi kutatók álláspontjával szemben a teljes művet önálló egységes irodalmi műnek, teljes egésznek fogta fel. Maróth Miklós álláspontja szerint ugyanis a szövegkiadás tárgya egy levelek (levélfüzér) formájában megfogalmazott regény, amely mint ilyen foglalja magába az Arisztotelésznek tulajdonított írásokat, illetve Nagy Sándor élettörténetét. S így egységes filozófiai curriculum formájában jelenik meg az olvasó számára (98.).

Ismert, hogy a középkori latin nyelvű Európában a politikai irodalom keresett és sokat tanulmányozott munkája, a Pszeudo-Arisztotelész nevével jelzett Secreta Secretorum (Sirr al-asrÁr) arab forrásokra megy vissza. A Sirr az újonnan kiadott kötet nyolcadik fejezeteként, A közösség vezetése cím alatt a mű legfontosabb és legterjedelmesebb részét képezi. De ezen túlmenően, a további részeket is pszeudo-arisztotelészi munkáknak tekinti a kutatás. Ezek: Arisztotelész végrendelete, Értekezés a városok vezetéséről és a De mundo. A levélregény tartalmi és logikai egységét Nagy Sándor életrajza biztosítja, s ebben az előadásban ez a négy értekezés az életrajz egy-egy jelentősebb fordulóján kap szerepet. Ez a forma, ahogy Maróth Miklós hangsúlyozza, jól ismert oktatási eszköz a filozófiai írások készítésének oktatására, és mint ilyen, a késői görög rétoriskolák képzési programjának részét képezte. Azt is mondhatjuk, hogy ez a forma a filozófiai ismeretek terjesztése eszközének funkcióját töltötte be a görög írásbeliségben. S talán ezt az életrajzra épülő, fokozatos tanulási, ismeretelsajátítási mintát követi Ibn Tufajl is A természetes ember (Hajj ibn Jakzán) című munkájának alapszerkezetében.

A bevezető tanulmány jelentős részét a görög rétoriskolai hagyományokban szereplő, jól ismert és sokféleképpen kutatott görög levélregény és A bölcsek erényei Nagy Sándor napjaiban című munka összevetése foglalja el. A könyv ebben a kontextusban jellemző formai párhuzamokat mutat, és ez valószínűvé teszi, hogy a késői görög irodalom érett levélregényének egy mintapéldányával van dolgunk. A mű narratív szerkesztése, a sztoikusokéra emlékeztető stílusjegyei megalapozzák és bizonyítják ezt a hipotézist.

Maróth Miklós értelmezése szerint a szöveg a görög levélregény hagyományaihoz kapcsolható, mégpedig úgy, hogy az arab változat egy feltételezett, de nem ismert eredeti görög munka fordításának tekinthető.

Minthogy azonban az eredeti szöveg elveszett, külön kell választani a szerzőség és a fordítás problémáit. A szerzőséggel kapcsolatban azt valószínűsíti, hogy a szöveget a Kr. u. 6. században állította össze egy szír keresztény, akinek meghatározó görög kulturális képzettsége volt. Ennek bizonyítása során a szöveg stilisztikai jegyeire támaszkodik, melyek a nazianzuszi Gregorius rétoriskolájának sajátosságait mutatják (33.). A fordítással kapcsolatos kérdéseket elemezve megállapítja, hogy minden valószínűség szerint a Kr. u. 8. század közepén készítették. S minthogy nem

állnak rendelkezésünkre adatok a fordító személyére vonatkozóan, a vele kapcsolatban felmerülő kérdések tisztázása során csak a stilisztikai, szóhasználatbeli megfigyelésekre lehet támaszkodni. Ezekből arra következtet, hogy a fordító minden bizonnyal keresztény vallású volt, amit például a keresztény körökben használt maÎabba 'szeretet' vagy 'afw 'megbocsátás' szavak használata bizonyít. Ezzel együtt megjegyzi, hogy a fordító valószínűleg a körülmények szorításában jellemző koráni kifejezéseket is alkalmazott a munka során, mint például naÓr allÁh, 'Isten segítsége a győzelemre'.

A kísérő tanulmány másik jelentős része az arab-iszlám kultúra története szempontjából vizsgálja A bölcsek erényei című művet. Ennek során Maróth Miklós megállapítja, hogy ez a szöveg az első, görögből arabra fordított művek közé tartozik. Másfelől részletesen elemzi a szöveg helyét és jelentőségét az arab nyelvű prózairodalom története szempontjából. Mindenekelőtt megállapítja, hogy a szöveg szerkezetének nincsenek arab előzményei, majd összehasonlítva a korai arab nyelvű prózahagyománnyal azt mondja, hogy annak töredezett, tulajdonképpen strukturálatlan műveivel szemben ez a könyv a világos szerkesztettség, a befejezettség jegyeit mutatja. Véleménye szerint ez a könyv az első arab nyelvű teljes prózai munka.

A tanulmány legfontosabb eredményeit a következőkben foglalhatjuk össze:

1.) Bizonyítást nyert, hogy a szóban forgó munka a levélregény műfajába tartozik. Teljes, egységes irodalmi mű, amelynek sajátos szerkezete van, és nem tekinthető levelek esetleges, laza gyűjteményének. 2.) Ez a szöveg az első, arab nyelvű prózai munka. 3.) A munka az első görögből arabra fordított művek közé tartozik. 4.) Az arab nyelvű prózairodalom a görög irodalmi hagyományok egyenes folytatása volt Szíriában.

A könyv jelentőségét az iszlám kultúra kutatói számára az adja, hogy bár az ismeretlen összeállító szerint görög szerzőtől származnak az iratok, maga a szöveg olyan egyértelmű jegyeket tartalmaz, amelyek arra mutatnak, hogy a középkori arab nyelvű muszlim kultúrából származik a mű.

A tartalmi elemzés másfelől nyilvánvalóvá teszi, hogy a levélregény az arab írásbeliségben a politikai irodalomhoz tartozhat, és ebben a kontextusban is lehet értelmezni. Ha pedig el akarjuk helyezni a középkori arab nyelvű muszlim politikai irodalom környezetében, akkor figyelembe kell vennünk, hogy a politikai irodalomnak valójában három jelentős irányzata különíthető el a jelzett korszakban. Ezek:

1.) A vallásjogi politikai irodalom, amelyik a lelki vezetés kérdéseit, a vezetők és az alávetettek kapcsolatát, a háborút és a nemzetközi kapcsolatokat tárgyalja a szent törvény (šarÐᶜa) forrásaira támaszkodva, és a szent törvény értelmezésének sajátos eszközkészletét felhasználva, azaz a vallásjog és a racionális teológia (fiqh és kalÁm) talaján állva. Azaz itt a szent törvény, a šarÐᶜa áll a középpontban.

2.) A királytükör irodalom. Ez az uralkodónak adott tanácsokat tartalmaz, amelyek erkölcsi, politikai tanításokat fogalmanak meg. Alapvetően az iszlám előtti birodalmak politikai gyakorlatára támaszkodnak. Műfaji szempontból mind az erkölcsi, mind a politikai tanítások az intések, óvások, figyelmeztetések formáját veszik fel, de bizonyos esetekben magukba foglalják a vallásjogi politikai irodalom sajátosságait is. Lényeges különbségét az adja az előbbi csoporthoz képest, hogy ennek a középpontjában az uralkodó és a királyság, tulajdonképpen a birodalom áll, ahol minden az uralom (sulOa) szolgálatában áll, miközben az előbbi inkább a közösség (umma) szolgálatát tekinti fő feladatának. Ennek hátterét és alapját a perzsa történelem tanulsága biz-

tosítja, különös jelentőséget kapva benne a Szászánida Birodalom politikai gyakorlata, amit Ardasír vagy Anúsírván hagyományának is tekinthetnek. A királytükör irodalom eszközkészletének középpontjában a narráció, a narratív irodalom áll, illetve intelmek, történetek, levelek és a különféle alkalmakhoz fűződő beszédek, továbbá a vitairodalom (munÁUara).

3.) A filozófiai politikai irodalom. Ennek alapja a görög nyelvű politikai irodalom arabra fordított része, melynek kifejtését al-Fárábi, Ibn Színá stb. műveiben találhatjuk meg. Ez messzemenően követi a görög utópikus államberendezés hagyományait, és az erényes város (madĐna fÁAila) elgondolását fejti ki. Azt a politikai elméletet, amelyben a város törvényei a filozófiára épülnek, s amelyben a filozófus tölti be a város vezetőjének funkcióját. Mindezt az iszlám általános keretei között, ahol a próféta és a filozófus céljai nyilvánvalóan egybeesnek, jóllehet más-más utat járnak be például abban, hogy ismeretelméleti forrásaik különbözőek.

Első pillantásra az a benyomása az olvasónak, hogy a kezében tartott könyv a királytükör irodalomba tartozik. Ám a szorosabb tartalmi elemzés arra enged következtetni, hogy a munka mégis inkább a filozófiai politikai irodalom egyik darabjának tekinthető. Talán a munka címe is éppen erre utal – *AÎwÁl al-ÎukamÁ' fi ayyÁm al-Iskandar* – „A bölcsek erényei Nagy Sándor napjaiban". Mintha ebben is az fogalmazódna meg, hogy nem Arisztotelész és Nagy Sándor állnak a mű középpontjában, hanem a bölcsesség, a filozófia.

Ismert, hogy a levélregény egyes részeit már korábban is vizsgálták, és különféle nézeteket fejtettek ki vele kapcsolatban. Maróth Miklós a kötetben a teljes művet hozzáférhetővé tette az olvasók számára, részletesen elemezte a kutatás eddigi eredményeit, és a levélregényt a görög hagyományokhoz kapcsolta. A kutatásban hosszú ideje ismert, de mindeddig nem bizonyított álláspont bizonyítását fogalmazta meg ezzel. Annak ugyanis, hogy a görög ismeretanyag jelentős része a populáris csatornákon, a rétoriskolákon keresztül és a keresztény szír közösség tagjainak közreműködésével épült be a kialakuló muszlim kultúra világába. Ösz-szefoglalva azt mondhatjuk: ez munka új horizontokat nyit meg a kutatás előtt, és arra kényszerít bennünket, hogy újraolvassuk a középkori arab politikai és filozófiai irodalmat ennek a könyvnek a fényében. *(Maróth Miklós: The Correspondence Between Aristotle and Alexander The Great. An Anonymous Greek Novel in Letters in Arabic Translation. Monumenta et Monographiae V. Piliscsaba: The Avicenna Institute of Middle Eastern Studies, 2006)*

Belhaj, Abdessamad – Tüske László
Avicenna Közel-Kelet Kutatások Intézete, Piliscsaba

CONTENTS

Networks
Guest Editor: Tamás Vicsek, László Szabados
Tamás Vicsek: Introduction 1296
Albert-László Barabási: Science of Networks: From Society to the Web 1298
Péter Csermely – Csaba Sőti: Ageing from a Network Perspective 1309
János Kertész: Weighted Networks: From the Stock Market to the Mobile-Phony 1313
Imre Derényi – Illés Farkas – Gergely Palla – Tamás Vicsek: Communities in Sociological, Technological, and Biological Networks 1319
András Benczúr – István Bíró – Károly Csalogány – Balázs Rácz – Tamás Sarlós – Máté Uher: PageRank and Beyond: The Role of Hyperlinks in Web Search 1325
István János Tóth – Zoltán Szántó: Co-Authorship Networks and Scientific Performance of Hungarian Economists 1332
Balázs Vedres: Politicians in the Network of Large Hungarian Enterprises between 1987 and 2001 1339
András Falus: Systems Biology; Genomics Beyond Genes? 1345
Zsuzsa Szvetelszky: From Social Domain to Network Awareness 1353

Study
András Horváth – Tibor Gánti – Szaniszló Bérczi – Tamás Pócs – Ákos Kereszturi – András Sik: Dark Dune Spots: a Possibility of Life on Mars 1357
Zsuzsanna Tószegi: A könyvdigitalizálás egyes kérdései 1376
Jenő Bobrovszky: Trade Secrets and Know-how 1385

Interview
Júlia Gimes' Interview with László Lovász 1397

The Scientists of the Future 1405

Obituary
Vilmos Peschka *(Vanda Lamm)* 1410

Outlook (László Jéki – Júlia Gimes) 1413

Book Review (Júlia Sipos) 1417

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetéseket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30.000 leütést (ez a szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, ezek várható felületével csökkentsék a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7-8000 leütést. A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen (CD-n) és 2 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.

3. A közlemények címének angol fordítását és a legfeljebb 10, magyar kulcsszót külön oldalon kérjük. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét, tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését, és ha közölni kívánja(ják), e-mail címét(eit) kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dőlt* (italic), (esetleg *félkövér* – bold) formázás alkalmazható; ritkítás, VERZÁL (kiskapitális, small capitals, kapitälchen) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

5. A képek, ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér, formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. Általában: a képek, ábrák és magyarázataik legyenek egyszerűek és áttekinthetők. A lemezen vagy e-mailben érkező képeket lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetőleg az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10-15-öt.

7. Az irodalomjegyzéket abc-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek esetében:

Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, **8**, 4–14.

• Könyvek esetében:

Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): *The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism*. Sage, London

• Tanulmánygyűjtemények esetében:

Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): *Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái*. Books in Print, Budapest

8. Havi folyóirat lévén a Magyar Tudomány kefelevonatokat nem tud küldeni, de még az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelési munka során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

9. A cikkeket a lap internetes oldalán, s az időszakos CD-mellékleten is megjelentetjük. Kérjük, jelezzék, ha ehhez nem járulnak hozzá.

A lap ára: 646 forint