

Tudtál oroszul?

Kiválóan tudtam mindig oroszul! Nem volt olyan nagy beszédgyakorlatom, mert nem tudtam nagyon gyakorolni. De aztán három hónapig tolmács voltam a felszabadító Vörös Hadseregben. Elmondok neked egy anekdotát is, hogy mi az: Magyarországra visszaérkezni. A kegyetlenül hideg 1944 decemberében történt, hogy Brassóban egy nyitott teherautóra felraktak engem az egészségemmel, a törött lábú főhadnaggal együtt, és elindítottak Magyarországra. Ez hajnali fél ötkor történt, és éjjel fél egykor megérkeztünk Orgoványra, a nyitott teherautón csontig fagyva. Egy helyen szűródött ki egy icipici világosság, és bekopogtattam. Egy öreg zsidó feküdt a feleségével az ágyban. Én a vörös csillagos kucsmában bementem, és azt mondtam, hogy kérem, én meghúzódok a székben, de van egy törött lábú tisztünk, adjanak nekünk valami meleg dunyhát. Mire megszólal az öregember az ágyban, hogy 44 decemberében zsidótól kér valamit Orgoványban? Mire azt mondtam: kérem, mégis két dunyha van, és az egyiket erőszakkal elvettem. Mondottam: visszakapják, nem kell nekünk, és kivittem a színbe a tisztnek. Háromnegyed óra múlva motoros küldönc érkezett, hogy menjünk tovább Bugacra. Nem volt lelkem a törött lábú, nyögő szovjet tiszttről levenni ezt a dunyhát, és úgy emeltük kocsi. Mai napig lidércként kísért engem vissza, hogy mit gondolhatott az az öreg zsidó Orgoványban, amikor a nyilván zsidós külsejű, de vörös csillagos sapkás ember beállít hozzá, és azt hazudja, hogy viszszaadja a dunyháját. . .

IRODALOM

Tolnai Gábor (1981): Nőnek az árnyak. In: Tolnai Gábor: *Radnóti utolsó időszaka*. Szépirodalmi,

Mikor értél te Pestre?

1945. január 12-én vagy 14-én, miután az egységemmel volt dolgom, és nem lehetett a szovjet hadsereget csak úgy otthagyni.

Arra nem emlékszel, hogy a verseket a Fifinek mikor adtad át?

Nem, én az Ortutayhoz vittem el a verseket,⁴² hogy ő tudja, hol van a Fifi. A dolog úgy játszódott le, hogy én a Fifinek a húst, a Fifi számára otthagytam, de a Fifivel nem találkoztam. Fifi akkor még Budán lakott.

Igaz, hát én is Budán voltam. . .

Budán volt a Fifi, de én Ortutayt kerestem meg, és ő tudta, hogy Fifi megvan, és átvette tőlem a verseket.

Beck Juditnak⁴³ is vittél verseket?

Nem. Az lehet, hogy én bementem a Major Tomihoz⁴⁴ a Nemzetibe, és valahol ott a verskről beszéltem, de én verseket nem vittem. Juditot nagyon kedvelem, de nem vittem, ez abszurdum lett volna. . .

⁴² Tolnai Gábornak a 3. pont lábjegyzete alatt jelzett tanulmányából tudjuk (211. oldal), hogy öt Radnóti verset hozott Budapestre Szalai Sándor.

⁴³ Beck Judit (Budapest, 1909 – Budapest, 1995) festőművész, grafikus, keramikus, textil- és bábtervező. Radnóti Miklós szerelme, később Gombosi György zenetörténész, majd Major Tamás színész felesége.

⁴⁴ Major Tamás (Újpest, 1910. 01. 26. – Budapest, 1986. 04. 13.) színész, rendező, színházigazgató.

Kulcsszavak: *irodalomtörténet, tudománytörténet, Tolnai Gábor, Szalai Sándor, Radnóti Miklós, József Attila, bori munkaszolgálat, Dante Könyvkiadó*

Budapest, 210–211.

Llewellyn, Richard (1941): *Hová lettél drága völgyünk?* Dante, Budapest.

Tanulmány

HOGYAN KÜZDIK LE A VÁLSÁGOKAT A BIOLÓGIAI HÁLÓZATOK, ÉS MIT TANULHATUNK EL TŐLÜK?

Csermely Péter

az MTA doktora,
Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani Intézet
csermely@eok.sote.hu

Kovács István

PhD-hallgató,
MTA KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóint.
kovacs.pisti@gmail.com

Mihalik Ágoston

diákkörös hallgató,
Semmelweis Egyetem ÁOK
anaston@gmail.com

Nánási Tibor

diákkörös hallgató,
Semmelweis Egyetem ÁOK
nanasitibor@gmail.com

Palotai Robin

PhD-hallgató,
Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani Intézet
palotai.robin@gmail.com

Rák Ádám

diákkörös hallgató,
PPKE, Információs Technológiai Kar
neurhlp@gmail.com

Szalay Máté

diákkörös hallgató,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, műszaki informatika szak
szalaymate@gmail.com

Egy gazdasági világválság közepén érdemes olyan válságmegoldó minták után nézni, amelyek az életrealitásukat már válságok millióiban bizonyították be az evolúció során. Cikkünkben a legújabb kutatási eredményeinket összefoglalva megmutatjuk, hogy a hálózatos gondolkodás más komplex rendszerekre, így például a társadalmakra is transzformálhatóvá teszi azokat a tanulságokat,

amelyeket a biológiai hálózatok válságainak vizsgálata jelent. Így a sejtek stressz-válaszait válságmodellként használva hasonló, a hálózatok csoportjait szétválasztó folyamatok figyelhetőek meg a válság kezdeti szakaszában az élesztő sejteitől a társadalmakig. A válságot kiváltó tényezők lecsitulása az élesztőben a hálózatos újraépítés kezdetét jelenti, amelyben döntő szerepet játszanak az általunk

először leírt kreatív hálózatos elemek. Mind ez megfontolandó példáként szolgálhat a mai magyar társadalomban követendő viselkedésmintákra is.

Miért segítik a hálózatok a komplex rendszerek viselkedésének megértését?

A minket körülvevő világ komplexitása a XX. század második felétől kezdve egyre jobban ránk zuhanó információk sokasága miatt a hagyományos információfeldolgozó módszerekkel egyre nehezebben írható le. A tudományos gondolkodásnak a bal agyfélteke dominanciájával járó megoldásai a követhetetlenül sok információból megpróbálják a lényegyet kiragadni. A bal agyfélteke azonban egyidejűleg csak néhány információ független feldolgozására képes, és így e szelekciónak igen alaposnak kell lennie. Az információk zuhatagában a logikus agy feldolgozó, lényeglátó kapacitása hamar szűkössé válik, és előtérbe kerülnek az érzelmeken, a hiedelmeken és a mások viselkedésének követésén alapuló „lényegkiemelő” megoldások. Különösen igaz ez válságok idején, amikor a felgyorsuló események (illetve vélt fontosságukat tekintve lényegibbé váló események) a gyors válaszok kényszerét keltik a válság elszenvedőiben. Így válsághelyzetben az információfeldolgozás sebességének igénye és a logikus feldolgozó kapacitás befogadóképessége közötti különbség még nagyobbá válik. Végtelen esetben (és végtelenen fogalmazva) a válságban az értelem csődöt mond, és az érzelmeken alapuló, ösztönös döntéseknek, vagy a birka módra másokat követő pánikreakcióknak adja át a helyét.

Hogyan segíthetnek a válságban tapasztalható pánikjelenségek leküzdésében a hálózatok? Az agy információfeldolgozó, lényegkiemelő kapacitásának a bal agyfélteke logikai megoldásai és a milliányi korábbi, illetve tudat

alatti módon megélt tapasztalatot integráló érzelmi jelzések között van még egy mechanizmusa. Ez a jobb agyfélteke holisztikus, képi jellegű információt feldolgozó kapacitása, amely „pillanatok alatt” képes felismerni, meglátni a lényegyet egy kusza, de képszerű módon prezentált információhalmazban. A hálózatok azért is váltak az elmúlt évtizedben a megismerésnek és a döntések előkészítésének egyre kedveltebb eszközeivé, mert képesek arra, hogy a logikus rendben sorakozó információkból (így például az Excel áttekinthetetlen táblázataiból) egyszerű eljárással egy rendezett képet állítsanak elő. A hálózatok ábrázolásával keletkezett vizuális mintázatokban már könnyűszerrel felismerhetőek és kijelölhetőek a sok szomszédal rendelkező csomópontok (Barabási – Albert, 1999), a csoportok (Palla et al., 2005), a távoli elemeket, a csoportokat összekötő hidak (Watts – Strogatz, 1998), a sok csoport átfedésében tartózkodó szabályozó elemek (Csermely, 2008a; 2008b) és a komplex rendszerek más, kulcsfontosságú, lényegi információt hordozó részei. A fontos részek fenti példái legtöbbször a kijelölését ma már matematikai precizitással is meg lehet oldani. A hálózatok lényegének azonosítása után a hálózatos megközelítés alkalmas arra is, hogy a lényegi elemek nagyon precíz adatait igen gyors visszakereséssel újra megadja, és így a logikus bal agyfélteke elemző kapacitását néhány jól követhető lépéssel egy kezelhető mértékű adathalmazra koncentrálna.

A lényeg kijelölésének problémája egyidejű az emberi gondolkodás kialakulásával. Miért lenne jobb ebben a hálózatos megközelítés, mint az a sok-sok más eljárás, így például az adatbányászat, ami az évezredek során kialakult? Pusztán a képi megjelenítés nem tudná megmagyarázni a hálózatos elemzés-

mód elterjedésének viharos sebességét. Egy sokmillió telefonelőfizetői hálózat képe még akkor is áttekinthetetlen marad, ha nézhetővé tételére bevetjük a hálózatok hasonló részeinek egybevonását alkalmazó, a legújabb időkben elterjedő hierarchikus hálózatábrázolási módszereket. A hálózatok szerkezete és viselkedése tanulmányozásának legnagyobb és legmegdöbbentőbb tanulsága az volt az elmúlt tizenegy év során, hogy a komplex rendszereket leíró hálózatok számos tulajdonságukban egyformáknak bizonyultak az egyszerű molekuláktól, a sejteken és az élőlényeken át a társadalmakig és az ökoszisztémákig bezárólag. Így a legtöbb hálózat egymáshoz hasonlít

- elemeik viszonylag csekély távolságában, a kisvilágosságban (Watts – Strogatz, 1998);
- csomópontjaik megjelenésében, a skálafüggetlenségben (Barabási – Albert, 1999);
- az egymást követő bonyolultsági szintek hierarchikus felépítésében, a gyenge kapcsolatok hálózatokat stabilizáló hatásában (Csermely, 2004a; 2004b; 2005; 2006) és számos más tulajdonságban is.

Ez a hasonlóság lehetővé teszi annak a végtelelenül izgalmas átgondolását, hogy ha az egyik hálózatos szinten megfigyelünk egy törvényszerűséget, az vajon mennyiben alkalmazható más hálózatos szintek viselkedésének megértésére. Cikkünkben saját eredményeink alapján egy ilyen jelentés- és szabály-transzformációt mutatunk be, amelyben a sejtek válságválaszait „fordítjuk le” a társadalom válságban mutatott (és mutatandó) válaszára.

A hálózatok válságválaszai

Jelenleg éppen egy világgazdasági válság közepén vagyunk (persze csak reménykedhetünk abban, hogy ez tényleg a közepe, mert az egyben azt is jelentené, hogy nem olyan soká-

ra elindul felfele az út). Nyilvánvalóan jelenleg gyűlnek azok a hálózatos adatok, amelyekből emberek sokaságának, cégeknek, bankoknak és a válság más résztvevőinek viselkedéséből következtetéseket lehet majd levonni a válság elterjedése és a válság megoldása során megjelenő társadalmi hálózatváltozásokra. A vizsgálat természetéből fakadóan azonban ezek a tanulságok csak a válság után állnak majd a rendelkezésünkre. Az előző világgazdasági válságok idején még elég kevés olyan átfogó adatrendszer született, amelyet visszamenőleg most vizsgálni lehetne. Mit lehet ilyen esetben tenni? A cikkünk bevezető részében leírt analógiasorozatot figyelembe véve célszerűnek látszik másfajta hálózatok, így például sejtek válságválaszait megvizsgálni, hátha találunk olyan általános jelenségeket, amelyek a társadalmi hálózatokban is azonosíthatóak lesznek. Mikor kerül a sejt válságba? Az egyszerű válasz az, hogy mindig. A sejt válságát stressznek hívjuk (Csermely, 2001; Csermely – Vigh, 2006; Csermely et al., 2007). A stresszválasz kiváltása a sejt szinten gyorsan megoldható. Elég túl sokat (vagy éppen túl keveset) inni, túl meleg (vagy éppen túl hideg) helyen tartózkodni, vagy bármi mást csinálni, mint ami megszokott. Vizsgálataink során élesztősejtek és humán sejtek fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatainak a stressz különböző fajtájára és erősségére adott válságválaszait elemeztük.

A fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatokban a hálózatok elemeit az adott sejtben található fehérjék, az elemeket összekötő kapcsolatokat pedig a fehérjék közötti fizikai kölcsönhatások jelentik. Az élesztősejt fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatát a sejtet ért különböző stresszfajták (így például hő sokk, oxidatív stressz, sózás, savas vagy lúgos kémhatás) esetén közvetlenül még nem vizsgálták

meg. Így elemzésünk során egy olyan közvetett eljárást kellett alkalmaznunk, amelyben a megváltozott kapcsolódási erősségekre az adott fehérje–fehérje kapcsolatban résztvevő két fehérjét kódoló hírvivő RNS-ek mennyiségének megváltozásából (Gasch et al., 2000) következtettünk. A közvetett eljárásban kapott eredmények helyességét nagyszámú kontrollvizsgálattal teszteltük (Palotai et al., 2008; Mihalik et al., 2008 és közlemény előkészületben). A stressz során megváltozott hálózatok átfedő csoportjait saját, négyéves munkánk során kidolgozott ModuLand eljárásunkkal (Csermely et al., 2006; Kovács et al., 2009) elemeztük. Munkánk eredményeként első körben tucatnál is több, igen vonzó kezdeti eredményt találtunk, amelyek közül azonban a lehető legváltozatosabb kontrollvizsgálatok során a legtöbb ötletünket sikeresen megcáfoltuk. Egyetlen megállapítás azonban kiállta a legnehezebb próbákat is. Az élesztő fehérje–fehérje kölcsönhatási hálózataiban megfigyelhető csoportok átfedése csökken a sejtet érő sokfajta stressz során.

Van-e a fehérjék csoportjai közötti átfedés csökkenésének funkcionális jelentősége? Az élesztő fehérjecsoportjai megfeleltethetők a sejt életében kitüntetett szerepet játszó funkcióknak, pl. a fehérjék szintézisének, lebontásának, a sejtciklus szabályozásának (Palotai et al., 2008; Kovács et al., 2009). A csoportok közötti átfedés csökkenése azt jelenti, hogy a csökkenés után kevesebb olyan fehérje van, amely egyszerre több csoportba is tartozik, és a csoportokat összekötő kapcsolatok száma is lecsökken. E jelenségek az alábbi módon segítik a sejt alkalmazkodását a stresszhez:

A csoportok közötti átfedést biztosító kapcsolatok jelentős részének megszüntetése energiatakarékos, hiszen minden kapcsolat fenntartása energia felhasználást jelent.

Az energiával való takarékoskodásra a sejten is rendkívül nagy szükség van válság idején.

A csoportok közötti átfedés csökkenése lehetővé teszi azt, hogy a különböző csoportok egymástól függetlenebb módon működjenek. (Ha például az egyik intenzívebben dolgozik, az ne vonja okvetlenül maga után azt, hogy a másoknak is ezt kell tennie.) A sejt részeinek egymástól való függetlenedése a sejt egészének a váratlan, új helyzetre, a stresszre adott válaszkészletét megnöveli.

A csoportok kapcsolatrendszerének csökkenése a hiba- és zajterjedést is visszaszorítja. Ha az egyik csoportban hiba keletkezik, például az egyik fehérje az oxidáció áldozata lesz, a részleges oxidáció során keletkező szabadgyökök kevésbé károsítják a szomszédos csoport fehérjeit, hiszen azok nem annyira kapcsolódnak a kiindulási csoport károsodott tagjához. Hasonlóképpen a károsodott fehérjék hibás működéséből fakadó zajok és zavarok nem terjednek át annyira a szomszédos csoportokra, és nem zavarják tovább az amúgy is zavart működésüket, ha a csoportok lazábban kötődnek egymáshoz (Szalay et al., 2007). Ez a jelenség nagymértékben hasonlít a karanténra a járványok, így a jelenlegi új influenzajárvány terjedésének megakadályozásában igen bevált gyakorlatára.

Ha a sejt válsága a stressznek az előzőekben leírt formáinál intenzívebb, a többsejtű élőlények sejtjei sok esetben a programozott sejtihalál, az apoptózis áldozatai lesznek (Sóti et al., 2003). Ez az önfeláldozó, altruista magatartás azért hasznos, mert ilyen módon a sejtek nem „pukkadnak szét”, és szétbomló tartalmuk nem mérgezi meg a környezetüket. A sejtek apoptózisának bonyolult folyamata végén egy fehérjebontó család tagjai, a kaspázok a sejt több száz fehérjéjét emésztik el. Vizsgálatainkban arra voltunk kíváncsiak,

hogy milyen változásokat okoz e sok száz fehérje eltüntetése a humán sejtek fehérje–fehérje kölcsönhatási hálózataiban. Eredményeinket röviden összefoglalva arra jutottunk, hogy a hálózatban megfigyelhető fehérjecsoportok (az élesztőben megfigyelt, enyhébb stresszválaszhoz hasonlóan) itt is szétválnak egymástól. Ezen túlmenően azonban az apoptotikus folyamat számos fehérjecsoport széteséséhez is vezet. A programozott sejtihalál „végrehajtói”, a kaspázok a hálózat szerkezetét szempontjából a legfontosabb fehérjéket veszik célba, és így rendkívül nagy hatékonysággal „verik szét” a sejt működését, életben maradását biztosító hálózatos szerkezetet (Nánási et al., közlemény előkészületben).

A hálózatok újrendeződése a válság után

Az eddigiekben két biológiai példát mutatunk arra, hogy a sejtes fehérje–fehérje kölcsönhatási hálózatok a válság során részlegesen vagy nagymértékben szétesnek, dezintegriálódnak. Mi történik a válság letaglózó, első szakasza után? Értelemszerűen a sejtet ilyenkor újra „össze kell szerelni”. Nyilvánvalóan ez az újraszerelés a programozott sejtihalál által okozott kiterjedt károsodás után már nem lehetséges. Az enyhébb stresszfajták után azonban érdemes átgondolni a helyreállítás folyamatát. Honnan „tudja” a sejt azt, hogy ilyenkor mit mivel kell összekapcsolnia? Természetesen a sejt fehérje–fehérje kölcsönhatási hálózata ilyenkor nem esett teljesen szét. Azaz a csoportok közötti maradék kölcsönhatások a tartósabb kapcsolatok újraalakulását lehetővé tevő több energia és kevesebb zaj esetén irányítani tudják azt, hogy a szomszédosságukban mely fehérjék találkozzanak nagyobb valószínűséggel egymással. Ezáltal az alakjukban, kötőfelszínükben egymáshoz illő fehérjék újra kötődni tudnak egymáshoz.

Az újrendeződés fenti, változatlan állapot generáló mechanizmusa mellett van egy rendkívül fontos, változást generáló eleme is. A sejt szétszerelődése alkalmas arra is, hogy a sejt más hálózatos szerkezetet szereljen össze a válság után, mint amilyennel a válság előtt rendelkezett. A hálózatos szerkezetben bekövetkező változásokat a sejt tanulási, adaptációs folyamatának is nevezhetjük. Rövid távon ezek a változások a sejt „stresszmemóriáját”, ha úgy tetszik „stressztörténelmét” őrzik meg, azaz minden sejtünk, de mi magunk is az öröklött tulajdonságok mellett a minket ért behatásoknak, stresszeknek a lenyomatait is vagyunk. (Ezért sem lehet két klónozott embrió teljesen egyforma a felnövekedésének első néhány pillanata után.) Hosszú távon a sejtek és élőlények leszármazási vonalainak stresszmemóriája hozzájárul az evolúciós változásoknak a gének megváltozásától független, epigenetikai részéhez (Korcsmáros et al., 2007; Szalay et al., 2007). Pál Csabával és Papp Balázssal közös munkánkban (Pál et al., 2006) a szimbiotikus metabolikus hálózatok hosszú távú, evolúciós adaptációját vizsgálva arra hívtuk fel a figyelmet, hogy a stresszadaptáció folyamatához hasonlóan e hálózatok csökkenése során is a tervezett és véletlenszerű elemek megfelelő aránya van jelen.

Milyen viselkedés szükséges a hálózatok stressz után bekövetkező, megváltozott összerendezéséhez? Ebben a folyamatban a szokásosnál véletlenszerűbb kapcsolatok játsszák a fő szerepet. Ha egy hálózatos elem az átlagosnál jóval több esetben alakít ki véletlenszerű, gyenge kapcsolatokat, akkor ezek a kapcsolatok sokkal inkább befolyásolhatóak bármely új helyzet, így a stressz vagy válság által. Ha ez a hálózatos elem ráadásul nagyon sok csoport átfedésében tartózkodik, és véletlenszerű kapcsolataival mindig változtatja azokat a

csoporthoz kötődik, akkor kiemelt szerepe lehet abban, hogy a stressz által szétkapcsolt hálózatos csoportokat újszerű módon kapcsolja össze a stressz elmúlta után. Az ilyen elemeket *kreatív elemeknek* neveztük el, és a *Trends in Biochemical Sciences* című folyóirat címlapsztorijaként közölt cikkünkben (Csermely, 2008b) bemutattuk, hogy ezek a kreatív elemek a fehérjék szerkezetétől a társadalmi csoportokig és az ökoszisztémáig minden hálózatban a működés újszerűségének, a válságválaszoknak megkerülhetetlenül fontos elemei. Hasonló, sokszoros *cross-talk*-ra képes elemek sokaságát találtuk a *C. elegans*, a *Drosophila* és az ember jelátviteli hálózataiban (Korcsmáros *et al.*, 2009).

A sejtekben a kreatív elemek igen jó példái a stresszfehérjék (Csermely, 2001). Ezeknek a fehérjéknek az evolúcióban játszott kitüntetett szerepét több mint tíz éve írták le először (Rutherford – Lindquist, 1998). Az elmúlt négy-öt évben egyre inkább fény derült arra, hogy a sejtek hálózatainak az evolúció sebességét szabályozó, kreatív elemei messze túlterjednek a stresszfehérjék önmagában is népes családján (Csermely 2004a; 2004b; 2005; 2006). Sasha Levy és Mark Siegal (2008) mutatták meg, hogy az élesztő kb. hatezer génje közül kb. háromszáz gén által kódolt fehérje kreatív elemnek tekinthető. Vizsgálataink során azt találtuk, hogy e kreatív elemek centralitása számottevően megnő a hősokk későbbi szakaszában (Mihalik, Kaposi és Csermely, nem közölt adatok), ami a hálózatos szerkezet összeszerelésében játszott szerepükre utal.

Miben segítheti a biológiai hálózatokról szerzett tudás a mai magyar társadalomban követendő viselkedésminták megtalálását?

A cikkünk eddigi részében bemutatott válságválaszok nem csak a sejtek fehérje–fehérje

kölcsonhatási hálózataira jellemzőek. A mitokondriumok által alkotott hálózatok hasonlóképpen összeszerelődnek, majd szétesnek, ahogyan a stressz fokozódik (Tondera *et al.*, 2009). A hálózatok válságban történő dezintegrációja figyelhető meg a cégek közötti kapcsolatok esetén is (Saavedra *et al.*, 2008; Stark – Vedres, 2006). A hálózatok szerkezetének a rendelkezésre álló forrás (energia) mennyiségétől, illetve a hálózatokat bomlasztó stressztől függő megváltozására már korábban is felhívták a figyelmet Vicsek Tamás és munkatársai (Derényi *et al.*, 2004). A modell szerint, ahogyan a kapcsolatok kialakítására rendelkezésre álló forrás mennyisége csökken (a kapcsolatokat szétziláló stressz nő), a hálózatok a véletlenszerű hálózat (random gráf) formából a csomópontokkal jellemezhető skálafüggetlen hálózati irányba, majd a „diktátor” megjelenésével járó csillaghálózat irányába, és végül az elemekre szétesett hálózatok (a részgráfok) felé változnak meg. A hálózatok topológiai fázisátalakulásainak jelensége általánosítható, és megmutatható, hogy az előzőekben leírt formák mind a sejtek, mind az állatok hálózataira jellemzőek (Csermely, 2005; 2006). Kertész János és munkatársai (Onnela *et al.*, 2003) tőzsdekrach során a tőzsdei részvények korrelációs hálózatában hasonló csomópont → csillagháló átalakulást figyeltek meg. A hálózatos csoportoknak a cikkünkben bemutatott stressz esetén történő szétkapcsolódása, illetve a programozott sejthalál során történő szétesése jól beleillik a fenti átalakulás-sorozat csomópont → csillagháló, illetve csillagháló → szétesett részgráfok átalakulásába.

Az előző részben bemutatott példák bátorítást adnak arra, hogy a cikkünkben leírt sejtes válságválaszokhoz hasonló válaszokat próbáljunk meg értelmezni a társadalmi há-

lózatokban is. E társadalmi hálózatokban az elemeket emberek, illetve emberek csoportjai, a kapcsolatokat pedig szorosabb vagy távolibb ismeretségek jelentik. Mindennapi ismereteink visszaigazolják azt, hogy a sejtek története rólunk is szól. A válság első, váratlanul érő hulláma idején meglazulnak a távoli kapcsolataink, az egymást kevésbé ismerő csoportok tagjai még kevesebbet találkoznak egymással, a társadalom zártabb, egymással kevesebb kapcsolatot tartó szigetekké esik szét, amelyek mindegyike a válság elején a saját belső viszonyainak rendezésével van elfoglalva.

Magyarországon a társadalmi hálózat szétválása még az átlagosnál is jellemzőbb, fenyegetőbb válságjelenség. Kopp Mária és munkatársai adatai alapján a társadalmi hálózatok kialakulását nagymértékben meggátoló anomia mértéke a magyar társadalomban 2002 és 2006 között 54 %-ról 71 %-ra nőtt (Kopp, 2008). A társadalmi csoportok eltávolodása növeli az ellentéteket, a csoportközi konfliktusok megoldási formáinak begyakorlatlansága pedig mindennaposá teszi a verbális vagy fizikai erőszakot. Egyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a magyarországi társadalmi hálózat jelenleg csaknem olyan, mint egy pókháló bombatámadás után. A társadalmi bizalom szintje negatív rekordokat dönt, a társadalmi tőke erodál, az emberek és csoportok közötti játszmák zéró összegűeké válnak, azaz a kiszorítás a jellemző az új lehetőségek, az új piacok együttes meghódítása helyett.

Hogyan lehet a jelenlegi elszomorító helyzeten túllendülni, és a sejtek válságválaszaiból tanulva újrendezni, újraszózni a magyar társadalmi hálózatot? Első lépésként nem azon kell szomorkodni, hogy a társadalom anomias háromnegyede erre már nem nagyon képes, hanem meg kell találni a maradék egynegyedet. Minden olyan ember mérhetet-

lenül nagy kincs a környezetünkben, akiben még maradt egy szikrányi bizalom, aki képes normális, őszinte, a kölcsönös elismerésen és tiszteleten alapuló emberi kapcsolatok építésére. Ha már megtaláltuk, szigeteket kell képeznünk vele. Saját hálózatos játékelméleti eredményeink is megmutatták, hogy az együttműködők szigetei tartósan fenn tudnak maradni a nem együttműködők tengerében (Wang *et al.*, 2008). A társadalom érték- és bizalom-szigetei felbecsülhetetlenül fontosá válnak bármely válságos időszakban.

Mindez azonban nem elég. A szigetek építése és őrzése mellett ki kell törni a jelenlegi kapcsolati rendszerünk ből, és meg kell találni a következő szigetet. Ehhez össze kell számolni azokat a társadalmi szerepeket (szociális dimenziókat), amelyeket betöltünk, és tudatosan is szaporítani kell a számukat. Minden egyes új szerepfelfogás új emberek és új csoportok sokaságát, és az általuk hordozott új információk és új készségek tárházait nyitja meg előttünk. Az egyéni gazdagságon túl, minden egyes nem nyilvánvaló, szokatlan, új kapcsolatfajtánkkal növeljük azon lehetőségeknek a számát is, amelyekben mediátorok lehetünk egy társadalmi félreértés eloszlásában, egy majdani konfliktus, egy majdani erőszak megelőzésében. A lehetséges szerepek sokasága, az énkép gazdagsága megoldást adhat az egyre szaporodó konfliktusokban is, hiszen az azonos érvkészlet ismételtetésével konfliktussá és erőszakká eszkalálódó nézeteltérés egy nézőpontváltással, egy szerep- és helyzetváltással nagyon sok esetben megdöbentően hatékonyan leszerelhető. A konfliktusok megelőzése mellett minden egyes hídteremtő kapcsolatunk növeli azoknak az együttműködéseknek a lehetőségét is, amelyben a régi, és a válságban csökkenő források újraelosztásáért folytatott elkeseredett

harc helyett új források meghódításáért léphetünk fel – együttesen.

A híderemtés különösen fontos eleme a legkiválóbbakkal, a tehetségekkel való törődés, ahol a legtöbb esetben a tehetség egy vadonatúj környezetet igényel optimális fejlődéséhez, kapcsolatrendszeréhez. Ez a legtöbb esetben a tudománnyal foglalkozni kezdő fiatal tehetségek esetén is igaz. A fentiek miatt a tehetséggondozás maga is hálózatot képző folyamat, amelynek jó példái a tehetségeknek megfelelő környezetet adó, vagy javasoló Tehetségpontok (<http://www.tehetségpont.hu/96-11464.php>), amelyekből az elmúlt fél évben százötven kezdte meg egymással együttműködő, hálózatos munkáját.

A híderemtő viselkedéshez szilárd és pozitív önkép kell. Mit tegyen a társadalom azon anómiás 71 %-a, akiben ez az önkép minden bizonnyal megsérült? Merje megtenni az első lépést. Ne azokhoz kapcsolódjon, akik ugyanolyanok, mint ő, hanem azokhoz,

akik olyanok, amilyenné szeretne lenni. Adjon egyetlen pozitív gesztust, egyetlen valóságos, vagy képletes mosolyt. Ezzel beindul egy angyali kör. Visszajelzést kap, amely erősíti a pozitív énképét. A pozitív énkép pedig segíti a következő mosolyt. Ezt alátámasztja, hogy az internetes közösségi hálózatokban az önmagukról mosolygó arcképet felrakó emberek általában sok mosolygó arcképe ember az ismerősük – és fordítva: a savanyúképeket kevés, de hasonlóan savanyúképe ismerős veszi körül (Christakis – Fowler, 2009).

A fentiek megmutatták, hogy a válság megoldásának egyik nagyon fontos kulcsa a kezünkben van. Egy furcsa helyzet állt azonban elő. A kulcs egyikünk kezében sincs külön-külön, hanem mindegyikünk kezében van együttesen. Ideje lenne szétnézni.

Kulcsszavak: *adaptáció, élesztő, hálózatok, híderemtés, játékelmélet, kreatív elemek, stressz, tehetség, válság, viselkedésminták*

IRODALOM

- Barabási Albert-László – Albert Réka (1999): Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*. 286, 509–512.
- Csermely Péter (2001): *Stresszfehérjék. Tudomány-Egyetem sorozat*. Vince, Budapest
- Csermely Péter (2004a): A gyenge kölcsönhatások ereje a stresszfehérjéktől a szociális hálózatokig. *Magyar Tudomány*. 165, 1318–1324.
- Csermely Péter (2004b): Strong Links Are Important – But Weak Links Stabilize Them. *Trends in Biochemical Sciences*. 29, 331–334.
- Csermely Péter (2005, újranyomás: 2008): A rejtett hálózatok ereje. Hogyan stabilizálják a világot a gyenge kapcsolatok? *Tudomány-Egyetem sorozat*. Vince, Budapest
- Csermely Péter (2006, utánnnyomás és web-változat: 2007, papírfedelű második kiadás: 2009): *Weak Links: Stabilizers of Complex Systems from Proteins to Social Networks*. Springer Verlag
- Csermely Péter (2008a): A Network Scientists Highlights Active Sites of Enzymes, Cells, Brains and the

Society. *Nature*. 454, 5.

- Csermely Péter (2008b): Creative Elements: Network-Based Predictions of Active Centres in Proteins, Cellular and Social Networks. *Trends in Biochemical Sciences*. 33, 569–576.
- Csermely Péter – Vigh László (eds.) (2006): *Molecular Aspects of the Stress Response: Chaperones, Membranes and Networks. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 594. Springer Science + Business Media, LCC and Landes Bioscience/Eurekah.com
- Csermely Péter – Korcsmáros T. – Kovács I. – Szalay M. (2006): *Method for Analyzing the Fine Structure of Networks*. WO2007093960 szabadalmi bejelentés
- Csermely Péter – Korcsmáros T. – Sulyok K. (eds.) (2007): *Stress Responses in Biology and Medicine: Stress of Life in Molecules, Cells, Organisms, and Psychosocial Communities. Annals of the New York Academy of Sciences*. 1113.
- Derényi Imre – Farkas I. – Palla G. – Vicsek T. (2004): Topological Phase Transitions of Random Networks. *Physica A*. 334, 583–590.
- Christakis, Nicholas A. – Fowler, James H. (2009):

Connected: *The Surprising Power of Our Social Networks and How They Shape Our Lives*. Little Brown and Co.

- Gasch, A. P. – Spellman, P. T. – Kao, C. M. – Carmel-Harel, O. – Eisen, M. B. – Storz, G. – Botstein, D. – Brown, P. O. (2000): Genomic Expression Programs in the Response of Yeast Cells to Environmental Changes. *Molecular Biology of the Cell*. 11, 4241–4257.
- Kopp Mária (szerk.) (2008): *Magyar lelkiállapot*. Semmelweis, Budapest
- Korcsmáros T. – Kovács I. A. – Szalay M. S. – Csermely P. (2007): Molecular Chaperones: The Modular Evolution of Cellular Networks. *Journal of Biochemistry*. 32, 441–446.
- Korcsmáros T. – Farkas I. J. – Szalay M. S. – Rovó P. – Fazekas D. – Spiró Z. – Böde C. – Lenti K. – Velai T. – Csermely P. (2009) Uniformly curated signaling pathways reveal tissue-specific cross-talks, novel pathway components, and drug target candidates. Preprint: www.signalink.org
- Kovács István, – Palotai R. – Szalay M. S. – Csermely P. (2009): Community Landscapes: A Novel, Integrative Approach for the Determination of Overlapping Network Modules. Preprint: www.linkgroup.hu/modules.php
- Levy, Sasha F. – Siegal, Mark L. (2008): Network Hubs Buffer Environmental Variation in *Saccharomyces cerevisiae*. *PLoS Biology*. 6, e264.
- Mihalik Á. – Palotai R. – Csermely P. (2008): Stressz hatása az élesztő fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatának modulszerkezetére. *Biokémia*. 32, 67.
- Nánási – Rák – Csermely: közlemény előkészületben
- Onnela, Jukka-Pekka – Chakraborti, A. – Kaski, K. – Kertész J. – Kanto, A. (2003): Dynamics of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis. *Physical Review E*. 68, 056110.
- 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.
- Palotai R. – Szalay M. S. – Csermely P. (2008): Chap-

erones As Integrators of Cellular Networks: Changes of Cellular Integrity in Stress and Diseases. *IUBMB Life*. 60, 10–18.

- Pál Csaba – Papp B. – Lercher, M. J. – Csermely P. – Oliver, S. G. – Hurst, L. D. (2006): Chance and Necessity in the Evolution of Minimal Metabolic Networks. *Nature*. 440, 667–670.
- Rutherford, Suzanne L. – Lindquist, Susan (1998): Hsp90 As a Capacitor for Morphological Evolution. *Nature*. 396, 336–342.
- Saavedra, Serguei – Reed-Tsochas, F. – Uzzi, B. (2008): Asymmetric Disassembly and Robustness in Declining Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 105, 16466–16471.
- Sóti Csaba – Sreedhar, A. S. – Csermely P. (2003): Apoptosis, Necrosis and Cellular Senescence: Chaperone Occupancy As a Potential Switch. *Aging Cell*. 2, 39–45.
- Stark David – Vedres Balázs (2006): Social Times of Network Spaces: Network Sequences and Foreign Investment in Hungary. *American Journal of Sociology*. 111, 1367–1412.
- Szalay Máté S. – Kovács I. A. – Korcsmáros T. – Böde C. – Csermely P. (2007): Stress-induced Rearrangements of Cellular Networks: Consequences for Protection and Drug Design. *FEBS Letters*. 581, 3675–3680.
- Tondera, Daniel – Grandemange, S. – Jourdain, A. – Karbowski, M. – Mattenberger, Y. – Herzig, S., Da Cruz, S., Clerc, P., Raschke, I., Merkwirth, C., Ehses, S., Krause, F. – Chan, D. C. – Alexander, C. – Bauer, C. – Youle, R. – Langer, T. – Martinou, J. C. (2009): SLP-2 Is Required for Stress-Induced Mitochondrial Hyperfusion. *EMBO Journal*. 28, 1589–1600.
- Wang, Shijun – Szalay M. S. – Zhang, C. – Csermely P. (2008): Learning and Innovative Elements of Strategy Update Rules Expand Cooperative Network Topologies. *PLoS ONE*. 3, e1917.
- Watts, Duncan J. – Strogatz, Steven H. (1998): Collective Dynamics of „Small-world” Networks. *Nature*. 393, 440–442.