

SCIENTIA RERUM POLITICARUM

Rendszerelmélet



Szerkesztette:
SASVÁRI PÉTER

Dialóg Campus

RENDSZERELMÉLET

SCIENTIA RERUM POLITICARUM

Sorozatszerkesztők
Kiss György és Kis Norbert

RENDSZERELMÉLET

Szerkesztette
Sasvári Péter

DIALÓG CAMPUS ❖ BUDAPEST, 2020

A kiadvány a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 azonosító számú,
„A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű
kiemelt projekt keretében jelent meg.

Szerzők

Beláz Annamária (VIII. és IX. fejezet)

Berényi László (IV. és V. fejezet)

Molnár László (I., VI. és VII. fejezet)

Sasvári Péter (II. és III. fejezet)

Szakos Judit (X. fejezet)

Szakmai lektor

Pelczné Gáll Ildikó

DOI: 10.36250/00734.00

© Kiadó, 2020

© Szerkesztő, 2020

© Szerzők, 2020

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

Tartalom

Előszó	11
I. A rendszer- és hálózatszemlélet jelentősége az IKT társadalmi hatásainak modellezésében (<i>Molnár László</i>)	13
1. A fejezet célkitűzése	13
2. A rendszer- és hálózatszemlélet	13
2.1. Rendszerszemlélet	13
2.2. Hálózatszemlélet	15
3. Gyakorlatban a rendszer- és hálózatszemlélet az IKT társadalmi hatásainak modellezésében	18
3.1. Gazdasági hatás	18
3.2. Biztonság- és védelempolitikai hatás	22
3.3. Orvostudományi hatás	26
3.4. Közigazgatás és politika	27
4. Összefoglalás	29
Fogalmak	30
Felhasznált irodalom	31
Ajánlott irodalom	31
II. Rendszerszemlélet és rendszerelmélet (<i>Sasvári Péter</i>)	33
1. A fejezet célkitűzése	33
2. Bevezetés	33
3. Alapfogalmak	34
4. Rendszertípusok	39
4.1. Valós és absztrakt	40
4.2. Statikus és dinamikus	41
4.3. Kapcsolat, szerkezet és idő	42
4.4. Egyszerű és összetett	43
4.5. Csere- és versenykapcsolat	43
4.6. Totális és szummatív rendszer	44
4.7. Determinisztikus és sztochasztikus	44
4.8. Soros, párhuzamos és alternatív	44
4.9. Természetes és mesterséges rendszerek	45
4.10. Az ekvifinalitás, az élő és az élettelen rendszer	46
5. Összefoglalás	47
Fogalmak	47
Felhasznált irodalom	49

III. Rendszerek leírása – változók, adatok, összefüggések (<i>Sasvári Péter</i>)	51
1. A fejezet célkitűzése	51
2. Bevezetés	51
3. Modellezési alapfogalmak	52
3.1. A modellek típusai	52
3.2. A modellezés alapfogalmai	55
3.3. A modellezés módszerei	56
3.4. A modellalkotás lépései	61
3.5. A modellezés általános problémái	61
4. Rendszerirányítás	64
4.1. Izoláció	65
4.2. Vezérlés	65
4.3. Szabályozás	66
5. Összefoglalás	68
Fogalmak	69
Felhasznált irodalom	70
IV. Rendszerek viselkedése (<i>Berényi László</i>)	73
1. A fejezet célkitűzése	73
2. A rendszerek struktúrája	73
3. A rendszerek viselkedésének bonyolultsága	75
4. Determinisztikus, sztochasztikus és kaotikus rendszerviselkedés	77
5. Viselkedési minták leírása a rendszer állapotával	78
6. Rendszerszemlélet és rendszerdinamika	83
Fogalmak	85
Felhasznált irodalom	85
V. Dinamikus rendszermodellezés: oksági diagram készítése (<i>Berényi László</i>)	87
1. A fejezet célkitűzése	87
2. A dinamikus rendszermodellezés szükségessége	87
3. Oksági diagram készítésének menete	88
4. Kölcsönhatások és kapcsolatok: az oksági diagram elkészítése	90
5. A modell finomítása	91
6. Késedelem	93
7. Példák oksági diagramokra	94
7.1. Elektromos ellátás	95
7.2. Globális felmelegedés	96
7.3. A felsőoktatás rendszermodellje	97
7.4. Közlekedés	98
Fogalmak	99
Felhasznált irodalom	100

VI. Komplex rendszerek modellezése és ennek jelentősége (<i>Molnár László</i>)	101
1. A fejezet célkitűzése	101
2. Modellek	101
2.1. Modellezés	101
2.2. A modellezés céljai	102
2.3. Modellek típusai	103
3. Komplex rendszerek	105
3.1. Miket nevezünk komplex rendszernek?	105
3.2. A komplex rendszerek modellezése	106
3.3. Műveletek a modellekkel	108
4. A modellezés megjelenése a szervezetekben	108
4.1. Szervezetmodellezés	109
4.2. Döntéstámogatás	110
4.3. Projektmenedzsment	112
4.4. Folyamatmodellezés	116
5. Összefoglalás	119
Fogalmak	119
Felhasznált irodalom	120
Ajánlott irodalom	121
VII. A hálózatelemzés alapfogalmai – gráfok, centralitás, szomszédosság, hidak és a kis világ (<i>Molnár László</i>)	123
1. A fejezet célkitűzése	123
2. Hálózatkutatás	124
2.1. Bevezetés	124
2.2. Hálózatelemzés fogalma	125
3. Gráfok és hálózat	126
3.1. Königsberg/Kalinyingrád	126
3.2. Kapcsolat a hálózatokkal – élek, csúcsok, fokszám	128
3.3. Szomszédosság és szomszédossági mátrix	129
3.4. Súlyozott hálózatok	132
3.5. A hálózatok morfológiai jellemzői	133
3.6. A hálózatok további jellemzői	134
4. Hálózatelemzés a gyakorlatban	135
4.1. Mekkora a világunk? Kicsi.	135
4.2. A világ skálafüggetlen vagy véletlen hálózatokból áll?	137
5. Összefoglalás	137
Fogalmak	138
Felhasznált irodalom	139
Ajánlott irodalom	140

VIII. A hálózattudomány és az internet kapcsolata (<i>Beláz Annamária</i>)	141
1. A fejezet célkitűzése	141
2. Véletlen hálózatok	141
2.1. A véletlenhálózat-modell	142
2.2. Kis világok – „Hatlépésnyi távolság”	144
2.3. A véletlen hálózat kritikája	147
3. Skálafüggetlenség	148
3.1. Középpontok	148
3.2. A skálafüggetlenség jelentése	149
3.3. Barabási–Albert-modell	150
4. Az internet mint hálózat	151
4.1. Alkalmasság	152
4.2. Robusztusság	152
5. Összefoglalás	155
Fogalmak	155
Felhasznált irodalom	156
Ajánlott irodalom	156
IX. Az ökoszisztémák fogalma és jelentősége az információs társadalomban (<i>Beláz Annamária</i>)	159
1. A fejezet célkitűzése	159
2. Az információs társadalom fogalma, modelljei	159
2.1. A fogalom jelentése: információ, társadalom	159
2.2. Információstársadalom-modellek	161
3. Az információs társadalom fejlődése	164
3.1. Az információs társadalom korszakai	165
3.2. Az információs társadalom fejlődése Magyarországon	169
4. Az információs társadalom működése	171
4.1. Hogyan épül fel? Rendszer vagy hálózat?	172
4.2. Felhasználók – az információs társadalom állampolgára	172
4.3. Az állami-jogi rendszer	173
4.4. Az információs gazdaság	174
5. Összefoglalás	175
Fogalmak	175
Felhasznált irodalom	176
Ajánlott irodalom	176
X. A hálózatok további jellemzői és azok gyakorlati aspektusai, különös tekintettel az álhírekre (<i>Szakos Judit</i>)	179
1. A fejezet célkitűzése	179
2. Fejlődő hálózatok	179
2.1. Elmélet kontra gyakorlat	179
2.2. A Bianconi–Barabási-modell	180
2.3. További kérdések a fejlődő hálózatok tulajdonságai kapcsán	180

3. A hálózatok csoportosulása	181
3.1. Alapfogalmak	181
3.2. Átfedő közösségek	183
3.3. A csoportosulások tulajdonságai	184
3.4. A hálózati közösségek kutatásának gyakorlati haszna	185
4. A hálózatok terjedési sebessége	186
4.1. Terjedési jelenségek: vírusok	187
4.2. Hálózati járványtan: védettség kialakítása	189
4.3. Digitalizáció által indukált hálózatok terjedése	189
5. Az álhírek terjedése és veszélyei	190
5.1. A közösségi média mint hálózat	190
5.2. Fake news	191
5.3. Álhír mint közegészségügyi kockázat	192
5.4. A „trollgyárak” mint a politikai befolyásolás eszközei	193
6. Összefoglalás	195
Fogalmak	195
Felhasznált irodalom	197
Ajánlott irodalom	198

Vákát oldal

Előszó

Jelen tankönyvünk az informatika, adatelemzés, matematika, statisztika tudományába kíván betekintést nyújtani, azon belül is az ezeken átívelő, és ezeken némileg túlmutató rendszer- és hálózattudomány világába. Grandiózus cél ez, főleg mivel tudjuk, hogy az államtudományi osztatlan mesterképzés hallgatói elsősorban nem az előbb felsorolt területeken jeleskednek (bár szent meggyőződésünk, hogy ezen lehet segíteni). A célunkból nem adunk alább, de nem kell megijedni, a különböző tudományterületek érthető és logikus terminológiáját mutatjuk be, képleteket, matematikai fogalmakat egyszerű példákon, fokozatosan bonyolítva vezetünk be, így azoknak is emészthető és tanulható tananyagot nyújtunk, akik messziről kerülnének mindent, amiben egyenlőségjel van, és egyik oldalán sincs szám, csak betűk és jelek. Könyvünk sok egyéb szerző munkássága mellett természetesen nagyban támaszkodik Barabási Albert-László magyar hálózatkutató munkásságának eredményeire, aki szintén fontosnak tartja, hogy a matematikai precizitás és számszerűség mellett a közérthetősége is megmaradjon tudományterületének.

Félretéve a megnyugtatót, nézzük meg, miről lesz szó jelen műben. A tananyag tíz fejezete egy szép ívre fűzhető fel. Az első fejezetben bemutatjuk a rendszer- és hálózat-szemlélet alapfogalmait. Kitérünk a társadalmi, gazdasági és más-más szektorokra tett hatásaira is, így rögtön az első fejezetben, mintegy kedvcsinálónak bemutatunk jó néhány színes gyakorlati példát a tárgy hasznosságát bizonyítva. A második és harmadik fejezet a rendszerelmélet és a divatos rendszerszemlélet fogalmát járja körül. A rendszerek leírását segítő változókat, adatokat vonultat fel, miközben bevezet a modellezés fogalomvilágába és módszereibe. A harmadik fejezetben továbbá kitérünk a rendszerirányítás aspektusaira is.

A negyedik és ötödik fejezetekben a rendszerek viselkedése és a dinamikus rendszer-modellezés témakörében mélyedünk el. Megismerjük, milyen ismérvek mentén jellemezhetünk rendszereket, mit is értünk a rendszerek viselkedésén, és mégis hogyan viselkedhetnek a rendszerek, illetve meg tudjuk azt is, hogy mi a rendszerdinamika. Az ötödik fejezet kiemelt témája az oksági diagram elkészítése, így ennek lépéseit, használt jelöléseit ismerjük meg. Az oksági diagram a gyakorlatban is sokat használt eszköz, így ennek a lépésről lépésre elsajátítása minden Olvasónknak hasznos eszközt tesz a kezébe.

A hatodik fejezet a komplex rendszerek komplex világába kalauzol el bennünket, körüljárjuk ezt a fogalmat, megértése a modern hálózatkutatás alapja, és nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a további, hetedik fejezetben bemutatott hálózatelemzés témakörében igazán elmélyedhessünk. A matematikából már középiskolában tanult gráfelméleti alapok felelevenítése mellett a hálózatelemzés bizonyos jelenségeivel is megismerkedünk, végül a hálózatelemzésre gyakorlati példát is mutatunk.

A nyolcadik fejezet újra a hálózattudomány gyakorlata felé vezet minket, visszatérve az első fejezet földhözragadtabb jellegéhez, és a hálózattudomány és az internet kapcsolatát mutatja be. Két fontos fogalma a fejezetnek a véletlen hálózatok és a skálafüggetlenség. Az eddig bemutatott ismérvek alapján pedig elemezzük az internetet mint hálózatot.

A kilencedik fejezet a nyolcadik fejezetre építve az ott megismert fogalmakat helyezi el az információs társadalmunk világában. Az információs társadalom fogalmi elhelyezése mellett megtörténik a digitális ökoszisztémák kapcsolatrendszerének elemzése is, az információs társadalom alkotóelemei (állam és jog, gazdaság) kölcsönhatásainak felvillantásával.

Végül az utolsó, lezáró fejezet az első fejezettel együtt ad keretet a tananyagnak. Míg az első fejezetünk az elméleti alapok mellett színes, de nem annyira konkrét hálózattudományi gyakorlati eredményeket mutatott be, addig az utolsó fejezetünk ugyanezt teszi, csak a fogalmak mélyebbek, a gyakorlati példák sokkal konkrétabbak, és a bemutatások építenek a korábbi fejezetekre. A fejezet egyik kiemelt témája az internet manapság sokat emlegetett árnyoldala, a közösségi médiák troll- és álhírvilága, és ezek kapcsolata a hálózattudománnyal. Izgalmas!

Tananyagunk célja, hogy a hallgatók kedvet kapjanak a témában további, mélyebb tanulásra. A könyv terjedelmét tekintve nem tud profi adat-, rendszer- és hálózatelemzőket kinevelni, nem is ez a célja, hanem az, hogy a doktori képzést elvégzőknek ne legyenek idegenek a hálózattudomány fogalmai, hisz lassan-lassan talán az alapműveltség részét is képezhetik ezek, mindemellett tényleg hasznosak az irányítás és vezetés, a menedzsment terén is.

I. A rendszer- és hálózatszemlélet jelentősége az IKT társadalmi hatásainak modellezésében

Molnár László

DOI: 10.36250/00734.01

1. A fejezet célkitűzése

A fejezet nem vállal sokat, de azt igyekszik hatékonyan átadni. Mivel ez a tananyag bevezető része, így nem megyünk bele a mély fogalommagyarázatokba és a komplex összefüggések magyarázatába. Helyette felszínes, de helytálló képet szeretnénk kialakítani a tanulóban a rendszer- és hálózatszemlélet fogalmáról, hogy meg tudja ezeket határozni és különböztetni egymástól. A későbbi fejezetek taglalják majd eszköztárukat és a belőlük kinövő rendszerelmélet és hálózattudomány fogalmi kereteit.

Jelen fejezetben ízelítőt, kedvcsinálót kívánunk nyújtani. Éppen ezért érdekes példákat hozunk fel az elméleti bevezetésben is. Megnézzük, mi köze az informatikának agyunk titkainak megismeréséhez vagy a katonai stratégiákhoz. Gyakorlati példák között megismerkedünk az internet rejtett, sötét oldalával, a dark webbel, a gazdaság és orvostudomány modellezésének néhány példájával, hogy bemutassuk, mennyire sokszínű felhasználása van az életben tananyagunknak.

Az IKT társadalmi hatásainak részletes bemutatása az előző féléves információs társadalom kurzus feladata volt, így jelen tananyagnak nem célja ezen hatások részletes bemutatása. Viszont azt érdemes eljáróban megemlíteni, hogy az információs társadalom összefüggéseinek vizsgálata során az adatelemzés és adatbányászat eszközei mellett (függetlenül azoktól vagy épp felhasználva azokat) a rendszer- és hálózattudomány eszköztárát is felhasználják a kutatók az összefüggések megtalálásához és kutatásához.

2. A rendszer- és hálózatszemlélet

2.1. Rendszerszemlélet

A rendszert mint fogalmat a tudományok és a tudományfilozófia szinte a kezdetektől használja, a tudományosság egyik legalapvetőbb fogalma, mégis a rendszer fogalmának definiálása

csak a 20. században kezdődik el; a rendszerelmélet más fogalmaival egyetemben. Ezt az elméletet Ludwig von Bertalanffy¹ osztrák biológus kezdte kidolgozni.

A rendszerelméletről a későbbiekben lesz bővebben is szó, most csak pár alaptételt nézünk meg, hogy megértsük, mik ezek, és láthassunk néhány izgalmas és érdekes példát a rendszerszemlélet gyakorlati hasznosságára.

Az elmélet lényege, hogy a rendszer komplexebb egészt alkot, mint a részelemei együttesen. Szemléletesen nézzük meg az emberi testet. Ha kivesszem az összes sejtünket, és egymásra pakolom őket, bár az egész rendszer minden alkotóelemét egy halomba teszem, mégsem lesz belőle az az élő szervezetrendszer, amely korábban volt.

A rendszerszemlélet lényege, hogy egy rendszert szemlél, alapelve, hogy az alkotóelemeket nem lehet a rendszerből kivéve önmagában vizsgálni, ezért összefüggéseket és folyamatokat vizsgál. Amennyiben a rendszer szerkezetét szeretnénk leírni, először is meg kell vizsgálnunk a részek (alrendszerek) és az egész funkcionális egység között lévő kapcsolatokat.

A rendszerszemlélet fontos eleme, hogy az adott rendszert ritkán tekinti statikusnak, a rendszerek lényegi jellemzője ugyanis az, hogy folyton változnak, dinamikusak. A rendszer elemei, alapvető különbözőségeik ellenére igazi egységet alkotnak. A holisztikus elemzés egy rendszernek vagy a rendszer egy vetületének egészét vizsgálja, hasonlítja vagy azonosítja. Minden egyes elem egy-egy lépcsőfok, és minden ilyen elem a holisztikus leegyszerűsítés művelete által visszavezethető egy egyszerűbb lépcsőfokra, és így egy lépcsőzetes kiterjedést kapunk. Másképp fogalmazva a rendszerszemléletben a világ minden egyes megnyilvánulása visszavezethető a megnyilvánulás kiváltó okára.

A rendszerszemlélet komplex megközelítési módszer, amely azt állítja, hogy ha valamilyen problémára valódi megoldást akarunk találni, akkor rendszerszemléletű válaszokat kell keresnünk, vagyis összefüggésében és folyamatában kell látnunk a dolgokat. Ehhez feltétlenül ismernünk kell az adott rendszer működését. Hiányában két alapvető hibát (MÉSZÁROS–BARÓTI 2013) követhetünk el:

- Nem figyelünk az ok-okozati összefüggésekre. Következménye, hogy tüneti kezelést végzünk.
- Nem vesszük figyelembe a teljes rendszert. Következménye, hogy beavatkozássunkkal a rendszer más részeiben kárt okozunk. Tudatában kell lennünk annak, hogy a rendszer elemei összefüggnek, ezért minden beavatkozás a rendszer minden elemére hatást fejt ki.

Amíg tehát nem értjük a kiváltó okokat, csak tüneti kezelést vagy látszateredményt tudunk elérni. Ha nem összefüggéseiben vizsgáljuk a folyamatokat, állandóan újratermelődik a probléma.

¹ Családneve magyar származású, 16. századi nemesi név, de a család osztráknak tekintette magát a biológus és rendszerkutató születése idején.

A rendszerszemlélet fontos alaptétele a cirkuláris okság (KOMLÓSI 2012), vagyis ha a rendszer egyetlen elemét megváltoztatjuk, akkor ez kihat(hat) a rendszer valamennyi más elemére is. Gondoljunk például egy elköltözésre az életünkben mint rendszerre. Ha költözünk, valamennyire minden más alkotóeleme is változik az életünknek, holott csak – felületesen nézve – a lakcímünk változik meg.

A rendszerelmélet és így a rendszerszemlélet gyakorlati használhatóságának erős támogatást ad a modern informatika folyamatosan fejlődő IKT- (infokommunikációs technológiák) eszközeivel, amelyek gyorsabb számítási kapacitást nyújtanak, így komplexebb elemzések elvégzéséhez segíthetnek hozzá. A másik fontos támasz a számítási kapacitás támogatása mellett az adatbányászat eszközeiben rejlik, amely erősen támaszkodik az emberek világhálón végbemenő cselekedeteire. A modern hálózatok által kínált lehetőségek a rendszerelméletet is alakítják, illetve alapvetően határozzák meg társadalmunkat.

2.2. Hálózatszemlélet

A hálózatok által kínált nézőpont nélkülözhetetlen azoknak, akik szeretnék megérteni napjaink összekapcsolt világát (BARABÁSI 2016). Barabási Albert-László világhírű magyar hálózatkutató a hálózatszemléletet az életünkben rengeteg helyen használható tudásnak ítéli meg, amelyet úgy nevez: hálózattudatosság.

A hálózatelméletről is lesz bővebben szó majd külön, az erre a témára fókuszáló fejezetben, így lényegi meghatározásokat, fogalommagyarázatokat itt nem kínálunk, ahogy a rendszerszemléletnél sem. A hálózattudomány úgy kapcsolódik a rendszerszemlélethez, hogy abból indul ki, minden rendszer (internet, sejtrendszer, személyek közötti szexuális interakciók által alkotott rendszer stb.) elképzelhető hálózatnak, vagyis gráfnak. Ennek a jól leírható gráfnak az ismerete által pedig sok mindent megállapíthatunk a rendszer egészéről. A hálózattudomány egyik legérdekesebb felfedezése pedig az, hogy nagyon hasonlóan működnek a hálózatok, vagyis például egy biológiai rendszer hálózatának struktúrájából nyert következtetések akár felhasználhatók a közösségi háló (Facebook) összefüggéseinek vizsgálatánál, és vice versa (BÍRÓ 2014).

A komplex rendszerek megértése, matematikai leírása, előrejelzése és végső soron irányítása századunk egyik legnagyobb és legfontosabb tudományos feladata. A hálózattudomány pedig ehhez szolgál eszközül. A 21. század legforradalmibb technológiai egytől egyig a hálózatokon alapulnak, s ezek teszik lehetővé például a Google vagy a Facebook működését. A géneket, fehérjéket és anyagcseretermékeket a köztük lévő kölcsönhatás-hálózat fogja össze sejtekké, a sejtek hálózata nélkül pedig nem lenne élet. A szakmai vagy épp baráti, családi kapcsolatok együttesét társadalmi vagy kapcsolati hálózatnak nevezzük. A villamoshálózat révén kapunk áramot gépeink használatához és életünk kényelmesebbé tételéhez. Végeredményképpen elmondható, hogy a hálózatok átjárják a tudomány, az üzlet, a természet és a közigazgatás világát is.

A hálózattudományt segítő két nagy erő (BARABÁSI 2016):

- a hálózati térképek;
- a hálózat tulajdonságainak univerzalizálása.

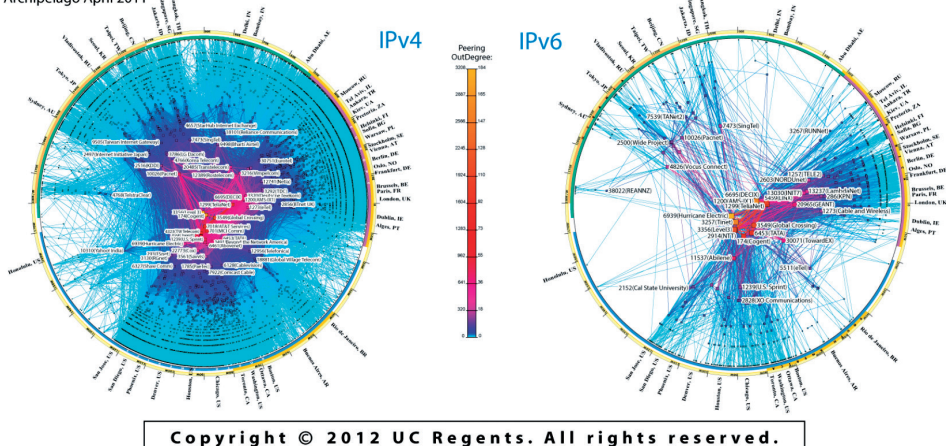
2.2.1. A hálózati térképek

A rendszerek, pláne, ha komplex rendszerek, néhány száz, de akár több milliárd elemből is állhatnak. Ezek leírásához szükségünk van a rendszer kapcsolatainak hálózatos diagramjára. Az ilyen hatalmas rendszerek hálózatos leírása azonban nem egyszerű feladat, olyannyira nem, hogy egészen a közelmúltig nem állt rendelkezésünkre ezek elkészítéséhez alkalmas eszköz. Az internet tette lehetővé a hatékony és gyors adatmegosztást, és az olcsó, digitális tárhelyek használatát a hatalmas adattömegek tárolásához. (Itt sok esetben nem is maga a tárhely a fontos, hanem a fizikai környezetének biztosítása, egy hatalmas szerverpark hűtő- és szellőzőrendszer igényel a különböző biztonsági előírások mellett. Ezt egy kis cég nem tudná biztosítani, viszont tárhelyet, esetleg számítási kapacitást bérelni – felhőmegoldás – az internet korában nem nagy ördögösség valamelyik erre szakosodott cégtől, ráadásul sokkal olcsóbb, mint kiépíteni a szerverparkot.)

Az internet eszközül szolgál, hogy a minket körülvevő és bennünk lévő hálózatok adatait könnyen, olcsón és gyorsan tudjuk gyűjteni, csoportosítani, megosztani és elemezni. A technológiai fejlődésnek hála pedig manapság a hálózati térképek készítése robbanásszerű fejlődésnek indult. A CAIDA- és a DIMES-projekteknek köszönhetjük az első térképeket az internet egészéről.

CAIDA'S IPv4 & IPv6 AS Core AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago April 2011

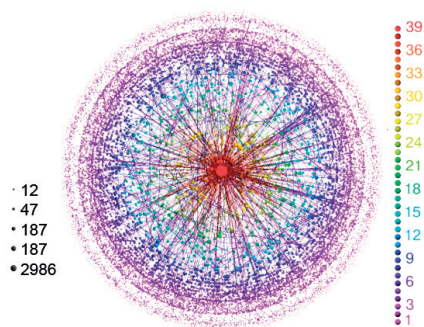


1. ábra

CAIDA-projekt által az internet egészéről készített térkép

Megjegyzés: Balra az IPv4, jobbra az IPv6 tartomány hálózati térképét láthatjuk.

Forrás: IPv4 and IPv6 AS Core: Visualizing IPv4 and IPv6 Internet Topology at a Macroscopic Scale in 2011, s. a.



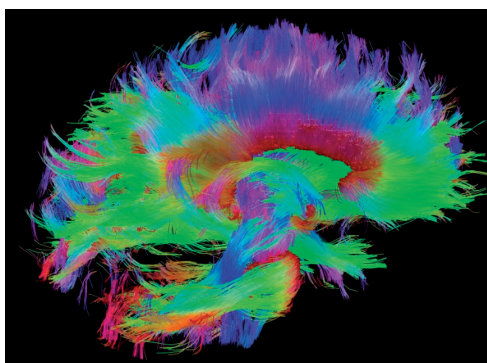
2. ábra

A DIMES-projekt térképe az internet hálózata autonóm rendszerszintű (AS – autonomous system) kapcsolatainak megjelenítéséhez

Megjegyzés: Minden egyes pont egy autonóm rendszer, és minden közöttük húzódó él egy-egy kapcsolat. A bal oldali számok és a különböző méretű pontok az egyes pontok fokszámait jelölik (lásd később).

Forrás: Autonomous System DIMES, 2013

Az internet egészéről készült térképek mellett a hálózattudomány más vizsgált területein is megjelentek hasonló térképek. Biológusok több száz millió dollárba kerülő kísérleti kutatással feltérképezték az élő sejtek fehérje-fehérje kölcsönhatásait. A cégek, amelyek profitjukat a társadalmi hálózatokra építik (például Facebook, LinkedIn), kapcsolataink összegzésére készítenek ilyeneket, míg a National Institutes of Health (az USA egészségügyi kutatásait összefogó intézmény) projektjében, a Connectome-ban az emlősök agyában található ideg-sejtkapcsolatokat térképezik fel.



3. ábra

Egyike a rengeteg idegsejttérképnek, amely a Connetome keretében elkészült

Megjegyzés: A kép az emberi agy fehérállományának szerkezetét mutatja be, a színek a kapcsolatok irányát jelölik.

Forrás: Humanconnectomeproject.org (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)

Az első hálózati térképek még az előző század végén készültek, és sokszor nem is volt céljuk a térképpé válás, csupán más projektek melléktermékeiként születtek, és ezeket használták fel a hálózatkutatók, akik felismerték jelentőségüket. A kutatók leleményességétől erősen függött a hálózatok felismerése és összeállítása a meglévő, egymással gyakran nem kapcsolódó adatbázisokból. Például Hollywoodban összefüggő kapcsolatokat lehetett megállapítani az egyes filmekben játszó színészek listáját tanulmányozva, miután ezek a különböző listákból, könyvekből és enciklopédiákból az internetnek hála központi adatbázisokba kerültek. Ennek oka a filmkedvelők kíváncsiságának kielégítése volt, a hálózatkutatók azonban dolgozni tudtak velük.

2.2.2. A hálózat tulajdonságainak univerzalitása

Ezt az erőt már korábban megemlítettük. Nyilvánvalóan könnyű felsorolni a számítógépes és társadalmi, vagy épp biológiai hálózatok közötti különbségeket. Molekulákról, gépekről vagy épp személyekről, cégekről beszélünk pontokként, míg a kapcsolataik kémiai reakciók, elektromossággal történő adatátvitel, beszélgetés, üzleti tranzakciók. Ezek teljesen különböző hálózatok, amelyek kialakulási folyamatai is rendkívül változatosak (lehet több milliárd éves evolúció, egy filmklisé véletlen összeütközés és kávékilöttyenés vagy tervezett mérnöki munka stb.).

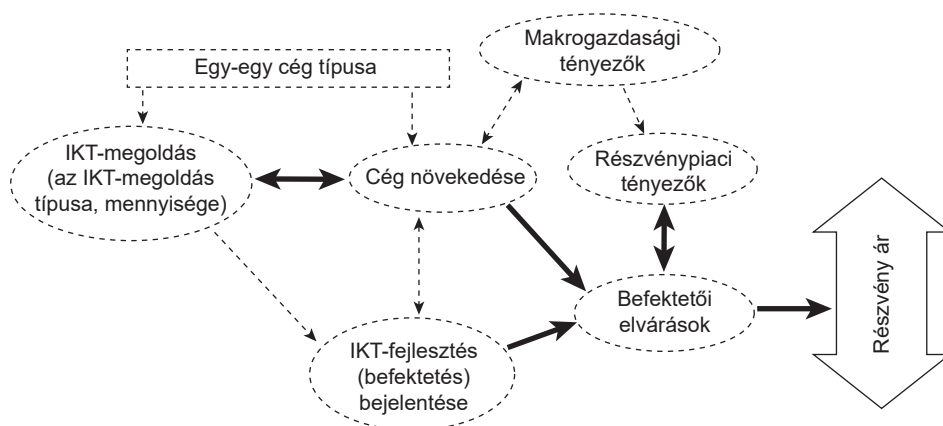
A különböző hálózatok mérete, működése, célja, története és kialakulása erősen eltér egymástól, nem lenne meglepő tehát, ha maguk a hálózatok is jócskán különböznenek. Érdekes módon azonban a hálózatkutatás egyik fő felfedezése pontosan az, hogy a tudomány, a természet és a technológia különböző területein előforduló hálózatok szerkezete igen hasonló. Ennek oka pedig az, hogy a rendezőelveik ugyanazok. Ez pedig azt teszi lehetővé, hogy a hálózatok ugyanazon matematikai eszközökkel kutathatók. Ez a hálózatok univerzitása (BARABÁSI 2016).

3. Gyakorlatban a rendszer- és hálózatszemlélet az IKT társadalmi hatásainak modellezésében

3.1. Gazdasági hatás

3.1.1. Tőzsde és gazdaság

A rendszer- és hálózatszemlélet, illetve az infokommunikációs technológiák gazdasági hatása könnyedén tetten érhető a tőzsdén. Manapság a vállalatok – hála az IKT-eszközöknek – sokkal kiélezettebb és változób feltételekkel bíró versenyben vesznek részt, ahogyan az országok is. Az adott vállalat részvényeinek árfolyamára konkrét hatást gyakorol a választott IKT-megoldás és az adott cég automatizációjának mennyisége.



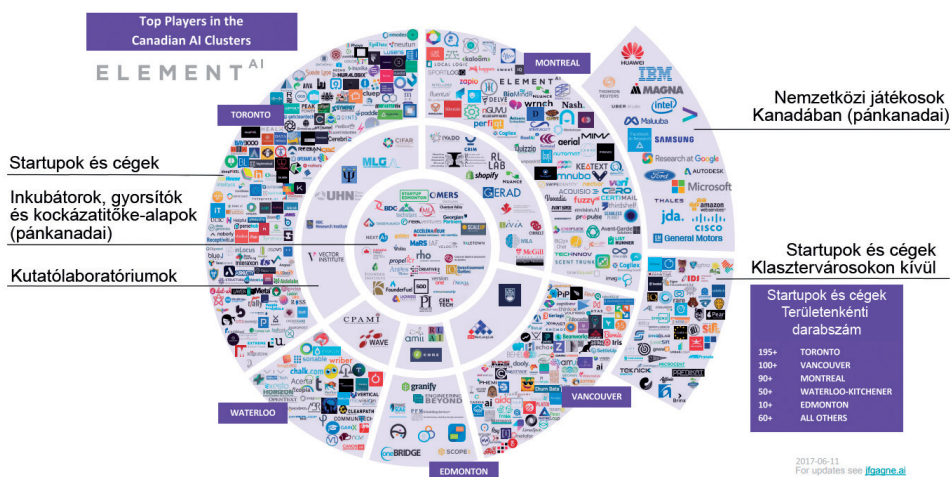
4. ábra

Az IKT-megoldások hatása és helye a vállalat tőrsdei értékének meghatározásában. A valóságban ez nem egy direkt folyamatot jelöl, hanem a hatás azonosíthatóságát

Forrás: JANKE–PACKOVÁ–PRÍDAVOK 2015

Nyilvánvaló hatása a tőrsdén az IKT-nak az IKT-alapú cégek megjelenése is. Mára már nem csak az olyan nagy IKT-cégek, mint a Microsoft vagy az IBM határozzák meg a tőrsdei forgalom jelentős részét, hanem az IKT-n belüli külön iparágak is komoly hatást fejtenek ki a gazdaságra mind a tőrsdén, mind az egyes országok GDP-jét nézve. Ilyen IKT-szegmens lehet a közösségi oldalak, a hardvergyártók vagy épp a mesterséges intelligencia szegmense. A klasszikus, nem IKT-iparágak az IKT-megoldások használatával pedig a globalizációt minden eddiginél hatékonyabban képesek kihasználni. Webshopokat működtetnek, real-time marketinget használnak, vagy épp vállalatirányítási szoftverek segítségével akkor gyártanak le csak valamit, amikor azt valaki megrendeli, így nem tartanak fenn feleslegesen raktárkészletet, és ezen spórolnak.

Az IKT hatásai rendkívül széles körűek és az egyes tőrsdei szereplők „életén” is kimutathatók. Ahhoz, hogy hatékonyan fel tudjuk ezeket térképezni, modellezni és megérteni, szükség van a rendszerszemléletre és a hálózattudományra egyaránt. Adatokat kell szerezni, összefüggéseket kell vizsgálni, és ezeket vizualizálni, következtetéseket levonni. A tőrsdei folyamatok sokkal inkább tükrözik a valóságot, mint régebben. Ráadásként manapság a tőrsdén az emberek helyét egyre inkább átveszik a tőrsdei kereskedő robotok, akik egymással kereskednek, így tompítva az emberi psziché hatásait.



5. ábra

Kanada mesterséges intelligencia iparágában részt vevő főbb cégek földrajzi területenként és kategóriánként (kutató, startupok és cégek, inkubátor-örszönző)

Forrás: GAGNÉ 2018

3.1.2. Menedzsment

Az IKT-eszközök magasabb fokú kihasználására épül a leanmenedzsment is. A lean szó jelentése sovány, karcsú. A lean kifejezést 1988-ban publikálta először John Krafcik, majd átfogóan James Womack és Daniel Jones munkásságából ismerte meg a világ. A termelékenység kérdésében alapvető változás következett be: míg korábban Ohno feladata a Toyotánál az volt, hogy érje el a Ford eredményességét, néhány évtizeddel később az USA próbálta meg „másolni” a japán sikert. A szerzők az autógyártásra fókuszálva végeztek összehasonlító elemzéseket, és próbálták meghatározni a siker összetevőit (BERÉNYI 2015).

A leantermelés jellemzői az alábbiakban foglalhatók össze:

- átlátható munkahely-kialakítás,
- önellenőrzés beépítése a folyamatokba,
- a munkavégzés szabványosítása,
- megelőző karbantartás a teljesítőképesség fenntartására,
- kiegyenlített termelés megvalósítása.

A leanmódszer korábbi, mint ahogy a hálózattudomány igazán modellezni tudta volna, viszont hatékonyan akkor működik, ha a vásárlási, eladási, előadási és szállítási folyamatokat megfelelően tudjuk modellezni, adatok állnak rendelkezésünkre, és a végletekig igyekszünk ezeket a folyamatokat gyorsítani, egyszerűsíteni és olcsóbbá tenni (BERÉNYI 2015).

3.1.3. Emberi erőforrás

Az intézmények – legyenek azok gazdasági vagy közigazgatási szervek – működésének egyik kulcstényezője a megfelelő emberierőforrás-menedzsment. A szervezeti hierarchiák jól jönnek a döntéstámogatásban, ugyanakkor a gyakorlatban nem mindig értjük meg, hogy a felső vezetés akarata miért nem valósul meg az alsóbb szinteken.

Ennek kiderítésére segítségül hívhatjuk a hálózattudományt. A szervezet sikerét a jó stratégiai tervezésen és projekteken túl az emberek egymás közti kommunikációja által definiált informális hálózat határozza meg. A szervezetek hálózattérképei rámutathatnak arra, hogy egyes személyek, egységek között nincs, vagy csak részben van kommunikáció, míg más személyek esetleg sokkal jobban beleágyazódtak a szervezet belső kommunikációjába, mint az elsőre indokolt lenne.

Barabási nagyon szemléletesen mutatja be ezt egy magyar vállalaton, amelynek három telephelye van az ország különböző pontjain, és a vezetőség nem érti, miért térnek el az információk, amelyeket közvetítenek a cég alkalmazottainál fellelhető információktól. A Maven7 cég információkat gyűjtött a vállalat alkalmazottaitól, hogy kinek a tanácsát kéri ki, ha a céggel kapcsolatos döntést kell meghozniuk. A szervezeti és szakmai információforrásként megjelenő emberek csomópontok lettek, és a vállalat vezetősége elég kevés emberrel összekötött csomópontot alkotott, míg mondjuk az egyik legalsóbb szintű vezető lett a legnagyobb szervezeti csomópont. Ő felelt a különböző telephelyeken, irodákban a biztonsági és környezetvédelmi elvek betartásáért. Egy rendkívül beszédes illető volt, aki minden helyszínen járt, és sok mindent tudott, a felső vezetőkön kívül lényegében szinte mindenkivel kapcsolatban állt. Mivel nem a felsővezetéstől érkező, valós információkkal rendelkezett, hanem az innen-onnan összeszedett pletykákkal, ezért a menedzsment szándéka általa rendkívül torzult, annak ellenére, hogy mindenki megkapta a munkahelyi e-maileket, és mindenki számára elérhetőek voltak a belső hálózaton a vezetés utasításai, bár ezeket lehet, hogy kevesen olvasták... Felmerül a kérdés, hogy mit kell tenni az illetővel. Rúgjuk ki? Léptessük elő? A legjobb megoldás, hogy az ilyen embereket nyugodtan megtartjuk a pozíciójukban, ha amúgy alkalmasak rá, csak vonjuk be az információfolyamunkba, és így adjunk nekik valós adatokat, amelyeket aztán terjeszthetnek ugyanúgy, mint eddig. A kolléga biztosan örülni fog, hogy a fontos döntésekkor behívja a felső vezetés, beszélgetnek vele, és ez a presztízs önmagában jutalom neki. Többletfeladatot viszont nem adunk neki, bár érdemes azért még némi fizetésemeléssel is jutalmazni.

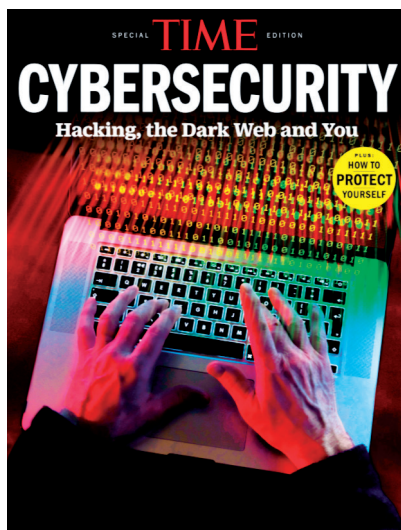
A szervezetrányítás szakirodalma szerint az ilyen informális kommunikációs csatornák rendkívül fontosak a szervezet sikeres irányítása szempontjából. Az ilyen csatornákat viszont hálózati térkép elkészítésével tudjuk a leghatékonyabban feltérképezni. Több cég pedig arra szakosodott, hogy a szervezetek belső szerkezetét feltérképezze, azonosítsa a véleményformáló egyéneket, megmondja, mi miatt mondanak fel alkalmazottak, így megakadályozhatóvá tege az, vagy eredményesebb termék- vagy szolgáltatásadási mechanizmusokat javasolhatnak. Egyre több vállalatirányítási szoftver jelenik meg a piacon, amely szintén képes társadalmi kapcsolathálót elemző szolgáltatást is nyújtani, bár ezek még nem tudják helyettesíteni a célzott, emberek általi kutatásokat, mégis sok hasznos következtetést adhatnak.

3.2. Biztonság- és védelempolitikai hatás

3.2.1. Bűnüldözés a web sötét oldalán

A mai modern információs társadalomban az egyik legaggasztóbb és közben legszabadabb jelenség az úgynevezett dark web (sötét web). Legszerencsésebb, mert ezen az internet bizonyos átlagfelhasználóktól elzárt vidékén nincs semmilyen cenzúra, nem alakul ki igazán a véleménybuborék, és felhasználói teljes anonimitás mögött, lényegében bármit csinálhatnak, a törvény keze ritkán ér el ide. Pont emiatt azonban a modern szervezett bűnözés egyik bástyája is.

A dark webet átlagos böngészővel (például Chrome, Firefox vagy Microsoft Edge) nem lehet elérni, speciális böngészőre van hozzá szükség, az egyik ilyen a Tor. Maga a kifejezés a *Time* magazin *Cybersecurity* (kiberbiztonság) különszámával került be a hétköznapi szóhasználatba. A Tor böngésző azon túl, hogy lehetőséget ad az internet sötét oldalán való szörfölésre, még anonimitást is garantál, emiatt nem feltétlenül kell rögtön gyanakodnunk, ha egy ismerősünknek megtaláljuk. A dark web ellenőrizhetetlensége nagyrészt nem bűnözőket takar, ugyanakkor mégis a drog- és fegyverkereskedelem, az embercsempészet, a gyermekpornográfia és más illegális szexuális aberrációk gyűjtőhelye. Az ilyen oldalakat üzemeltetni és egyes országokban látogatni is bűncselekmény. Éppen ezért vannak a dark weben, ahol nehéz felkutatni a készítőket, a felhasználókat beazonosítani meg még inkább problémás. Míg egy átlag felhasználó átlag gépe rengeteg nyomot hagy a netezés során, emiatt a rendőrség gyorsan nyomára tud bukkanni egy átlagos internetes zaklatónak, a sötét web megvédi ezeket a felhasználókat.



6. ábra

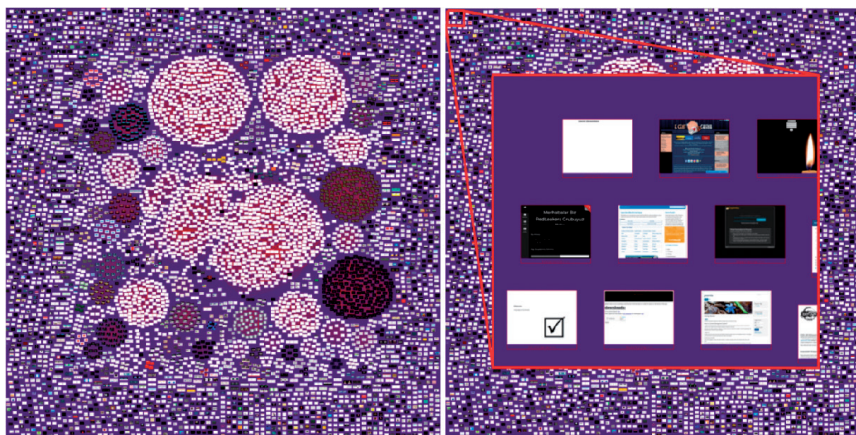
A Time kiberbiztonsággal foglalkozó különszáma

Forrás: Time, 2018. január 19.

A Tor azonkívül, hogy elrejtí a felhasználója IP-címét, így földrajzi tartózkodási helyét, elrejtí a weboldalak helyét is. Ezt a szolgáltatást hagymaszolgáltatásnak nevezzük (onion service). Sok mindenre használják, ami nem mindig egyértelműen besorolható a jó és a rossz kategóriájába, például egy elnyomó hatalmat kikerülni kívánó polgárok egymással szabadon beszélgethetnek rajta, az újságírók így garantálják informátoraik anonimitásának megőrzését, illetve az átlag állampolgároknak is jól jön, ha el akarják kerülni a real marketing eszközeit, és azt, hogy mindenféle adatokat tároljanak róluk.

A bűnüldöző szervezeteknek és kutatóknak egyaránt izgalmas téma ugyanakkor valami módon a dark weben található oldalak megismerése. A Hyperion Gray blog készítői erre vállalkoztak. A Tor böngésző adatai alapján 60 ezer hagymaszolgáltatást üzemeltetnek, ebből 6608-at sikerült a bloggereknek feltérképezni mesterséges intelligencia segítségével (úgynevezett *web crawler*) (*Dark Web Map* 2018).

Sok különféle oldalt találtak, például olyat, amely India postáit és irányítószámait tartalmazza, tehát teljesen ártatlan, akár a sötét weben kívül is működtethető oldal is lehetne. Az elkészült térképen a háló pontjai weboldalak képei, míg a köztük húzott kapcsolat azt jeleníti meg, ha két oldalt „azonosnak” tekintettek.



7. ábra

A Hyperion Gray által készített darkweb-térkép, baloldalt, illetve belenagyítva: jobboldalt

Forrás: Dark Web Map, 2018

Az azonosság a weboldalak kapcsán nem azt jelenti, hogy ugyanazok (lásd 8. ábra). Két oldal szerencsejátékokkal foglalkozik, és bár más a színvilága és képi világa, feltételezhető, hogy ugyanaz a készítőjük. Olyannyira, ha igazán akarnánk, játszhatnánk rajtuk olyan játékot, hogy számoljuk meg az azonos szerkezeti elemeket (például menüelrendezés, hírek menü a jobb oldalon stb.).



8. ábra

Két azonos dark web oldal, amelyek különbözök

Megjegyzés: A képek alján a dark webben elérhető nevük látható az utolsó négy karakter kitakarásával, mivel a Hyperion Gray csapatának nem az volt a célja, hogy valamiféle brosúrát készítsen, hanem tudományos szempontból vizsgálták ezeket az oldalakat, így megőrizték anonimitásukat, nehogy a bűnözést támogassák ezzel.

Forrás: Dark Web Map, 2018

A bloggerek találtak továbbá a dark webben sok olyan oldalt, amely Secure Dropot futtat, amely egy anonim szivárogtató rendszer, direkt azoknak kitalálva, akik cégükről, kormányukról vagy valami másról tudnak hiteles adatokat, valami sötét ügyletről, de nem akarják veszélyeztetni saját állásukat. Több nagy újság, például a *The Guardian* üzemeltet a dark webben oldalt magának az ilyen emberek számára. Az ilyen oldalakat is egy nagyobb halmazba tömörítve látjuk a hálóban.

A Hyperion Gray oldalán, illetve külön a www.hyperiongray.com/dark-web-map/ linken mi magunk is megnézegethetjük a felderített weboldalak nyitóképeit, ugyanakkor mivel találhatunk köztük olyan tartalmakat, amelyek nem biztos, hogy jó hatással lennének közérzetünkre, mindenki csak saját felelősségére nézze meg ezeket.

A hálózatkutatás ugyanakkor jó eszköz a rendőrségeknek, hogy a ténylegesen törvénybe ütköző tevékenységeknek a netes alvilágát hasonló módon feltérképezze és felszámolja.

3.2.2. Terrorizmus és katonaság

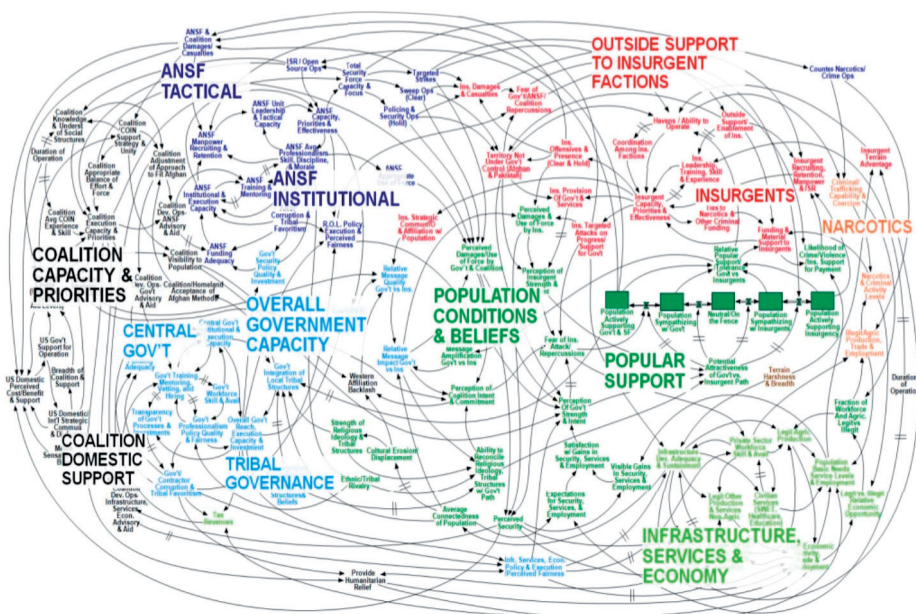
A terrorizmus az erőszak alkalmazásának vagy az azzal való fenyegetésnek olyan stratégiája, amelynek célja a félelemkeltés révén meghatározott politikai, ideológiai, vallási célok kikényszerítése. A félelemkeltés az erőszak minden formájának – a kocsmai verekedéstől a hagyományos hadviselésig – velejárója, segítője lehet, de a terrorizmus esetében ez a viszony fordított, az erőszak közvetlen áldozatait, kárvallottait legfeljebb csak szimbolikus kapcsolatban állnak az akció valódi céljával, kiválasztásuk másodlagos jelentőségű, legtöbbször véletlenszerű. A terrorizmus modern formáinak kialakulásában fontos szerepe van a tömegmédia létrejöttének, amely nemzetközi méretekben képes az embereket az erőszak sokkoló jeleneteinek részeseivé tenni, azok hatását felfokozni.

A terrorizmus az internet megjelenésével egy hatékony platformot kapott a terjedésre. Éppen ezért a terrorelhárító szervezeteknek is fejlődniük kell, lépést kell tartani az olyan, 21. századi technológiákat maximálisan kihasználó szervezetekkel, mint az ISIS. A rendszer-

szemlélet és hálózatszemlélet az IKT segítségével terjedő terrorizmus elleni harc eszközévé vált az utóbbi években.

Felderíthetők és lerombolhatók a terrorista szervek pénzügyi hálói. Feltérképezhetők tagjaik, a tagok képességei, esetleges búvóhelyeik. Mivel a terrorelhárítás gyakorlata nagyrészt titkosított adatokból áll, így a mezei hálózatkutatók gondban lehetnek, ha önálló kutatásba próbálnak kezdeni (nem is javallott), de néhány részletesen dokumentált esettanulmány már napvilágot látott. Kapcsolati hálózatokat alkalmazva találták meg annak idején például a 2004. március 11-i madridi metróröbbségek elkövetőit, és azóta is sok más terroristát. Legtöbbször pusztán a mobiltelefon-hívások beazonosítása elegendő komplett hálózatok felderítésére (nem véletlen, hogy az eldobható, feltöltőkártyás, magyar SIM-kártyákat kezdtek el használni tömegesen a terroristák pár éve).

A terrorizmus és gerilla-hadviselés ellen a modern hadseregek is sérülékenyek. Ennek alapja az, hogy egy professzionális hadsereg fenntartása sokba kerül, egy rajtaütésszerű támadás viszont csak pár fanatikus szinte spontán támadása is lehet, így a teljes védekezés nem fenntartható, míg a támadások rendkívül olcsók. Erre ki kellett találni valami hatékonyabb módszert, és a hadsereg a hálózat kutatás felé nézett, legalábbis az Egyesült Államokban, a híres West Point katonai akadémián, ahol direkt azt kutatják és tanítják a megfelelő embereknek, hogyan lehet szembeszállni a terrorista és bűnözői hálózatok alacsony intenzitású konfliktusaival.



9. ábra

Egy katonai hadművelet mögötti hálózat

Megjegyzés: Ezt a diagramot az afgán háború idején, 2002-ben készítették az amerikaiak. Jól látszik rajta a modern katonai szerepvállalási feladatok szorosan összefüggő hálózata. A hadseregeknek figyelni kell az ellenállók pénzügyi utánpótlásaira (például drogttermelők) és a helyi lakosság megítélésére és életkörülményeire is.

Forrás: BARABÁSI 2016

Természetesen ezzel vissza is lehet élni, mára ismeretes az NSA (National Security Agency) korlátozás nélküli hálózattérképezése. A hálózatkutatóknak a több száz millió amerikai és külföldi lehallgatásának és hálózati tevékenységének monitorozását jelentő akció egy új feladatot adott: meg kell találni a módját, hogy a hálózattudományt etikusan lehessen csak használni.

3.3. Orvostudományi hatás

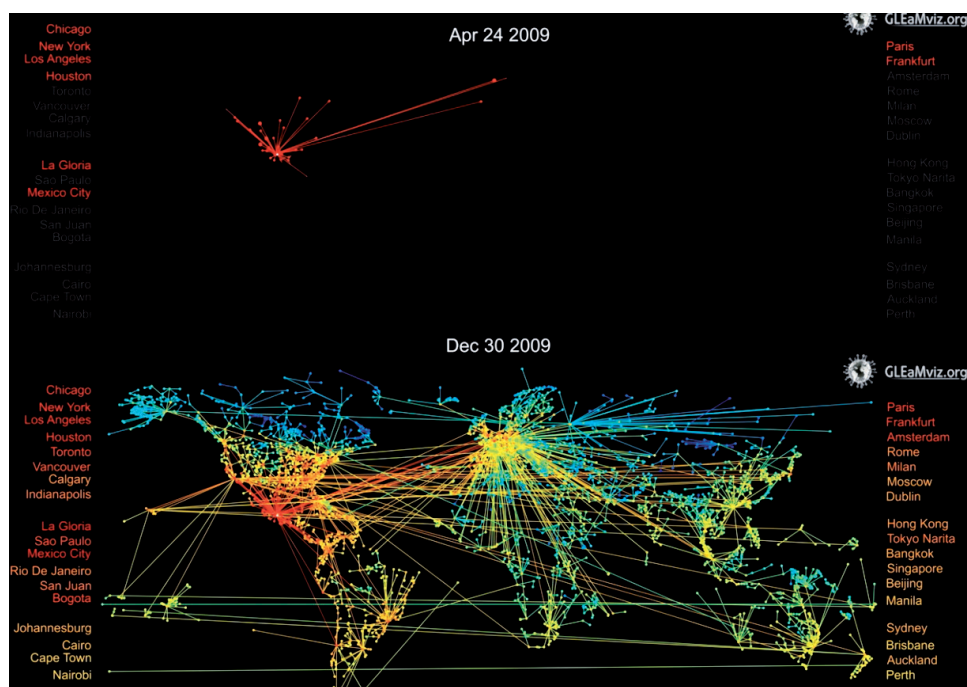
A 2001-ben lezárult Humán Genom Projekt adta az első összefüggő listát az ember teljes génkészletéről. Génjeink listája ugyanakkor nem elegendő ahhoz, hogy megértsük sejteink működését és betegségeink eredetét. Szükségünk van a gének, fehérjék, az anyagcserében részt vevő molekulák és a sejtbeli alkotóelemek kölcsönhatásainak pontos térképére is. A legtöbb sejtbeli folyamat molekuláris szintű hálózatokon alapszik, és nagyrészt ezen hálózatok összeomlásakor következnek be a betegségek.

A molekuláris biológiai hálózatok jelentőségének növekedése a hálózati biológia megjelenéséhez vezetett, amely a sejtbeli hálózatok megértésével foglalkozik. Ezzel párhuzamosan a hálózati orvostudomány pedig a hálózatok szerepét a betegségek kialakulásában vizsgálja. Az így megismert emberi szervezet segít abban, hogy a hálózati gyógyszerkutatás révén olyan gyógyszereket tudjunk előállítani, amelyek a lehető legkevesebb mellékhatással járnak (BARABÁSI 2016).

A vírusok terjedésének előrejelzésében is kiemelt szerepe van a hálózattudománynak. Az első járvány, amelynek sikeres, valós idejű előrejelzését készítették el, a 2009-es H1N1 vírus terjedése volt, amelyhez a világméretű közlekedési hálózatok struktúráját és dinamikáját leíró adatokat vették alapul. A projekt keretében megállapították, hogy a járvány 2009 októberében tetőzik, nem a szokásos januári–februári influenza-időszakban, így az oltások, amelyeket általában novemberre készítenek el, korábban kellene. A projekt sikere mutatja a hálózattudományok hasznát az emberiség egészére nézve.

A hálózati járványtan váltotta fel a korábbi térbeli modelleket a járványmodellezésben, míg utóbbi azt feltételezte, hogy bárki bárkit megfertőzhet, ha azonos fizikai térben tartózkodik vele, előbbi a hálózatiság jellegéből indul ki, és alapjaiban változtatta meg a járványtani előrejelzéseket. Ez a kutatási terület ad módot a biológiai vírusokon túl a digitális és társadalmi vírusok (ügynyezett mémek), illetve számítógépes, mobiltelefonos vírusok terjedésének modellezésére és előrejelzésére is.

Visszakanyarodva említsük még meg az agykutatást is. Beszéltünk már a Connectome projektről korábban is, de akkor nem hangsúlyoztuk, hogy bár rengeteg látványos hálózati térképpel gazdagított bennünket, még mindig nagyon messze vagyunk agyunk teljes feltérképezésétől. Az emberi agyat több száz millió egymással kapcsolatban álló idegsejt alkotja, és hálózatkutatói szempontból ez az egyik legkevésbé megértett rendszer. Jelenleg az egyetlen kutatási célokra rendelkezésre álló és teljesen feltérképezett agy a mindössze 302 idegsejttel rendelkező *C. elegans* fíregé (BARABÁSI 2016). Az emlősök agya működésének feltérképezése és megértése rengeteg idegrendszeri és agyi betegség gyógyításához vezethet.



10. ábra

A H1N1 vírus járvány 2009-es előrejelzése két időpontban (2009. április 24., illetve december 30.)

Megjegyzés: Az előrejelzést napról napra bemutató videó elérhető Barabási weboldalán.

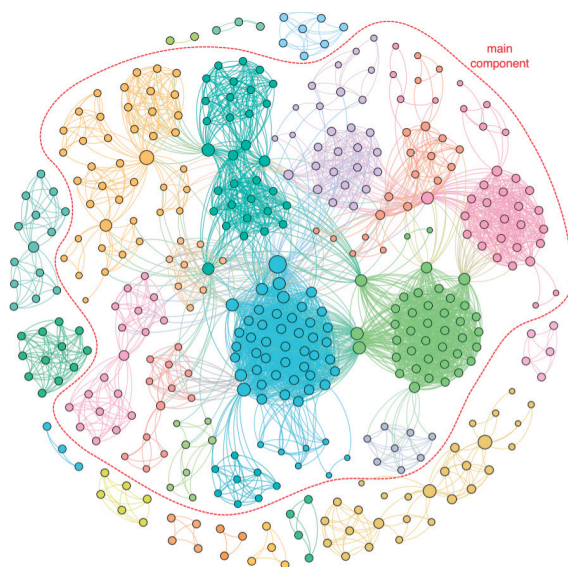
Forrás: Networksciencebook.com (A letöltés dátuma: 2018. 03. 14.)

3.4. Közigazgatás és politika

3.4.1. Politikai botrányok

A Világbank jelentése szerint a korrupció a világ nagy közös kasszájából évente körülbelül a teljes gazdaság 2%-ának megfelelő összeget von el, ami bár alacsony számnak tűnik, a valóságban óriási pénzösszegekről van szó, ezáltal az egyik legkomolyabb globális, pénzügyi probléma, amelyet súlyosbít az is, hogy a szegény rétegek kárára történik (*Combating Corruption* 2017).

Egy kutatás viszont a korrupciós ügyek felderítésében kíván segítséget nyújtani. Egy szlovén–osztrák–brazil kutatócsoport arra jutott, hogy a jövőbeli korrupciós botrányok résztvevőire lehet következtetni a múltbeli és jelenbeli botrányok résztvevőit vizsgálva. 27 év alatt lezajlott 65 jól dokumentált, brazil korrupciós ügyet vizsgáltak, összesen 400 személlyel, aki részt vett az ügyekben.



11. ábra

Az 1987-től 2014-ig Brazília korrupciós botrányaiban részt vevő egyének komplex hálózata

Megjegyzés: Az egyének közötti kapcsolatok jelzik, hogy mindketten érintettek az adott botrányban.

Forrás: RIBEIRO–ALVES–MARTINS–LENZI–PERC 2018

A hálózattudomány eszközeinek segítségével az ilyen ügyekben rejtőzködni próbáló egyéneket is fel lehet deríteni. Olyan megállapításokat tettek, hogy a botrányok választási ciklusonként törnek ki és csendesülnek el, és általában kisebb, nyolcfős csoportokat érintenek, illetve beazonosíthatók egyes központi szerepet játszó politikusok, akik több botrányban is szereplői. A kutatás leginkább azért hasznos, mert a politikai váltógazdaságokban újra és újra felbukkannak ugyanazok a szereplők, akik neve korábban már felmerült korrupciós ügyekben. A hálózattudomány eszközeivel az ő saját kis világukat vizsgálva pedig következtetni lehet a jövőbeli vagy éppen jelenbeli korrupciós ügyek szereplőire is (RIBEIRO–ALVES–MARTINS–LENZI–PERC 2018).

3.4.2. Közigazgatás-szervezés

A hálózattudomány adatai segítségül szolgálhatnak a nagyobb rendszerek, mint megyék, országok közigazgatási és más állami feladatvállalási területek (például rendészeti igazgatás, egészségügyi igazgatás stb.) tervezésében is.

Az egyik ilyen nagyszabású adatfelhasználás hazánkban a Szócska Miklós nevéhez köthető egészségügyi átalakításokban lelhető fel. A kormányzervek az egészségügy racionalizálásában, forrásmegtakarításában a hálózattudomány eszközeit használták fel. Elkészült egy mentőautó-kérkezési időt jelző térkép, illetve az egyes kórházakban igénybe vett szolgáltatásokat mérték fel, és az orvosok által felírt recepteket is. Ezekből következ-

tetve szüntettek meg egyes kórházakban ágyakat, amit mégsem nehezményezett a lakosság, mivel hálózati eszközökkel bizonyított volt, hogy azok az ágyak feleslegesek, a kórházak terheltségének eloszlása érdekében az illetékességi határokat nem vonalzó mentén, vagy épp a megyehatárokat nézve állapították meg, hanem úgy, hogy a kevésbé terhelte kórházak több terhelést kapjanak, mentesítve ezzel a jobban terhelte kórházakat.

Vizsgálták továbbá a kórházak adósságállományát és a beszállítók felé történő tartozásokat is. Kiderült, hogy az adósság nagy részét 4-5 kórház halmozta fel, és 2-3 beszállító irányában van a legtöbb tartozás. A kormánynak így elegendő volt ezeket rendezni, hogy jelentős javulást mutathasson fel az egészségügy finanszírozási kérdéseiben.

Az egyes kórházak képességeinek felmérése és a lakosság egészségügyi igényeit bemutató hálózatokból pedig sokkal pontosabban meg lehet határozni, hogy mely egészségügyi létesítményekben milyen fejlesztéseket érdemes eszközölni.²

Az egészségügy rendszere áttervezésének tapasztalatai és mélyebb elemzése hozzájárulhat a jövőben az állami szféra más területeinek hatékonyabbá, gyorsabbá és állampolgár-barátibbá tételéhez is.

4. Összefoglalás

A rendszerszemlélet és hálózatszemlélet nagyon sok valós probléma megoldásában segítségünkre lehet. Valós társadalmi, gazdasági helyzetekre adhatnak precíz előrejelzéseket, amelyek alapján tudatosabb stratégiát lehet választani. Életképes, hatékony és előrelátó fejlesztéseket lehet eszközölni. A tananyagban felsorolt példákon túl a társadalmi hatások modellezésében rengeteg más példát is fel lehetne hozni, ahol az IKT-eszközök szolgálnak számunkra adatokat, vagy éppen az egyes változások elindítói. Alapvető igény fogalmazható meg a rendszer- és hálózatszemlélet kialakítása szükségességének irányában, amikor a világunk hatásait vizsgáljuk.

A hálózattudomány és a rendszerelmélet is az IKT-fejlesztések tükrében gyorsan fejlődő tudományterületek, amelyeknek kézzelfogható gyakorlati eredményeik is vannak, és még nagyon messze vagyunk attól, hogy elmondhassuk, teljes egészében megértettük, mire is jók ezek.

Jelen tananyagrészt az azt a célt tűzte ki maga elé, hogy megismertesse a hallgatót a rendszer- és hálózatszemlélet fogalmával, és gyakorlati példák segítségével mutassa meg egyes eredményeit. A felsorolás azonban nem volt teljes körű, rengeteg olyan példát lehet hozni, akár a mindennapi életből, akár a hírekből, ahol találkozhatunk anyagunk jelentőségével a gyakorlatban. Ilyen lehet például a migráció (belső, országon belüli és kívülről jövő) modellezése és előrejelzése, a közösségi oldalakon fellelhető kapcsolatok bemutatása vagy az online marketing eszközeinek mélyebb megismerése. A tudományterületek fiatal kora miatt ráadásul rengeteg területen még nem is alkalmazzuk módszereiket, ahol nyilvánvaló hasznuk lenne, ott sem, mivel még nem elterjedt a használatuk. Reményeink szerint a tananyag hozzájárul ahhoz, hogy a magyar közigazgatásban és akár a magánszférában is meghonosodjon a rendszer- és hálózatszemlélet, és hasznos, jövőbeli fejlesztések keljenek életre.

² Szerző megjegyzése: Bár ezek a változások enyhítik az egészségügy forráshiányát és gyorsítják a betegellátást, felületi kezelések csupán a magyar egészségügyben, viszont nagyon szépen kivitelezettek!

Fogalmak

- rendszerelmélet
- rendszerek
- alrendszerek
- statikus rendszer
- dinamikus rendszer
- cirkuláris okság
- hálózattudomány
- hálózattudatosság
- hálózati térképek
- univerzalitás
- CAIDA-projekt
- DIMES-projekt
- társadalmi háló
- Connectome
- leanmenedzsment
- kapcsolati háló
- dark web
- onion service
- web crawler
- „azonos” weboldal
- molekuláris biológiai hálózatok
- hálózati járványtan
- hálózati orvostudomány

Áttekintő kérdések

1. Mi a különbség a hálózat és a rendszer között?
2. Melyek a rendszerszemlélet alapvető hibái?
3. Barabási miket határoz meg a hálózattudomány két nagy hajtóerejeként? Mire jók ezek?
4. A hálózat- és rendszerszemlélet az IKT-eszközök segítségével lényegében a társadalom minden szegmensében hozhat eredményeket. Sorolja fel, hogy mely szegmensekre hoztunk példákat a tananyagban!
5. Gondolkodjunk, vajon hogyan jelenhet meg a rendszer- és hálózatszemlélet a társadalom azon szegmenseiben (például kultúra, oktatás), amelyeket jelen anyagban nem érintettünk!
6. Mit gondol, milyen jövő vár ránk, ha hálózati eszközökkel, mesterséges intelligenciák segítségével a bűnesetek megjósolhatóvá válnak? Túlmutatva a tananyagban és a távoli jövőbe nézve: Le lehet-e tartóztatni valakit olyan bűncselekmény elkövetésének gyanúja miatt, amelyről talán még ő sem tudja, hogy elkövetője lesz?

Felhasznált irodalom

- Autonomous System DIMES* (2013). LaNet-vi (Large Network Visualization tool). Elérhető: <http://lanet-vi.fi.uba.ar/gallery.php> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)
- BARABÁSI A.-L. (2016): *A hálózatok tudománya*. Budapest, Libri.
- BERÉNYI L. (2015): *A Toyota-módszer hatása a minőségmenedzsmentre*. Elérhető: www.szervez.uni-miskolc.hu/blaci/leanjegyzet/index.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 15.)
- BÍRÓ J. (2014): *Hálózattudomány (Network Science)*. BME-VIK Távközlési és Médiainformatikai Tanszék. Elérhető: www.tmit.bme.hu/hsn-network-science (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)
- Combating Corruption* (2017). The World Bank. Elérhető: www.worldbank.org/en/topic/governance/brief/anti-corruption (A letöltés dátuma: 2018. 03. 18.)
- Dark Web Map* (2018). Hyperion Gray. Elérhető: www.hyperiongray.com/dark-web-map/ (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- GAGNÉ J.-F. (2018): *JFG blog*. Elérhető: www.jfsgagne.ai/ (A letöltés dátuma: 2018. 03. 15.)
- IPv4 and IPv6 AS Core: Visualizing IPv4 and IPv6 Internet Topology at a Macroscopic Scale in 2011* (s. a.). Caida. Elérhető: www.caida.org/research/topology/as_core_network/2011/ (A letöltés dátuma: 2018. 03. 11.)
- JANKE, F. – PACKOVÁ, M. – PRÍDAVOK, M. (2015): Stock market reaction to ICT implementation: Model based on comparison of developed and transition economies. *Ekonomie a Management*, Vol. 18, No. 3. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.15240/tul/001/2015-3-009>
- KOMLÓSI P. (2012): *A rendszerszemlélet*. Elérhető: <http://semmelweis.hu/klinikai-pszichologia/files/2012/06/Dr.-Koml%3Acsi-Piroska-A-rendszerszemlelet.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 11.)
- MÉSZÁROS A. – BARÓTI E. (2013): *Mérnöki képességfejlesztés*. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0006_mernoki_kepessegfejlesztes/index.scorml?page=25 (A letöltés dátuma: 2018. 03. 11.)
- RIBEIRO, H. V. – ALVES, L. – MARTINS, A. – LENZI, E. – PERC, M. (2018): The dynamical structure of political corruption networks. *Journal of Complex Networks*, Vol. 6, No. 6. 989–1003. DOI: <https://doi.org/10.1093/comnet/cny002>

Ajánlott irodalom

- BARABÁSI A.-L. (2003): A hálózatok Achilles-sarkai. Kérdező: BODOKY T. *Magyar Narancs*, 20. sz. (2003. 05. 15.) Elérhető: http://magyarnarancs.hu/belpol/a_halozatok_achilles-sarkai_barabasi_albert-laszlo_fizikus-63795 (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- BARABÁSI A.-L. (2006): A hálózatok tudománya: a társadalomtól a webig. *Magyar Tudomány*, 167. évf. 11. sz. 1298–1308. Elérhető: www.matud.iif.hu/06nov/03.html (A letöltés dátuma: 2017. 11. 24.)
- GALAMBOSNÉ TISZBERGER M. (2015): *A hálózatkutatás módszertani vizsgálati lehetőségei – szakirodalmi összefoglalás*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem.
- KÜRTÖSI Zs. (2002): *A társadalmi kapcsolatháló elemzés módszertani alapjai*. Kézirat. Elérhető: www.socialnetwork.hu/cikkek/modszertan_osszefoglalo1.htm (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)
- YUCESOY, B. – BARABÁSI, A.-L. (2016): Untangling Performance from Success. *EPJ Data Science*, Vol. 5, No. 17. DOI: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-016-0079-z>

ZYGA, L. (2018): Political corruption scandals may be predicted by network science. *Phys.org* 2018. 01. 17. Elérhető: <https://phys.org/news/2018-01-political-corruption-scandals-network-science.html> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 17.)

II. Rendszerszemlélet és rendszerelmélet

Sasvári Péter

DOI: 10.36250/00734.02

1. A fejezet célkitűzése

A rendszerszemlélet alkalmazásának néhány évtizedes történelme arra a felismerésre épül, hogy az egymástól elszigetelődő ismeretek felhasználása, illetve az azok alapján létrehozott folyamatok működése legtöbbször sokkal kevésbé hatékony, mint amikor azokat összekapcsolják. Az információs társadalomban ugyanis egyre összetettebb technológiák alakultak ki, amelyek korábban teljesen különálló területek együttműködését igényelték. E bonyolult tevékenységek megvalósulása egyre nagyobb fokú koordinációt igényelt, és emellett nagyon megnövekedett azok kölcsönös függősége is.

A rendszerelmélet célja a tudományos elméletek, a szakmai eredmények általánosítása, amelynek eredményeként egymástól eltérő területek hasonló eszközökkel vizsgálhatók. Ez az általánosítás sokszor új tudományos módszertanokat igényel, amelyek jelentősen eltérnek a korábbiaktól. Az analitikus gondolkodás legtöbbször megelégszik azzal, hogy ismert módszereket kombináljon az ismeretlen probléma megoldása érdekében, ezért általában véletlenül fedezi fel a megoldást. A rendszerelméleti eljárások ezzel szemben szisztematikusan haladnak az optimum felé.

2. Bevezetés

A *rendszerelmélet* olyan általános tudománynak tekinti magát, amely kiterjed az összes természeti és társadalomtudományra. Keretet akar alkotni egy olyan általános elmélet számára, amely sok tudományág, illetve szaktudomány művelőinek lehetővé teszi a kölcsönös kommunikációt, egymás megértését. Az általános rendszerelmélet egyben természetfilozófia is. Az elemi összetevőkön túl mindig az egészet, a kapcsolataikat, a kölcsönhatásaikat, a rendszer önszerveződését és a megismerési folyamatokat vizsgálja. Az egész több, mint a részek összege, a tulajdonságai nem következnek az alkotórészek jellegzetességeiből. Az oksági kapcsolatok bonyolult, összetett hálózatot képeznek.

Az interdiszciplináris kommunikáció lehetősége mellett ez a szemlélet számos további lényeges előnyt is jelent (KNUT 1979):

- lehetővé teszi számos részvizsgálati szempont összefoglalását egy egységes szervezelméletbe;
- értelmezési keretei tágítják az ember látókörét a szervezeti-szervezési problémákat illetően;
- a belső rendre irányuló figyelmet kiegészíti a rendszer-környezet kapcsolatok vizsgálatával;
- a célokat és a feladatokat nem tekinti már a priori adottoknak, hanem magától a rendszertől és a rendszert körülvevő környezettől függőknek.

A rendszerfogalom nem újdonság a köznapi gondolkodás számára. A tudományos és a köznyelv használja a rendszerváltás, fékrendszer, ösztöndíjrendszer, periódusos rendszer kifejezéseket, valamint sok és sokféle rendszert ismerünk: iskolarendszer, követelményrendszer, rendszerirányítási rendszer, elektromos rendszer, pénzügyi rendszer, operációs rendszer. Ezek a dolgok egymástól igencsak különböznek, mégis közös bennük a rendszer szó.

A szervezési problémákat rendszerszemléleti alapon vizsgáló tanulmányok kiválasztását és sorrendjét az a gondolat irányította, hogy a rendszerelmélet általános felismeréseiből mint sajátos keretből és a szervezelmélet speciális ismereteiből mint a rendszerelmélet különös alkalmazási területéből kiindulva azzal, hogy új elméleteket és szempontokat vázolunk fel, a két elmélet kölcsönös viszonyát is sikerül tisztáznunk. Ezzel kapcsolatban különösen érdekes, ha azt összehasonlítjuk a szociológiai nézőpontokkal is. A rendszerelméleti szemlélet jellemzői közül a szervezetek belső gyakorlati felépítési problémái miatt érdekelnek bennünket a rendszerelmélet és a rendszertechnika közötti kapcsolatok is. Napjainkban megkerülhetetlen, hogy foglalkozunk a rendszerkutatásnak a szervezeti problémákra való alkalmazásával a gazdasági életben és a közigazgatásban.

3. Alapfogalmak

A modern tudomány fejlődését csodálatra méltó párhuzamosság jellemzi. Az egyes területeken egymástól teljesen függetlenül egyforma általános alapelvek bontakoznak ki. Míg a múlt század tudományos gondolkodása az eseményeket egymástól teljesen függetlenül vizsgálható, elemi egységek mozgásával kísérelte megmagyarázni, ma minden területen olyan felfogások lépnek előtérbe, amelyeket egy fogalommal totálisaknak szoktak nevezni. A különböző specializálódott tudományágakban egymáshoz hasonló, általános problémák merültek fel, tekintet nélkül arra, hogy egyes tudományágak tárgyát mi képezte. Ez szükségessé tette egy új tudományos szemlélet, majd tudományág kialakulását, amely olyan problémákkal foglalkozik, amelyek egyetemes természetűek, és általánosan érvényes válaszokat keres az általános problémákra. Ez a kialakuló új alaptudomány az *általános rendszerelmélet* (*general system theory*) lett.

Az általános rendszerelmélet minden olyan szisztematikus, kibernetikai elmélet összefoglaló elnevezése, amely összekapcsolt rendszerekkel foglalkozik, és az egyes alrendszerek rendszerstruktúrája és funkciója közti összefüggésekből levont következtetéseket vizsgálja, figyelembe véve a különböző hatások változó mértékét (FRÖHLICH 1996).

A rendszerelmélet számos tudományágból nőtt ki, mint például a biológia, a pszichológia, az ökológia, ezért is nevezhető *multidiszciplináris* szemléletmódnak. Számos tudós és kutató foglalkozott a rendszerelmélet létjogosultságával és továbbfejlesztésével saját tudományterületén belül (GODA 2012).

Többségük a szervezetekkel, szerveződésekkel, együttműködésekkel, pszichológiával, ipari tervezéssel és vállalati rendszerek felépítésével foglalkozott. A rendszerelmélet nem egy eszköze a fejlesztésnek, sokkal inkább egy szemléletmód, amelynek segítségével máshogyan nézhetünk a fejlesztési folyamatokra.

A *rendszer* fogalma a tudományok és a tudományfilozófia egyik legalapvetőbb fogalma, mégis csak a 20. században dolgozták ki, a rendszerelmélet más fogalmaival együtt.

Ludwig von Bertalanffy szerint: „A rendszer egymással kölcsönhatásban álló elemek olyan együttese, amelyre bizonyos rendszertörvények alkalmazhatók. Az elem a rendszer olyan része, összetevője, amelyet az egész vizsgálata érdekében célszerű megkülönböztetni.” (VON BERTALANFFY 1968a)

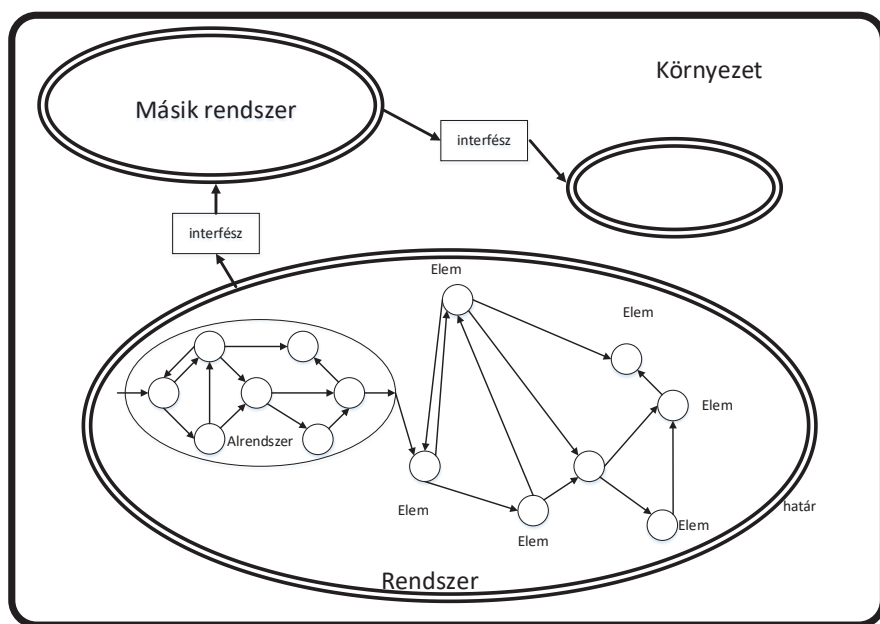
Máshol Ludwig von Bertalanffy szerint: „Egy rendszert, legyen az élő organizmus vagy a társadalom, a következők jellemzik: teljesség, növekedés, különbözőség, hierarchikus felépítettség, dominancia, ellenőrzés és verseny.” (VON BERTALANFFY 1968b)

A Hall és Fagen szerzőpáros a következő módon határozta meg a rendszert: „A rendszer feladatok összességéből, a feladatok és a rájuk jellemző attribútumok kapcsolati hálójából épül fel. Az attribútumok a feladatokat jellemzik, és a kapcsolat az, ami egymáshoz köti és egybe teszi azokat.” (HALL–FAGEN 1968)

Szadovszkij szerint: „A rendszert alkotó halmaz elemei között meghatározott viszonyok és összefüggések jóvoltából az elemek együttese olyan összefüggő egésszé válik, amelyben minden egyes elem végső soron valamennyi többi elemmel összefügg, és tulajdonságai ennek az összefüggésnek a figyelembevétele nélkül nem érthetők meg. A rendszer tulajdonságai viszont nem egyszerűen az alkotóelemek tulajdonságainak összegeként állnak elő, hanem az elemek közötti összefüggések és viszonyok jelenléte és specifikuma által nyernek meghatározást.” (SZADOVSZKIJ 1976)

Szakál a rendszer fogalmán „sajátos tulajdonságokkal rendelkező elemek integrált egységét érti, amelyben az elemek egymással valódi kölcsönhatásban az egész rendszerre jellemző új tulajdonságot, eredményt vagy tárgyi jellegű objektumot hoznak létre”. Ezt az új dolgot a rendszer rendezőelvének nevezi, mivel ez fűzi egybe, ez integrálja egészszé az elemeket (SZAKÁL 2000).

Káposzta és társai szerint „a rendszer egyéni elemek sokasága, amelyek szorosan vagy lazán kapcsolódnak egymáshoz”. A kapcsolat lehet *szabályos* vagy *szabálytalan*, *látható* vagy *láthatatlan*, *pozitív* vagy *negatív*. A rendszer teljes jellemzőit nem az egyes részek külön-külön jellemzői határozzák meg, és egyes jellemzői lehetséges, hogy ellentétesek a teljes rendszer jellemzőivel. A részek elemei a rendszernek, de összességében a rendszert az elemek közti kapcsolatok és a kapcsolatok viselkedése határozza meg. A továbbiakban, amikor rendszerről beszélünk ez a meghatározás érvényes az *alrendszerre* is (KÁPOSZTA–KIS–GODA 2013).



1. ábra

A rendszer, az alrendszer és a környezet kapcsolata

Forrás: a szerző szerkesztése

Talcott Parsons volt az, aki a társadalmi képződmények megragadására megalkotta a *rendszer* és *alrendszer* fogalmát (PARSONS 1975). A rendszert nem képzeljük felbonthatatlannak, tehát *alrendszerei* is vannak, és nem képzeljük elszigeteltnek, önmagában lévőnek sem, mert *környezet* veszi körül. A *környezet* a rendszeren kívül lévő összes dolgot jelenti: ezek tulajdonságai kihatnak a rendszerre, így ha ezeket megváltoztatják, megváltozik a rendszer viselkedése.

A pusztán formális szemléletnél minden egyes rendszer egy másik rendszer elemének tekinthető. A bizonyos rendszerbe tartozó, „bezárt” kisebb rendszer, amelyet az elemek kisebb száma jellemez, *részrendszernek*, *alrendszernek*, *alacsonyabb rendű rendszernek* vagy *belső rendszernek* nevezhető. Az ezt a rendszert körülvevő nagyobb rendszert, amely még számos további elemet is felmutat, nevezhetjük akár *környezeti rendszernek*, *felsőbbrendű rendszernek*, *szuperrendszernek* vagy *környező rendszernek* is.

Ezzel összefüggésben kiemelendő, hogy a belső rendszer, környező rendszer kifejezésekkel csak *viszonylatokat* fejezünk ki.

Az *összrendszer* kifejezés használata további adatok nélkül szintén kevésbé célszerű, mivel bemutatható, hogy minden összrendszernek van egy környező rendszere, vagyis végső soron összrendszer egyáltalán nem létezik. Találkozhatunk továbbá azzal az ítélettel is, hogy a rendszer sohasem áll elszigetelten egymagában, hanem mindig bizonyos egész része. Ez annyiban helyes, hogy minden rendszer beilleszthető egy környező rendszerbe, sőt mi több, a környező rendszerek történeti következménye, hogy ezek mindig új elemekkel gyarapodnak.

A rendszer szétbontható önálló részeire, mindegyik rész vizsgálható úgy, mint önálló elem egésze, és ezek jellemzői párhuzamba vonhatók a rendszer teljes egészével, és leírják az egész rendszer tulajdonságait (DESCARTES 1637).

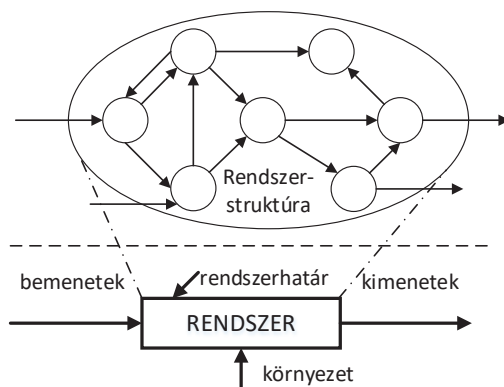
Ludwig von Bertalanffy azt mondja, hogy a rendszer tulajdonságait nem kizárólag az elemek, hanem sokkal inkább a köztük lévő *kapcsolatok* határozzák meg (VON BERTALANFFY 1968a).

Alfred Kuhn szerint minden rendszerre igaz az, hogy hiába ismerjük a rendszer egy részét, nem jelenti azt, hogy ebből a tudásból képesek lennénk leírni a rendszer többi részét is (KUHN 1974). Egy *információrészlet* a teljes információhalmazhoz képest akár ellentétes következtetésre is vezethet minket, és így téves következtetéseket vonunk le a teljes rendszerre nézve, ami végzetes lehet a döntéshozatal során. Vannak kontrollált (kibernetikus) és nem kontrollált rendszerek. A kontrollált rendszerekben az információ érzékelhető, és a változások hatnak a válaszreakciókra. Kuhn különböző szerepeket határoz meg a rendszeren belül: detektorokat, szelektorokat és ezek hatásait, amelyek a rendszer működését adják. A detektor azzal foglalkozik, hogy az információk kapcsolat létrejöttén két rendszer között. A szelektor megkeresi azt a szabályszerűséget, amely szerint a rendszer dönteni fog, és a hatás az lesz, amit tranzakció formájában a rendszer végrehajt. A kommunikáció és a tranzakció tulajdonképpen az egyetlen rendszerek közti interakció. A kommunikáció maga az információcsere, míg a tranzakció vonja be a rendszerbe a cserélhető energiát.

Alfred Kuhn szerint a döntés szerepe fogja a rendszert eljuttatni a *teljes egyensúlyhoz* (equilibrium). Amikor egy társadalmat rendszernek tekintünk, akkor a kultúra mint *rendszer-sablon* jelenik meg. A társadalom elemzése így nem más, mint kommunikáció és a tanulási modell elemzése egy nagyobb csoporton belül (KUHN 1974).

Nemes Nagy József szerint a filozófia és a matematika mellett a rendszerelmélet az a tudomány, amelyben a tér fogalma nagyon általánosan van jelen. Véleménye szerint a rendszer fogalmának három alapvető komponense az *elem*, a *struktúra* és a *funkció* (NEMES NAGY 1998).

- A rendszer *elemei*, amelyek a vizsgálat szemszögéből tekintve a legkisebb értelmes egységek, és amelyek szintén vizsgálhatók a rendszermodellezés módszereivel.
- A rendszer *struktúrája*, azaz az elemei közötti kapcsolatok, amelyek általában időben lassan változnak, vagy állandónak tekinthetők.
- A *társadalmi struktúra* (vagy ahogy még említeni szokták: társadalmi rend, társadalmi rendszer) egy olyan rendszer, amelyben emberek különböző személyes kapcsolatokkal kialakult mintázatok alapján társadalomba szerveződnek.
- A *funkció* jelentése a szerep vagy rendeltetés, amelyet egy gép, szerkezet, szervezet vagy személy betölt.
- A rendszer *folymatai*, amelyek a cél megvalósítása érdekében egymáshoz kapcsolódó elemi tevékenységek sorából tevődnek össze, és többnyire időben ciklikusan ismétlődnek.
- A rendszer *bemenetei és kimenetei*, azaz azok a kapcsolódási pontok, amelyeken keresztül a környezet hat a rendszerre, illetve a rendszer hat a környezetére (CSERNY 2000).
- A rendszernek belső jellemzője lehet még a célkitűzése, amely akkor egyszerű, ha a célok egyértelműek és számszerűsíthetők.



2. ábra

A rendszer feketedoboz- és struktúramodellje

Forrás: FAUST 2011

A *környezet* a rendszeren kívül lévő összes dolgot jelenti: ezek tulajdonságai kihatnak a rendszerre, ha ezeknek a tulajdonságait megváltoztatják, megváltozik a rendszer viselkedése.

Az *objektumok* a rendszer *paraméterei*. Az *objektum* értelmezése a valóság mintájára tulajdonságokkal és viselkedésekkel felruházott *egység*. Paraméter a rendszerben

- a bemenet,
- a folyamat,
- a kimenet,
- a visszacsatolás-szabályozás
- és a korlátozás.

A *bemenet* az adatok fogadására használható csatlakozó vagy illesztés. Változások összefüggő sorát, folytonos ok-okozati kapcsolatban lévő eredmények egységes egymásutánját pedig *folyamatnak* hívjuk. Kimenetnek nevezzük a folyamat végén kapott eredményeket.

Minden egyes rendszerparaméternek számos értéke lehet, hogy azzal jellemezze a *rendszer állapotát*.

A *tulajdonságok* az objektum paramétereinek tulajdonságai. A tulajdonság a dolog ismertségének, megfigyelésének vagy a folyamatban való részvételének a külső megnyilvánulása. Tulajdonságok jellemzik a rendszer paramétereit, és lehetővé teszik, hogy azoknak értéket, valamint méretadatokat adjunk. Az objektumok tulajdonságait a rendszer működése megváltoztathatja.

A *viszonyok* azok a kötések, amelyek a dolgokat és a tulajdonságokat a rendszer folyamataiban összekötik. A viszonyokat osztályozhatjuk elsőfokúnak, amikor azok egymás számára funkcionálisan szükségesek. A szimbiózis például ilyen elsőfokú eset, két eltérő szervezet szükségszerű kapcsolatát – mint például egy növény és annak parazitája együttes életét – jellemzi.

A viszonyok lehetnek másodfokúak is, ha azok kiegészítő jellegűek: ha lényegesen növelik a rendszer teljesítményeit, ha fennállnak, de funkcionálisan egyébként nincs rájuk szükség. Ilyen másodfokú viszony a szinergia. Végül a viszonyok lehetnek harmadfokúak is, amikor vagy redundánsak, vagy egymásnak ellentmondóak.

A *redundancia* olyan állapotot ír le, amelyben a rendszerben felesleges objektumok vannak. Ellentmondásos állapot akkor áll fenn, ha a rendszerben két objektum van, amelyek közül, ha az egyik igaz, akkor a másik definíció szerint hamis.

4. Rendszertípusok

A megfigyelt rendszerek száma végtelen, ezért nagyon nehéz kategorizálni, hogy milyen rendszertípusok is vannak. A tudomány számos területén alkalmazzák a rendszerelméletet, és azt minden tudomány továbbfejlesztette a saját maga igényei irányába. Nagyon nehéz lenne olyan átfogó tanulmányt készíteni a rendszerelméletéről, amely bemutatná a szerepét minden tudományágban. A következőkben többféle rendszertípusozási módszer található, ami jól mutatja, hogy a rendszertípusok meghatározása nem egyszerű vállalkozás.

Az első feladat a rendszer leírása. Kifejlesztjük a megfontolásokba bevont összes rendszerre érvényes leírási modellt. Az irodalomban rendszerleírás helyett *rendszerosztályozásról* is beszélnek. Ez a kifejezés annyiban látszik túlságosan szűknek, hogy kizárja a rendszer-tipológiát. A rendszerleírás viszont kiterjed mind az osztályozási, mind a tipológiai jegyekre.

Minden teljességre törekvés nélkül a következő ismertetőjegyek alkothatnák egy rendszerleírás alapját.

- a) valóság (jelenségrendszerek – tudományos ítéletrendszerek),
- b) a tárgy fajtája a jelenségek szintjén (élettelen természeti tárgyak – növények – állatok – emberek – gépek),
- c) bonyolultság (egyszerű – bonyolult – nagyon bonyolult),
- d) elszigetelhetőség (gyakorlatilag elszigetelhető – nem elszigetelhető – kevésbé elszigetelhető),
- e) determináltság (determinált – sztochasztikus),
- f) célra irányultság (emberek által kitűzött célokkal vagy ilyen célok nélkül),
- g) információcsere (nincs – megfigyeléssel – kommunikációval – visszacsatolt kommunikációval),
- h) megváltozási tendencia (stacionárius – evolúciós [hullámszerű mozgás vagy trend]),
- i) egyensúlyi tendencia (egyensúly felé irányuló – egyensúlytól távolodó),
- j) regeneráció (regenerálódásra képes – regenerálódásra nem képes),
- k) tanulási képesség (önállóan fejlődőképes – csak heteronóm módon fejleszthető).

Ezt a vázlatosan szemléltetett ismertetőjegy-gyűjteményt ki kellene egészíteni. A követett cél szerint több vagy kevesebb ismertetőjegy lenne felhasználható. Ehhez kapcsolódóan megállapíthatók volnának a lehetséges ismertetőjegy-kombinációk és ezek közül azok, amelyeknek értelmük van. Minden ilyen értelmes kombináció azután rendszercsoportot alkot a leíró modellben. Minden egyes elképzelhető jelenségrendszert egy-egy ilyen rendszercsoportba kellene sorolni.

Egy ilyen rendszerleírást második lépésként a rendszerelméletnek kellene követnie. Egy bizonyos rendszercsoportra vagy több kialakított rendszercsoportra ki kellene munkálni és empirikusan igazolni kellene a lehető legtöbb információt tartalmazó rendszerességeket (törvényeket vagy hipotéziseket). A rendszerkutatás szempontjából csak az olyan törvények volnának relevánsak, amelyek a rendszerkutatás azonosságai alapelve alá tartoznak,

és amelyekkel ezért más tudományok nem foglalkoznak. Az ilyen törvények az egyes esetekre vonatkozó peremfeltételekkel elméletekké volnának összekapcsolhatók.

Az ilyen törvények és elméletek lehetővé tennék, hogy a rendszerekben ismeretlen folyamatokat tisztázzunk, és jövőbeli történéseket prognosztizáljunk. Ebből sok szempontból elméleti hasznot húzhatna mindegyik természet- és társadalomtudomány.

4.1. Valós és absztrakt

Alfred Kuhn szerint a rendszereket struktúrájuk szerint kell csoportosítani. Kuhn megkülönböztet:

- *valós* (real) / *materiális*,
- *absztrakt* (abstract),
- vagy *analitikus* (analytic) rendszert (KUHN 1974).

Valós rendszer minden olyan rendszer, amely energiát vagy anyagiságot hordoz magában, illetve amely magában foglalja az anyagi világ jelenségeit, amelyek tudatunktól függetlenül, objektíve léteznek. Ezek a rendszerek általában további három csoportba tagozódnak (BODNÁR–PARÓCZAI 1995; DEÁK–KOZMA 1996):

- szervetlen természetben kialakult rendszerek,
- élő szervezetek és közösségeik,
- emberekből és eszközeikből álló rendszerek.

Az *absztrakt* vagy *analitikus* rendszerek elemei jeleket, koncepciókat tartalmaznak. Az absztrakt rendszerek az anyagi világ jelenségeinek tudati tükröződései és kivetítődései. Ezek közül a legfontosabbak a *matematikai* és *logikai* rendszerek, valamint a materiális rendszereket közvetlenül tükröző modellek.

A *matematikai* irányzat képviselői a matematikai logika módszerével elemzik a rendszereket, fontosnak tartják az elméletépítést, és kevésbé fontosnak a rendszerelemzést. Meghatározzák a rendszer fogalmát, majd a definícióból levezethető következtetéseket vizsgálják meg. Ezen kutatók szerint a rendszerelmélet matematikai módszerek összessége, amelyek segítségével a rendszerek elemezhetők. A módszerek főleg a differencia- és differenciálegyenletek, a vezérlélmélet, az automaták elmélete, az információelmélet, a matematikai programozás, a dinamikus programozás, a variációszámítás, a dinamikus rendszerek elmélete, a funkcionálanalízis, a valószínűségelmélet, a játékelmélet stb. területéről származnak, de további matematikai irányok is lehetnek.

A *logika* az érvényes következtetések és bizonyítások, illetve az ezzel összefüggő filozófiai, matematikai, nyelvészeti és tudományos módszertani kérdések tudománya. A logika a filozófia része egyfelől a hagyományos besorolás miatt, másrészt amiatt, hogy a logikai elméletek szoros kapcsolatban vannak ismeretelméleti és nyelvfilozófiai kérdésekkel. A matematikai elméletek láttathatók logikai elméletekként, a logikaiak pedig gyakran jól vizsgálhatók matematikai eszközökkel (KNEALE–KNEALE 1987).

4.2. Statikus és dinamikus

Működésük szerint megkülönböztetünk:

- *statikus* (nem működő) és
- *dinamikus* (működő) rendszereket.

Azokra a rendszerekre, amelyekben kialakul az egyensúly, és nincsenek benne változó pontok, nincsen állapotváltozás és mozgás, azt mondjuk, hogy a *statikus* egyensúly állapotában vannak.

Dinamikus egyensúly akkor létezhet, amikor a rendszer elemei a változás állapotában vannak, de legalább egy eleme felvette a változási státuszt. A homeosztázis dinamikus rendszert feltételez legalább két változó elemmel. A homeosztázis (hasonló állapot) a belső környezet dinamikus állandóságát jelenti, az élő szervezetek egyik legfontosabb jellemzője, az élettan legfontosabb alapfogalma (KUHN 1974).

A *dinamikus* rendszerek tovább csoportosíthatók abból a szempontból, hogy a működést a természeti-társadalmi törvények spontán érvényesülése váltja-e ki, vagy pedig a működés valamilyen meghatározott cél érdekében a szóban forgó törvények tudatos felhasználásával valósul meg.

Ebből a szempontból

- *célszerűen* és
- *nem célszerűen* működő rendszerek különböztethetők meg.

A *célszerűen működő* rendszerek alkalmasak bonyolult célok követésére és a cél eléréséhez szükséges stratégia és taktika kidolgozására, továbbá a rendszer tevékenységét célorientáltan végzik, képesek a célok megfogalmazására és a teljesítési feltételek meghatározására, a cél elérését tudatos vezérléssel biztosítják. A *nem célszerű működést* folytató rendszerek erre nem alkalmasak.

A célszerűen működő rendszerek egy része *mesterségesen szervezett rendszer*, és a működési célirányukat irányítás biztosítja, az ilyen rendszereket *kibernetikai rendszereknek* is nevezhetjük. A kibernetika egy komplex tudományos irányzat, amely a szabályozás, vezérlés, információfeldolgozás, -továbbítás általános törvényeit kutatja. A kibernetika dinamikus rendszereket vizsgál, olyan rendszereket, amelyek a külvilággal való kölcsönhatás során változnak. E rendszerek szerepének, struktúrájának és viselkedésének törvényszerűségeit kutatja. Fontos működési elv a szabályozás, amely kompenzálja a külvilágnak a rendszerre gyakorolt zavaró hatásait, illetve elősegíti a rendszer alkalmazkodását a változó külső feltételekhez. Ennek az az előfeltétele, hogy a rendszer észlelje a külvilág hatásait, vagyis információt tudjon felvenni és feldolgozni.

A *spontán működő rendszereket* valamilyen természeti vagy társadalmi törvény mozgatja.

A *dinamikus* rendszereket a következőképpen csoportosíthatjuk (KOMOR 2005):

- *zárt* rendszer: a rendszer alkotórészei hatnak egymásra,
- *nyílt* rendszer: befolyásolja a környezet,
- *ellenőrző* rendszer: visszacsatolással állandó állapotot tart fenn.

Szigetelt vagy más néven *zárt* rendszereknek nevezzük azokat a rendszereket, ahol a kölcsönhatások közel zérusnak tekinthetők. A *nyílt* rendszereket két nagy csoportra bontjuk: *aktív*

és *passzív* rendszerekre. A *passzív* rendszerek tudomásul veszik a környezeti hatásokat, de nem történik reakció. Ezzel szemben az *aktív* rendszerek visszahatnak a környezetükre, és befolyással vannak annak működésére, illetve módosítják az onnan érkező hatásokat. Az *aktív* rendszer lehet adaptív is, ami azt jelenti, hogy elsősorban nem a környezeti hatások módosításával, hanem azokra jól reagálva, hozzájuk alkalmazkodva biztosítja működőképességét.

A gyakorlati használhatóság tekintetében a *nyílt* és az *ellenőrző* rendszerek tekinthetők lényegesnek, mivel a társadalmi, gazdasági folyamatokban a rendszer és környezet közötti információáramlások, kölcsönhatások, visszacsatolási folyamatok szerepe nagy jelentőségű (KOMOR 2005).

4.3. Kapcsolat, szerkezet és idő

Szücs a rendszertípusokat tulajdonságai alapján csoportosítja (SZÜCS 1972). Három fő tulajdonságot határoz meg:

- a *kapcsolat* a környezettel,
- a *szerkezet*,
- valamint az *idő*.

A nyitott rendszer egy olyan állomása a rendszereknek, amikor a rendszer interakcióban van a környezetével. A nyitott rendszerek folyamatosan vezérlik állapotukat, és felügyelik létezésüket. Korábban már szó volt arról, hogy a nyitott rendszer a zárt rendszer ellentettje. Nagyon ritkán fordulnak elő egyszerre nyitott és zárt rendszerek. Alapvetően meghatározó részei egy nyitott rendszernek a következők: bemenet, átalakítás, kimenet és a kontrollelemek, amelyeket visszacsatolásnak nevezünk. A nyitott rendszer elemeinek leírását a következőképpen fogalmazhatjuk meg. A környezet az összes olyan elem, amely kívül helyezkedik el a rendszeren, és megvan benne az a potenciál, hogy hatást gyakoroljon minden egyes részére. A bemenetek azok a források, amelyeket a rendszer elvesz vagy kap a külső környezettől. Az átalakítás a források transzformációja a rendszeren belül. A kimenet a rendszer munkájának eredménye, ezt juttatja vissza a külső környezetbe.

A *visszacsatolás* folyamatos információforrás, amely meghozza a megfelelő változtatási parancsokat a rendszer számára, ezzel a rendszer tovább él vagy növekszik.

Egy rendszer szerkezetét tekintve vizsgálhatjuk a hierarchikus felépítését, a komplexitását, valamint hogy hány dimenzióra terjed ki. Ez lehet *lineáris* (egydimenziós), *síkbeli* (kétdimenziós) vagy *térbeli* (háromdimenziós). A szerkezet ismeretében leírható a rendszer hierarchiája, részrendszerek és az elemek relációja. Ezek típusától, számától és kapcsolatrendszerüktől függően a rendszer lehet *egyszerű* vagy *bonyolult*, *merev* vagy *flexibilis*, *centralizált* vagy *decentralizált*. A centralizált rendszereknél van egy olyan részrendszer (vagy elem), amely a működés szempontjából kiemelt.

4.4. Egyszerű és összetett

A rendszert alkotó elemek száma és a köztük lévő kapcsolatok áttekinthetősége szempontjából:

- *egyszerű*,
- *összetett* és
- *bonyolult* rendszereket különböztethetünk meg.

Az *egyszerű rendszerek* jellemzője, hogy elemszámuk és az elemek közötti lehetséges kapcsolati állapotok száma relatíve alacsony, és a kapcsolatrendszer egyértelműen áttekinthető, leképezhető. Például egy átlagos asztal, szekrény.

Az *összetett rendszereket* több egyszerű rendszer alkotja, ebből következően számossabb elemkapcsolattal rendelkeznek, de ezek a kapcsolatok egyértelműen megismerhetők, leképezhetők, például egy épület a teljes gépészetével, elektronikájával.

A *bonyolult rendszereket* a többszörös összetétel jellemzi, az alkotóelemek száma és lehetséges kombinációja jelentős, és ezek a kapcsolatok sokrétűek, egy részük nehezen feltárható, és a rendszerről nem adható egyszerű áttekintés, leképezés.

4.5. Csere- és versenykapcsolat

A rendszer a *környezet* révén él, a környezet is meghatározza a rendszert. A környezettel a rendszer kapcsolatban áll, ahhoz illeszkedik, az illeszkedés, alkalmazkodás sikere döntő lehet a rendszer jövője szempontjából. Minél jobban értjük a környezetet, annál jobb rendszert lehet tervezni bele, ezért tudnunk kell, hogy a környezetben lévő rendszerek milyen viszonyban vannak a mi rendszerünkkel. *Zavaró jelnek* hívjuk azt, ami a környezetből érkező vagy a rendszerben keletkező hatás, amely a rendszer működését zavarja, akadályozza (ROÓZ–HEIDRICH 2013).

A környezeti rendszerekkel lehetnek *cserekapcsolataink*, onnan felvesszünk és oda kibocsátunk anyagot, pénzt, embereket, ismeretet stb. Lehetnek *versenykapcsolataink* is, azaz versenghetünk ugyanazért az áruért, erőforrásért, munkáért stb. Ami ilyenkor a tennivalónk, hogy megállapítjuk, mi folyik ezen a téren, és miért viselkednek úgy, ahogy viselkednek versenytársaink. Összefoglalva:

1. Meg kell tudnunk, hogy mi is létezik a valós világban, el kell köteleznünk magunkat az empirikus, tapasztalati ismeretek gyűjtése mellett.
2. Mérnünk kell a jelenségek jellemzőit mind statikus, mind dinamikus állapotukban.
3. Nem szabad olyan elveket és elméleteket gyártani, amelyek nem megfigyelésen alapulnak.
4. Meg kell állapítanunk, hogy egy jelenség viselkedésének mi az oka, akár dinamikus, akár statikus állapotában.
5. Óvatosan kell eljárunk a jelenségek osztályozásában.

4.6. Totális és szummatív rendszer

Az elemek kapcsolataiból új tulajdonságok is keletkezhetnek. Ezeket a rendszereket *totális* rendszereknek nevezzük. Jellemző rájuk, hogy egy elem megváltozásakor más elem vagy akár az egész rendszer változik.

A szummatív rendszereknél a tulajdonságok az elemek tulajdonságainak egyszerű összege. Egy-egy elem elvétele vagy beiktatása nem okoz számottevő minőségi változást a rendszerben (mindegy, hogy néhány homokszemmel több vagy kevesebb van a rendszerben).

4.7. Determinisztikus és sztochasztikus

Az elemek és az alrendszerek közötti kapcsolatok jellege szerint:

- *determinisztikus* (határozott) és
- *sztochasztikus* (határozatlan) rendszereket különböztetünk meg.

A *determinisztikus* rendszerek esetében az elemek közötti kapcsolatok *egyértelműek*. Az ismert inputok és transzformációk eredményeként várható output egyértelműen meghatározható. A műszaki-technikai rendszerek jellemzően ilyenek.

A determinizmusnak két fajtája van:

- Az *okozati determinizmus* (vagyis a kauzális determináció) szerint a világ állapota egy bizonyos időpontban a természeti törvényekkel együtt meghatározza a világ későbbi állapotait.
- A *logikai determinizmus* (más néven logikai fatalizmus, amely nem összekeverendő a fatalizmussal mint a determinizmus következményével) szerint minden – a múlttól, a jelenről vagy a jövőről szóló – állításról megállapítható, hogy igaz-e vagy hamis, és az igaz állítások szükségszerűen megtörténtek, megtörténnek, vagy meg fognak történni.

A *sztochasztikus* rendszerek esetében az elemkapcsolatok legfeljebb csak *valószínűsíthetők*, a rendszer működése bizonytalanságot hordoz, kockázattal jár. A sztochasztikus folyamat időben végbemenő folyamat. A folyamat végbemehet diszkrét időben, ahol a valószínűségi változók egy idősnak felelnek meg, vagy folytonos idejű folyamatról beszélünk, amikor egy adott időtartományban folytonosan változhatnak a folyamatot részben vagy teljesen jellemző valószínűségi változók.

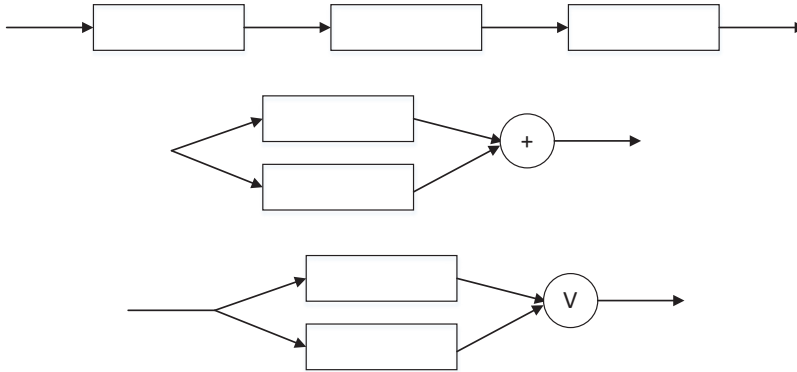
4.8. Soros, párhuzamos és alternatív

A *rendszer struktúrája* a komponensei között fennálló relációk halmaza, egyszerűbben az elemkapcsolatok összessége. Típusai

- a *soros*,
- a *párhuzamos*
- és az *alternatív*.

Azonos elemek különböző módon kapcsolva különböző viselkedésű rendszereket képezhetnek. A rendszer általunk kívánt viselkedését, teljesítményét tehát úgy érhetjük el, hogy a meghatározott működésű elemeket meghatározott módon kapcsoljuk össze (szervezés).

A rendszer struktúrájának változtatásával, átszervezéssel megváltoztathatjuk a működését, teljesítményét.



3. ábra

Az elemkapcsolatok jellemző változatai

Forrás: HÁKLÁR–NAGY 1975

Talán még korábbi tanulmányaikból emlékeznek rá, hogy:

- a *sorba* kapcsolt elemek esetén a teljesítményt a legkisebb kapacitású elem teljesítménye határozza meg;
- a *párhuzamosan* kapcsolt elemek teljesítménye összeadódik;
- az *alternatív* kapcsolat esetén egyszerre mindig csak az egyik elem funkcionál, a teljesítmény tehát vagylagos, az éppen működő elem teljesítményének megfelelő.

4.9. Természetes és mesterséges rendszerek

A tudomány fejlődése, valamint Charles Darwin angol természettudós evolúciós elmélete elősegítette azt, hogy a biológusok olyan rendszertani csoportokat kezdtek használni, amelyeknek alapja nemcsak a fajok közötti hasonlóság volt, hanem a származási, rokonsági viszonyok is. A célratörő rendszerek közül vannak olyanok, amelyek *természetes* úton jöttek létre (születtek). A természetes rendszerek tehát olyan elemek halmaza, amelyek nem emberi cselekvés eredményeként jöttek létre, és eleget tesznek a rendszer-definícióknak.

Carl Linné svéd természettudós legfőbb célja az élőlények rendszerezésének megalkotása volt. Rendszerében az élőlényeket a növények és az állatok országára különítette el. Linné önkényesen kiválasztott tulajdonságok szerint csoportosította az élőlényeket. Az ilyen rendszerezést *mesterséges rendszernek* nevezzük. Ezeknek a rendszereknek csak

a születésük pillanatában adottak a céljaik (létfenntartás, fajfenntartás az ember esetében), míg más rendszerek esetében előbb volt a cél, és az ember tervezett és működtetett egy olyan rendszert, amely ezt el is tudja érni. Ez utóbbiak a *mesterséges* vagy tervezett rendszerek. A mesterséges rendszerek az ember tudatos tevékenysége által létrehozott azon rendszerek, amelyeket mindig valamilyen cél elérése érdekében hoznak vagy hoztak létre. A rendszer célja tehát keletkezésének oka is egyben.

Valamennyi, az emberi társadalom által létrehozott rendszer tervezett rendszer, ezért a rendszerek is a mesterséges rendszerek csoportjába tartoznak. Tervezett rendszereket mindig valamilyen szükséglet kielégítésére, azaz folyamatra hoznak létre, ezért a rendszer legfontosabb jellemzőjét a benne lezajló folyamatok alkotják (dinamikus kép), és nem a struktúrája (statikus kép). A rendszer strukturális jellemzésének csak akkor van értelme, ha ismerjük azokat a folyamatokat, amelyekre a struktúra létrejött.

A mesterséges rendszerek elemét képezheti maga az ember, a dolgozók, és ezért a mesterséges rendszerben a természetes rendszerek sokaságának céljait kell konfliktusmentesen összehangolni.

4.10. Az ekvifinalitás, az élő és az élettelen rendszer

Az *élettelen* rendszerekre általánosságban az a jellemző, hogy a végül elért végső állapotot a kezdetben adott feltételek határozzák meg. Az *ekvifinalitás* azt jelenti, hogy a rendszer különböző kezdőállapotokból képes ugyanabba a végállapotba eljutni. Ez lényegében vezérlést jelent, nem egyszerűen egy adott állapot fenntartását, hanem egy folyamat végigvitelét, a külső-belső környezet változékonysága ellenére. Az élővilágban ennek legmarkánsabb példája az egyedfejlődés: a külső környezet változékonysága ellenére képes a meghatározott „terv” szerinti szervezetet felépíteni. A zárt rendszerek nem viselkedhetnek ekvifinálisan: ez az oka annak, hogy nem találkozunk ezzel a viselkedésmóddal általában az élettelen természet szférájában. Ezzel szemben a nyílt rendszerek, amelyek kölcsönhatásban élnek környezetükkel, és amennyiben egyensúlyhoz közelednek, ilyen, a kezdeti feltételektől független, ekvifinális viselkedést mutatnak.

Általánosan az ekvifinalitás a szerves szabályozások alapja. Minden olyan életmegnyilvánulásnál találkozunk vele, ahol a viselkedés rendszerszerű, pontosabban kifejezve egy nyílt rendszer viselkedése, vagyis azt az elemek dinamikus kölcsönhatása határozza meg, míg fokozódó gépszerűsödés esetén egyre lehetetlenebb lesz a szabályozás és ezzel az ekvifinalitás, a történet egyes okozati láncolatokra való felbontása.

Az igazi finalitás vagy „célra törés”, ha ezt a kifejezést egyáltalán bevezethetjük, azt mondja ki, hogy a mindenkori viselkedést a cél előrelátása határozza meg. Ahhoz kapcsolódik, hogy a jövőbeni cél az ember gondolataiban már benne van, és meghatározza a jelenlegi cselekvést. Ez az igazi célratörés úgy látszik, az emberi viselkedésnek a jellemzője és a nyelvnek, valamint a fogalmaknak az embernél kifejlődött szimbolizmusához kapcsolódik.

5. Összefoglalás

A folyamatok rendszerszemléletű vizsgálata olyan alapvető fogalmakra és törvényszerűségekre épül, amelyek ismerete feltétlenül szükséges a szintetikus gondolkodás kialakulásához. A rendszerek vizsgálata során számos olyan összefüggést fogalmaztak meg, amelyek (KATA 2013):

- minden rendszerre érvényesek a konkrét kialakítástól, szerkezettől és feladattól függetlenül,
- befolyásolják a rendszervizsgálat módszerét, eredményeinek értelmezését.

A rendszereket különböző tulajdonságaik alapján többféleképpen is csoportosíthatjuk.

Fogalmak

- absztrakt rendszer
- alrendszer
- alternatív
- analitikus rendszer
- belső rendszer
- bemenet
- bonyolult rendszer
- célszerűen működő
- cserekapcsolat
- determinisztikus
- dinamikus rendszer
- egység
- egyszerű rendszer
- ekvifinalitás
- elem
- ellenőrző rendszer
- folyamat
- funkció
- hierarchikus rendszer
- információrészlet
- kapcsolat
- kimenet
- környezet
- logikai determinizmus
- logikai rendszer
- matematikai rendszer
- mesterséges rendszer
- multidiszciplináris

- nem célszerűen működő
- nyílt rendszer
- objektum
- okozati determinizmus
- összrendszer
- összetett rendszer
- párhuzamos
- redundancia
- rendszer
- rendszerállapot
- rendszerelmélet
- rendszerosztályozás
- rendszersablon
- részrendszer
- soros
- spontán működő
- statikus rendszer
- struktúra
- sztochasztikus
- szummatív rendszer
- teljes egyensúly
- természetes rendszer
- totális rendszer
- tulajdonság
- valós rendszer
- versenykapcsolat
- viszonylat
- zárt rendszer

Áttekintő kérdések

1. Mi a rendszerelmélet?
2. Sorolja fel a rendszerszemléletből származó előnyöket!
3. Ismertesse a rendszer, az alrendszer és a környezet kapcsolatát! Készítsen magyarázó ábrát!
4. Kit tekintünk az általános rendszerelmélet atyjának?
5. Mi a rendszer? Árnyalja a fogalmat!
6. Mi a rendszerelem?
7. Hogyan értelmezhető az elem funkcionális önállósága?
8. Mit értünk egy rendszer struktúráján?
9. Ábrázolja és jellemezze az elemek közötti kapcsolatokat típusait!
10. Milyen általános jellemzők szerint csoportosíthatjuk a rendszereket?
11. Ismertesse az egyes csoportok jellemzőit!
12. Milyen részekből áll egy rendszer? Milyen tulajdonságai vannak ezeknek?

Felhasznált irodalom

- BODNÁR P. – PARÓCZAI P. (1995): *Gazdasági informatika*. Budapest, PSZF.
- CSENY L. (2000): *Szervezeti döntéstámogatás*. PhD-értekezés. Budapest, BME. Elérhető: www.ekt.bme.hu/EGM_2008osz/Dontes_2008/dontestamogatás_szervezeti.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- DEÁK I. – KOZMA I. (1996): *Gazdasági informatika I.* Távközlési kiegészítő anyag. Budapest, PSZF.
- DESCARTES, R. (2000) [1637]: *Értekezés a módszerről*. Budapest, Műszaki.
- FAUST D. (2011): *Rendszertechnika*. [Gödöllő], Szent István Egyetem. Elérhető: https://regi.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Rendszertechnika/ch05s03.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- FREIBERGER, P. – MCNEILL, D. (1993): *Fuzzy Logic*. New York, Simon & Schuster.
- FRÖHLICH, W. D. (1996): *Pszichológiai szótár*. Budapest, Springer Hungarica.
- GODA P. (2012): *Új rendszerszemléletű helyzetfeltárási módszer a vidéki területek fejlesztésében*. PhD-értekezés. Gödöllő, Regionális Tudományok Doktori Iskola.
- HÁKLÁR L. – NAGY J. (1975): *Információrendszerek tervezése és szervezése*. Budapest, KJK.
- HALL, A. D. – FAGEN, R. E. (1968): Definition of system. In BUCKLEY, W. ed.: *Modern systems research for the behavioral scientist*. Chicago, Aldine. 80–81.
- KÁPOSZTA J. – KIS M. – GODA P. (2013): Területi elemzések rendszervizsgálati megközelítésben, pókhálóentrópia-vizsgálat segítségével. *Erdélyi Múzeum*, 3. füzet. 52–69.
- KATA J. (2013): *Mérnöki módszerek a pedagógiában*. Budapest, Typotex. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0023_Mernoki/section-0002.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- KNEALE, W. – KNEALE, M. (1987): *A logika fejlődése*. Budapest, Gondolat.
- KNUT B. (1979): *A szervezet, mint rendszer*. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- KOMOR L. (2005): *Gazdaságpszichológia*. Gödöllő, Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Vezetéstudományi Tanszék.
- KUHN, A. (1974): *The Logic of Social Systems*. San Francisco, Jossey-Bass.
- NEMES NAGY J. (1998): *A tér a társadalomkutatásban – Bevezetés a regionális tudományba*. Budapest, Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület, „Ember-Település-Régió”.
- PARSONS, T. (1977): The Present Status of “Structural-Functional” Theory in Sociology. In PARSONS, T.: *Social Systems and The Evolution of Action Theory*. New York, The Free Press. 100–117.
- ROÓZ J. – HEIDRICH B. (2013): *Vállalati gazdaságtan és menedzsment alapjai*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- SZADOVSZKIJ, V. N. (1976): *Az általános rendszerelmélet alapjai*. Budapest, Statisztikai Kiadó Vállalat.
- SZAKÁL F. (2000): A vállalat mint gazdasági rendszer. In BUZÁS Gy. – NEMESSÁLYI Zs. – SZÉKELY Cs. szerk.: *Mezőgazdasági üzemtan I.* Budapest, Mezőgazdasági Szaktudás. 20–74.
- SZÜCS E. (1972): *Hasonlóság és modell*. Budapest, Műszaki.
- VON BERTALANFFY, L. (1968a): *General System Theory: Foundations, Developments, Applications*. New York, Braziller.
- VON BERTALANFFY, L. (1968b): *The Organismic Psychology and Systems Theory, Heinz Werner lectures*. Worcester, Clark University Press.
- ZADEH, L. A. – POLAK, E. (1972): *Rendszerelmélet*. Budapest, Műszaki.
- ZADEH, L. A. (1962): From Circuit Theory to System Theory. *Proceedings of the IRE*, Vol. 50. 856–864.

Vákát oldal

III. Rendszerek leírása – változók, adatok, összefüggések

Sasvári Péter

DOI: 10.36250/00734.03

1. A fejezet célkitűzése

Korunk tudományos megismerésében egyre jelentősebb szerepet játszanak a tudományos modellek. A modellmódszer széles körű elterjedése a 20. században ment végbe, nagymértékben a kibernetika kialakulása, illetve a tudományok matematizálódása és kibernetizálódása hatására. Az emberek az emberi társadalom kezdetén az ismeretlen jelenségeket úgy próbálták megismerni és megmagyarázni, hogy összevetették már ismert jelenségekkel, felhasználták az ismert és az ismeretlen jelenségek közötti hasonlóságokat. A modellmódszer az évszázadok folyamán hosszú fejlődésen ment keresztül a felületes analógiák alkalmazásától a modern tudomány hatékony modelljéig. A modellezés mint tudományos megismerési módszer a tudományok kialakulásával egyidejűleg jelent meg, a valóság tudományos megismerése során minden korban alkalmaztak modelleket, vagy legalábbis modellszerű képzeteket.

2. Bevezetés

A modellezés – a tudományos kutatás részeként – az 1950-es évektől vált egyre jelentősebbé. Ezt a folyamatot a modellezési technikák és a számítástudomány fejlődése, a társadalmi és természeti rendszerek megismerésének egyre nagyobb igénye, valamint az idő- és térbeli extrapoláció, azaz az előrejelzés fontosságának felismerése segítette elő. Gyorsan a kutatók eszköztárának fontos alkotóelemévé vált (SZATMÁRI 2013).

A modell a valóság absztrakciója, amely a modellezés céljának megfelelő legegyszerűbb módon reprezentálja a komplex valóságot. Az a jó modell, amelyik a legkevesebb paraméterrel és legkisebb komplexitással a legjobban megközelíti a valóságot. A modellezés nem helyettesítheti a megfigyelést, de hozzásegíthet a megfigyelések megértéséhez, elméletek kidolgozásához és teszteléséhez.

3. Modellezési alapfogalmak

A *modell* egy a tudományos kutatásban használt fogalom, amely a nagyon pontosan (tehát a matematika nyelvén) megfogalmazott feltételezéseket és feltételezési rendszereket jelenti. A modellezés során a valóság egy meghatározott szeletéből kiemeljük a számunkra adott szituációban fontos, ismert vagy feltételezett elemeket, és azokat hipotézisünknek megfelelően kapcsolatba hozzuk egymással. Az így elkészített modellt tesztelnünk kell. Ha a modell úgy viselkedik, ahogyan a modellezni kívánt rendszer vagy objektum (tehát predikciói egybevágóak a közvetlen tapasztalatokkal), akkor azt mondhatjuk, hogy a modell jó (céljának megfelelő keretek között használható), ha eltér attól, akkor a modellt tovább kell fejleszteni vagy el kell vetni.

A *modellnek* a valós tapasztalatokkal való összevetését a modell tesztelésének (validálásának, esetleg verifikálásának) nevezzük. Az emberi gondolkodás lényegét, működését szintén tágabb értelemben vett modellezésnek tekintik. A modell a rendszerek leírásának eszköze, a rendszerről meglévő ismereteink szisztematikus gyűjteménye. A modell általában a rendszer egyszerűsített, a vizsgálat szempontjából lényegi tulajdonságait emeli ki. A modell segítségével lehet vizsgálni a valós fizikai rendszert, annak valamilyen részét valamilyen vizsgálati szempontból, mennyiségi és minőségi jellemzőkre koncentrálni, lelemmezhetjük a folyamatok és folyamatelemek bemenetét és kimenetét, illetve rögzíthetjük a rendszerre vonatkozó ismereteinket, azok összefüggéseit. Ugyanazon fizikai objektumnak meglehetősen sok, eltérő képet mutató modellje lehet attól függően, hogy milyen célból alkották meg a modellt, mi az, ami a rendszerből vizsgálandó. Ezek alapján, eltérő az egyes modellek bonyolultsági foka és megvalósítási módja.

A mérnöki tudományos modellalkotás az objektív fizikai, biológiai, gazdasági törvények ismeretén alapul, és általában matematikailag is kezelhető formában adja meg a modellt. A modell a vizsgált jelenségekre vonatkozó ismereteink formális kifejezése, a modellezés a modell megalkotásának folyamata.

A *modell* legfontosabb jellemzője, hogy vizsgálati szempontból mennyire azonos az inputokra, külső és belső zavarokra való reagálása a valós rendszer reagálásával. Ezt szokták a modell jóságának nevezni.

A *modell* akkor jó, ha eleget tesz a modellező által felállított vizsgálati szempontok igényeinek. A modellezéssel kapcsolatosan általános elvárás, hogy

- megbízható ismeretanyagot szerezzünk a rendszerben lejároló eseményekről, jelenségről és azok miértjéről;
- igazolni vagy cáfolni lehessen az elméleti feltevéseket;
- a cél és a cél elérésére tett intézkedések a modellben is értékelhetők legyenek (a modell kövesse a változást);
- lehetőség legyen a modell alapján az események és lehetséges hatásuk előrejelzésére;
- optimálni lehessen a különböző folyamatokat.

3.1. A modellek típusai

Egy rendszer vagy folyamat modellje eltérő formákban valósulhat meg, elsősorban attól függően, hogy melyek a modellező által kitűzött célok, és melyek az általa lényegesnek

vélt, illetve megválasztott rendszerjellemzők. Ezek alapján különböző modelltípusokkal dolgozhatunk:

- *Funkcionális*, koncepcionális modell, ahol a vizsgált rendszert vagy részeit a rendszerben betöltött idealizált funkciójuk alapján határozzuk meg (például funkcionális blokkvázlat, folyamatábra).
- *Fizikai* modell, amely a vizsgált jelenséget rögzített tulajdonságú fizikai objektumokkal írja le analógiák, illetve hasonlósági törvények alapján. A modell az eredeti rendszerrel geometriai hasonlóságot nem mutat, a fizikai jelenség sem azonos, de a benne játszódó folyamatokat azonos törvényszerűségek határozzák meg. Az eredeti rendszerhez viszonyítva hasonló behatásra hasonló módon válaszol.
- *Matematikai* modellel a modellezendő rendszer fizikai változói közötti kapcsolatokat egy bizonyos matematikai struktúrába képezzük le (algebrai, differenciál-, integrálegyenletek, logikai függvények stb.).

A *funkcionális modell* egy rendszerről alkotott kép harmadik vetülete, amely leírja, hogy a rendszer milyen funkciókat nyújt az őt használók számára. A rendszer által kínált funkciót a *használati eset* definiálja. A használati eset leírja a rendszer és az őt felhasználó külső szereplők (aktorok) közötti akciók és reakciók (válaszok) sorozatát, az interakciókat (KONDOROSI–SZIRMAY-KALOS–LÁSZLÓ 2007).

A rendszer viselkedését leíró *matematikai összefüggések* jellege vagy meghatározásának módszere szerint – páronként – az alábbi matematikai modelleket különböztetjük meg (M. CSIZMADIA – NÁNDORI 2003; POKORÁDI 1992; SZÜCS 1972). A bemutatott felsorolás természetesen nem teljes, mivel egy konkrét, gyakorlatban megvalósított matematikai modell általában az alábbi jellegek szintézisét jelenti.

A bemutatott párosításokon túl, a matematikai modelleket szokás a bemeneti és kimeneti változók száma szerint is csoportosítani. Ezek alapján az 1. táblázatban szereplő modelleket különböztetjük meg.

1. táblázat

Matematikai modellek osztályozása a be- és kimenő jellemzők számai alapján

Modelltípus	Felhasznált matematikai egyenlet
egybemenetű – egykimenetű (Single Input Single Output — SISO)	Skalár–skalár
egybemenetű – többkimenetű (Single Input Multi Output — SIMO)	Vektor–skalár
több-bemenetű – egykimenetű (Multi Input Single Output — MISO)	Skalár–vektor
több-bemenetű – többkimenetű (Multi Input Multi Output — MIMO)	Vektor–vektor

Forrás: POKORÁDI 2007

Az utóbbi három modell esetében a leíró egyenletek formailag vektor-, illetve mátrix-formalizmussal kezelhetők.

Fontos megjegyezni, hogy a matematikai modellek és a rendszerek osztályai megnevezésükben gyakran egyeznek. Bizonyos szakirodalmak (ZADEH–POLAK 1972) már magán a rendszer fogalmán sem a valós technikai rendszert, hanem annak matematikai modelljét értik.

Egy adott rendszer tulajdonságai meghatározhatják, de nem determinálják egyértelműen, hogy milyen matematikai modellel írható le a benne lejátszódó folyamat. Például egy nem lineáris rendszert közelítő elemzés során lineáris matematikai modellel, vagy diszkrét paraméterű rendszert folytonos paraméterű modellel is leírhatunk.

A *modell* az ismeretek kifejezésének alapvető eszköze, ezért aki egy rendszert tud modellezni, az ismeri magát a rendszert is. Az ismereteknek mindig a lehető legegyszerűbben használható formában kell rendelkezésre állnia, hiszen a modell vizsgálata a további döntések alapja és kiindulópontja lesz. A modellezett rendszerek esetében fontos rögzíteni a rendszerre vonatkozó törvényeket, struktúrákat, paramétereket és állapotokat.

A törvények azok az alapvető kikerülhetetlen tulajdonságok, amelyek a modell általános jellemzőit határozzák meg. A folyamatokat lehetőleg minél szűkebb értelemben kell vizsgálni annak érdekében, hogy a környezettől való elválasztás, a különféle kölcsönhatások elhanyagolása lehetővé váljon.

A *struktúra* a rendszer belső tagozódását, a részek kapcsolatát jellemzi. A rendszer vizsgálatánál magát a rendszert vagy folyamatát nemcsak a környezetétől különítjük el, hanem különválasztjuk az egyes elemeit (ezek a szervezeti és a folyamatlemei), és rögzítjük az elemek kölcsönhatását.

A modell paramétereinek az egyes állapotokban megtalálható jellemzők konkrét értékeit nevezzük. A paraméterek jellemzően azonosak az egyes elemekre jellemző fizikai mennyiségekkel, a határ- és a kezdeti feltételekkel. A paraméterértékek meghatározása a modellalkotás legfontosabb gyakorlati, a rendszer megfigyeléséhez kötött tevékenysége. A paraméterek konkrét értékei általában kezdetben ismeretlenek, viszont a modell megadása csak akkor teljes, ha a struktúra mellett a paraméterek is ismertek, tehát ezeket mérésről vagy észleléssel meg kell határozni, esetleg becsülni.

Az állapot olyan változó, amely a rendszert érő külső és belső hatásokkal együttesen írja le a folyamatot, tehát a folyamat gyakorlatilag az állapotjelzők változását jelenti a modellben. Állapotváltozóként általában a rendszer elemeinek viselkedésére jellemző fizikai mennyiségek pillanatértékei szerepelnek.

Az előbbieken definiált modellkategóriák egy rendszer modellje esetében a következőképpen értelmezhetők:

- struktúra,
- paraméterek,
- állapot.

Paraméter alatt olyan mutatót, mértéket, jellemző értéket, vonást, sajátosságot, tényezőt értünk, amely egyenletben vagy függvény kifejezésében szereplő tetszőleges értékű lehet.

Az *állapot* pedig az állandósult jellemzők összessége, ahogy a személy vagy dolog van. Annak betöltött szerepét, feladatát, rendeltetését, használatát jellemző körülmények, szerkezeti felépítés, a megjelenés nagysága, fejlettsége.

3.2. A modellezés alapfogalmai

A modellalkotás során a törvények, struktúrák, paraméterek megválasztásánál lényeges néhány általános érvényű modellalkotási elv figyelembevétele:

- *Szeparáció*, mert egy modellezési feladat megfogalmazásakor a külső világ egy részét (a modellezendő rendszert vagy folyamatot) a környezetétől el kell különíteni.
- *Szelekció*, mert a modellezés során a megvalósítandó cél szempontjából szelektálni kell a rendszer és környezete közötti kölcsönhatások közül. (A szeparáció és a szelekció elvéből adódóan a modell mindig egyszerűsített, és kijelenthetjük, hogy hibás képe a rendszernek. Célunk azonban az, hogy a hiba ne a vizsgálati szempontot érintse. A szeparáció és szelekció nélkül a modellalkotás elképzelhetetlen.)
- *Gazdaságosság*, mert modellnek – a vizsgálat célkitűzésének természetesen megfelelően – a lehetőségek közül a legegyszerűbbnek kell lennie, és egyszerűsége a struktúra egyszerűségében, a paraméterek és az állapotváltozók minimális számában jelentkezik.

A modell felállításához szükséges információk két forrásból származhatnak:

- *a priori* ismeretek: a modellezendő rendszerre vonatkozó, a vizsgálat megkezdésekor rendelkezésre álló ismeretek összessége;
- *a posteriori* ismeretek: a modellezési eljárás befejezésével rendelkezésünkre álló ismeret, amely a modell vizsgálata, megfigyelése során nyert információkkal több az előzetes ismeretnél.

A modellezési folyamat kezdeti szakaszát az a priori ismeretek összegyűjtése és rendszerezése jellemzi.

Az *a priori* ismeretek mennyisége mindig korlátozott, mivel:

- a vizsgálat többnyire egy konkrét (egyedi) rendszer konkrét folyamatának leírására összpontosul;
- a rendszer és folyamatának környezete általában kevésbé teljesen ismert;
- a jelenségről alkotott ismeretanyagunk sem teljes, lehetetlen a jelenség minden aspektusát figyelembe venni;
- ha ismertek is az általános törvényszerűségek, többnyire a konkrét összefüggések nem;
- esetenként hiányzik egy-két konkrét állapotjelző valódi értéke (vagy akár az összes).

Az a priori ismeretek a modellezési feladat céljával együtt meghatározzák a modell végleges típusát, a pontossági követelményeket, a konkrét modellezési eljárás típusát, a modell bonyolultságát, megvalósításának módját és költségeit. A modellezés kezdetén az a priori ismeretek hiánya több kiindulási esetet jellemezhet, ekkor a hiányzó a priori ismeretek helyébe azoknak lehetséges változatait helyettesíthetjük be.

3.3. A modellezés módszerei

A modell

- célja szerint lehet *taktikai* (prediktív) vagy *stratégiai* (demonstratív).
- felépítése szerint: *szimulációs* vagy *leíró* (deskriptív).
- tér-idő szemlélete szerint: *diszkrét* vagy *folytonos*.
- folyamatszemlélete szerint: *determinisztikus* vagy *sztochasztikus*.

A *prediktív* modellek segítségével a felhasználók kielemezhetik a legfrissebb adatokat és az ügynevezett történelmi tényeket is, s ennek révén jobban megérthetik az ügyfelek, partnerek gondolkodásmódját és igényeit, felmérhetik az esetleges kockázatokat és lehetőségeket. Számos technikát állítanak az elemzés folyamatának szolgálatába, kezdve az adatbányászattól, a statisztikai modellezésen keresztül egészen a gépi tanulásig, hogy javítsák az elemzők üzleti előrejelzéseinek pontosságát.

Klasszikus felfogás szerint a *demonstratív* modell magában foglalja az információgyűjtést, azok elemzését, a stratégiai célok és alternatívák megfogalmazását, valamint a stratégia kiválasztását.

A stratégiai modellezés, gondolkodás három alapkérdésen alapul, és három alapeladata különböztethető meg (KENDERFI 2011).

Alapkérdések:

- *hol* állunk most?
- *merre* kívánunk haladni?
- *hogyan* akarjuk elérni céljainkat?

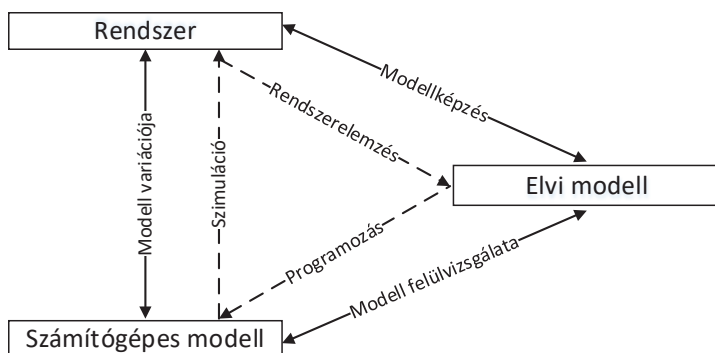
Alapeladatok:

- stratégiai elemzés,
- stratégia kiválasztása,
- stratégia megvalósítása.

A *szimuláció* elterjedése a digitális számítógépek megjelenésével kezdődött. Szimulálni annyit jelent, mint utánozni. Ha tehát egy rendszert szimulálunk, akkor azt a rendszert valamilyen módon utánozzuk. Ilyen értelemben tulajdonképpen minden matematikai (vagy szimbolikus modell) az adott rendszer szimulációjának tekinthető. A szimulációs módszerek azonban nem ezt jelentik. A matematikai szimuláció nem egyenlő a valóság utánzásával. A szimulációs módszerek segítségével ugyanis valamely rendszer viselkedését kívánjuk meghatározni.

A szimulációs modell alkalmazásával képesek vagyunk mesterségesen létrehozni azoknak az állapotoknak a sorozatát, amelyek leírják az illető rendszer vagy a rendszer néhány komponensének viselkedését egy bizonyos időintervallumban.

Az, hogy a szimuláció a rendszer viselkedését, tevékenységét időben képes vizsgálni, a leglényegesebb különbség az egyéb matematikai módszerekkel szemben.



1. ábra

A modellezés és szimuláció elsődleges fázisai és feladatai

Forrás: POKORÁDI 2007

A szimulációval egészen kicsiny és nagy, komplex gazdasági rendszerek lényegét is meg lehet határozni. Ha egy vállalatot tekintünk, akkor ezzel a rendszerrel kísérletezgetni túl költséges és megvalósíthatatlan lenne. Ezért a megfigyeléseket nem magán a konkrét rendszeren, hanem annak szimulációs modelljén végezzük. Kis rendszerek esetén ez még manuálisan is elvégezhető, de a nagy rendszerek szimulálása már számítógépet igényel.

A bonyolult feladatok megoldása gyakorlatilag a programvezérlésű digitális számítógépek segítségével vált lehetővé. Bár a szimuláció egyszerűbb feladatoknál elvégezhető manuális úton is, de összetett problémákról megbízható eredményt – amelyet a többszöri kísérletezés biztosíthat – csak számítógépekkel lehet gazdaságosan elérni.

Ezért a szimuláció fontosabb munkafázisait elsősorban a számítógépek felhasználási lehetőségét figyelembe véve ismertetjük.

- A feladat meghatározása.* Ennek során meg kell fogalmazni a megoldással megválaszolandó kérdéseket, az ellenőrizendő hipotéziseket és a megvizsgálandó hatásokat. A megoldandó feladat többnyire sztochasztikus folyamat.
- A valós rendszer tanulmányozása.* Meg kell határozni a rendszer vagy folyamat elemeit (komponenseit); a változókat, amelyek a különböző rendszerállapotok mellett különböző értékeket vesznek fel; a változtatható paramétereket; az elemek és változók közti strukturális, függvény- és időbeli kapcsolatokat, összefüggéseket.
- A matematikai modell meghatározása.* Az előzőek alapján a modell leírása az absztrakciók figyelembevételével.
- A modell kiértékelése.* A valóságűség ellenőrzése abból a célból, hogy a lényeges komponensek, változók, paraméterek, kapcsolatok ne hiányozzanak a modellből.
- A számítógépes program elkészítése.* Ezen szakasz magában foglalja a programmegírást, a szimulációs időszak hosszának és a rendszer jellegzetes kezdő időpontjának meghatározását.
- A szimuláció végrehajtása.* Ennek során véletlen számok segítségével képzett mintaelemekkel újra és újra kiszámítjuk, mi történne a valóságban, ha a változók a véletlenszerűen felvett értékek szerint alakulnának. Az értékeket a számítógép által generált véletlen számok biztosítják.

- g) *Az eredmények elemzése.* Az utolsó fázisban a kapott eredményeket elemezzük, és azokból a vizsgált jelenség, rendszer alakulására vonatkozóan következtetéseket vonhatunk le. Az elemzés esetleg visszahat a modell megváltoztatására.

Diszkrét modellről beszélünk, ha mind a szimulációs idő, mind a rendszer állapotai csak diszkrét értékeket vehetnek fel. Ha ezeket a dimenziókat folytonos változókkal kezeljük, akkor *folytonos* modellről beszélünk.

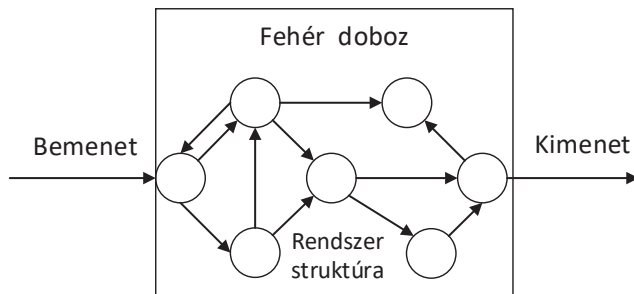
Diszkrét modellen belül, ha a rendszert leíró változók determinisztikusak, akkor *determinisztikus*, ha a változók minden időpontban egy véletlen eloszlásból származó értéket tartalmaznak, akkor *sztochasztikus* a modellezés (RIPLEY 1987; NELSON 1995). Abban az esetben pedig, ha az idő egy részében determinisztikusan, más részében sztochasztikusan viselkedik a rendszer, akkor *kvázideterminisztikus* modellezésről beszélünk (JÁVOR 2000; SZÜCS 2007).

A modellezésnek két jellemző módszere van, amelyek egyaránt alkalmasak a rendszerek modellezésére: deduktív és induktív.

3.3.1. Deduktív modellalkotás

A *deduktív* modellezésnél általános érvényű törvényszerűségekből kiindulva (természettudományos ismeretanyagra támaszkodva) egy konkrét, ismert jelenség leírására törekszünk. Az e célból végzett elméleti analízis során meghatározzuk a vizsgált rendszer határait, felbontjuk azt különálló elemekre (részrendszerekre), egy-egy részrendszerre alkalmazuk a megfelelő megmaradási és folytonossági törvényeket, rögzítjük a határfeltételeket és a részrendszerek közötti kölcsönhatásokat. Ennek a priori ismeretanyaga formális alakjában valamilyen struktúra és a hozzá tartozó paraméterek együttese (HUSI 2010).

Abban az esetben, ha mind a fizikai törvények, mind a strukturális és paraméterekkel kifejezett ismeretek rendelkezésre állnak, vagy teljes egészében specifikáltak, a kapott analitikus formájú modell egyértelműen mutatja a vizsgált rendszert vagy folyamatot (a szelekció és szeparáció által behozott bizonytalanságok korlátain belül). Mivel a rendszer vagy a folyamat belső felépítése ismert vagy hozzáférhető, a rendszer átlátszó a modellező számára, így ezt az esetet a *fehér doboz* névvel illetik.



2. ábra

A belső felépítés ismert a fehér doboznál

Forrás: a szerző szerkesztése

A *dedukció* vagy levezetés, bizonyítás logikai fogalom. Dedukción egy olyan műveletet értünk, amelynek során bizonyos előfeltevésekből (premisszákból) bizonyos, előre meghatározott módszerekkel (levezetési szabályokkal) általában szintaktikai jellegű átalakításokat végzünk. A logikában az érveléshez tartozó állítások két csoportra oszthatók: konklúzióra és premisszára. A konklúzió az érvelés bizonyítandó tétele, az az állítás, amely az érvelés többi állításából következik. A premisszák, vagyis az érvek hivatottak alátámasztani a konklúziót, bizonyítják azt, vagy maguk után vonják igazságát. Egy érvelésben akármennyi premissza lehet, de általában csak egy konklúzió. Összetett érvelések esetében egy állítás egyszerre szolgálhat egy érvelés konklúziójaként és egy másik premisszájaként. Ilyenkor az érvelés részérvelésekből áll. A ki nem mondott premisszák – illetve konklúziók – az érvelés lényeges elemei. Ezeket rejtett (implicit) premisszáknak nevezik: olyan állítások, amelyekkel a hallgatónak kell az érvelést kiegészítenie. Sokszor épül az érvelés közhelyes igazságokra – ilyenkor teljesen természetes, ha a premisszát kihagyják.

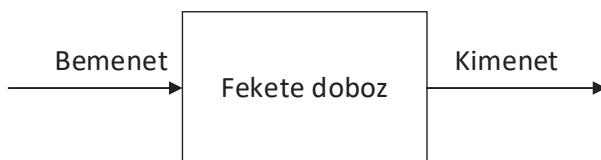
Az eredmény a konklúzió (következmény). Szűkebb értelemben ezek szigorúan meg kell hogy feleljenek a klasszikus kétértékű deduktív logika szabályainak. A következtetések a premisszák elfogadásának feltételével így bizonyítottak lesznek. A dedukciót nem szabad összekeverni bizonyos más következtetésekkel, amelyek a feltevések igazsága esetén is csak valószínűsítik a konklúziót, nem bizonyítják. Ilyen például az indukció, amely általában az egyedi premisszák igazsága esetében sem teszi bizonyossá az általános állítást, hanem legfeljebb igazolja azt. Ugyanakkor a teljes indukció egy matematikai bizonyítási szabály a természetes számok axiómarendszerében, azaz *dedukció*.

A *konklúzió* a gondolkodás ama művelete, amely által adott ítéletekből új ítéletet származtatunk. A következtetést két típusra szokás osztani: az egyik az egyetemesből a részlegeshez vagy egyeshez jut, ez a *szillogizmus* a szó szoros értelmében. A másik a részlegesből indul, s az egyetemesre következtet, ez az *indukció*. Némelyek még az analógiakövetkeztetést is külön típusnak tekintik, amely az egyesből vagy részlegesből más egyesre vagy részlegesre következtet.

3.3.2. Induktív modellalkotás

Az *indukció* egy logikai következtetési eljárás. Olyan érvelések tartoznak ide, ahol a premisszák csupán valószínűsítik a konklúziót, de nem feltétlenül garantálják az igazságértékét. Ebben az esetben – a deduktív érveléssel ellentétben – a premisszák és a konklúzió közötti logikai viszony nem olyan szoros. A premisszák és a konklúzió közötti kapcsolattal az informális logika foglalkozik.

A kísérletek során végzett megfigyelések információt tartalmaznak a jelenség és annak környezete között érvényesülő kölcsönhatásokról, azaz a rendszer bemenő és kimenő jeleiről. A kísérleti vizsgálatok célja a jelenség olyan modelljének felállítása, amely utánozni képes a jelenség tényleges lefolyását, reprodukálva a rendszer kimenő jeleinek változását. *Tiszta induktív* módszert alkalmazva nem rendelkezünk a rendszer belsejére vonatkozó, strukturális ismerettel, a rendszert mintegy *átláthatatlan*, úgynevezett *fekete doboznak* tekintjük.



3. ábra

A bemenet és kimenet jellemzi a fekete dobozt

Forrás: a szerző szerkesztése

Amennyiben a modell és a jelenség közötti hasonlóságot adott bemenő jelre adott kimenő jelek hasonló időbeli lefutása alapján ellenőrizzük, a jelenség lefolyását több, különböző struktúrájú modell képes utánozni. Ezért az induktív modellezési módszer elvben végtelen sok lehetséges modellt eredményezhet.

Elsősorban bonyolult esetekben lehet a módszert előnyösen használni. Tehát keresni kell egy olyan modellt, amely a vizsgált valóságos rendszerrel megegyező viselkedésű.

Az indukciónál során korlátozott számban megfigyelt tapasztalati tények alapján vonunk le egy általános érvényű következtetést. A tudós feladata a tények szisztematikus gyűjtése és rendszerezése, majd ezek alapján az általános törvényszerűségek levonása.

Az induktív következtetés négy fő fázisa:

1. Jelenségekbe vágó példák gyűjtése.
2. Közös jellemzők szűrése, kivételek keresése.
3. Általánosítás.
4. Általánosított törvényszerűség tesztelése újabb példákon keresztül.

Az egyik kritika, amelyet az indukcióval szemben felhoznak, hogy nem konkluzív, tehát soha nem vezethet bizonyossághoz. Bármennyi esetet is gyűjtünk össze, amelyek egy adott következtetéshez vezetnek, a következőleg vizsgált tapasztalati tény ellentmondhat az előbbieknél.

A tudományokban fontos az előfeltevésektől mentes megfigyelés és az ez alapján történni általánosítás, azonban az elmélettel szembeni egyik legfőbb kritika szerint ez lehetetlen, mivel minden megfigyelésünket meghatározza valamilyen előzetes tudás, elvárás. Ha semmilyen elképzelésünk nem lenne a megfigyelés előtt, akkor képtelenség lenne a rengeteg információt logikus módon rendszerezni.

További ellenvetés az indukcióval szemben, hogy nem fogjuk feltétlenül minden azonos megfigyelésből ugyanazt a következtetést levonni.

A tiszta deduktív és a tiszta induktív módszer két idealizált, szélsőséges útja a modell megalkotásának. A gyakorlatban megvalósított modellezési folyamat során a két módszert esetenként más és más arányban kombinálva használják. A modellépítés kezdeti szakaszában a deduktív módszer az előnyösebb az általános érvényű összefüggések és ezek formális alkalmazhatósága miatt. A későbbiekben a szükséges információk hiánya miatt kényszerülünk általában az induktív módszer követésére, s csak kísérletek révén juthatunk a kívánt ismeretekhez.

3.4. A modellalkotás lépései

A modellezés – a vizsgált jelenségre vonatkozó ismeretek megszerzésének és formális kifejezésének folyamata – összetett, láncolt folyamat. A modellek egymásra épülnek, egymásból meríthetik a létrehozásukhoz szükséges információk egy részét. Egy konkrét modell révén rendelkezésre álló ismeretanyag a priori ismeretül szolgálhat egy másik modell létrehozásánál. A modellezési folyamat a modellezés céljának meghatározásával kezdődik. Ekkor kell rögzítenünk a modell típusát és a modell szükséges pontosságát. A következő lépés az a priori ismeretek összegyűjtése. Az előzetes ismeretek a jelenség vizsgálatánál alkalmazható törvényeket és kiegészítő ismereteket, a jelenségre vonatkozó strukturális és parametrikus információkat jelentik. Az a priori ismeretek az előzetes modell létrehozását teszik lehetővé. Ez a modellalkotás deduktív szakasza. Az előzetes modell az a priori ismeretek mennyiségétől függően több szabadságfokkal rendelkezhet. Ezek az ismeretlen jellemzők igénylik a modellezés induktív szakaszát, a jelenség kísérleten alapuló vizsgálatát. A modellen végzett megfigyelések tervének kialakítása (kísérlettervezés) az előzetes modell és az a priori ismeretek felhasználásával történik. Ez passzív kísérletnél a megfigyelendő jellemzők kiválasztásával, a megfigyelés időpontjának, időtartamának rögzítésével jár. Aktív kísérletnél a változó jellemzők kiválasztása és rögzítése is külön feladatot jelent.

Ezután következik az előzetes modell szabad jellemzőinek rögzítése az előzetes ismeretek és a jelenlegi megfigyelése révén nyert adatok felhasználásával. Az így felállított modell ellenőrzése után meg kell vizsgálni a modell és a jelenség közötti hasonlóságot valamilyen működési jellemző és hasonlósági kritérium alapján. Ha a modellellenőrzés igazolja, hogy a modell megfelel a modellezés céljának, akkor a modellezési folyamat eredményeként a végleges modell rendelkezésre áll.

Amennyiben a modellellenőrzés nem megfelelő modellt jelez, a kiértékelés többféle beavatkozást indokolhat. A legegyszerűbb eset az, ha a kísérletet tovább folytatva újabb megfigyelések révén nyert többletinformációkkal javíthatjuk a modell pontosságát. Más esetben módosítanunk kell a kísérleti körülményeket, a megfigyelési szempontokat, a vizsgálójeleket. Előfordulhat, hogy az előzetes modell felállításánál feltételezéseink helytelennek bizonyultak, ezért az előzetes modellen strukturális vagy parametrikus módosítást kell végrehajtanunk. A modellalkotás tehát több lépésből álló, interaktív jellegű tevékenység, amelynek eredménye a vizsgált jelenség valamilyen formalizmussal kifejezett leírása, a jelenség modellje.

3.5. A modellezés általános problémái

A tudományos és mérnöki igényű rendszervizsgálat és rendszerkezelés nélkülözhetetlen feltétele a rendszermodellek megalkotása. A tudatos alkotó, problémamegoldó emberi tevékenység általánosan négy fő szakaszra bontható:

- problémafelismerés;
- problémaleírás;
- megoldáskeresés;
- megoldás kimunkálása és annak alkalmazása.

A problémafelismerés rendkívül lényeges szakasz, mert ez indítja el a megoldásra irányuló folyamatokat. Ez a fázis szorosan kapcsolódik a rendszer lehatárolásához. Az, hogy a problémát, illetve annak tárgyát rendszernek tekintjük, azt is jelenti, hogy ezzel a rendszertechnikai, a rendszertudományi módszerek széles körű alkalmazásának lehetősége nyílik meg.

A problémaleírás, illetve -megfogalmazás vagy -újrafogalmazás többek között a célok megjelölését is magában foglalja. A problémák és a célok nagymértékben meghatározzák a leírás módját, alapvetően a leképező modelleket. A modellek fő jellemzője, hogy segéd-eszközként szolgálnak a cselekvéseink előkészítésében. Előmozdítják a megoldás alternatíváinak feltárását, új ismeretekkel megalapozottabbá teszik a döntéseket.

A rendszerek – a bonyolultságuk miatt – részletesen csak többféle szempont és megközelítés alapján kialakított modellek segítségével ismerhetők meg. Ezek szolgálják a hatékony elemzést, tervezést és rendszerirányítást. A problémát a modellben oldjuk meg, és csak a megoldás eredményeit vesszük át a valós rendszerre.

A modellalkotásban több alapelv érvényesül:

- hasonlósági elv,
- szeparáció elve,
- szelekciós elv,
- gazdaságossági elv.

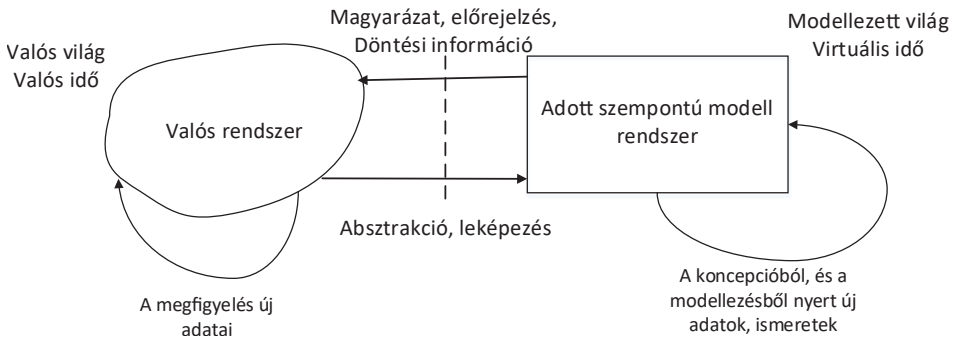
A valós világ körülhatárolt része, azaz a vizsgált rendszer és az adott szempont szerinti modellje között – általában absztrakt szinten – mindig hasonlóság van. A hasonlóság szerkezeti, működési vagy formai szempontokból lehetséges.

A modellalkotás alapfeladata elkülöníteni, szeparálni a modellezendő rendszert a valós világ többi részétől az adott szempont szerint.

A rendszerek általában bonyolultak. Az alkotóiknak, azok kapcsolatainak nagyszámú tulajdonsága, jellemzője lehet. Az elkülönített rendszeren belül számos kölcsönhatástípus értelmezhető. A vizsgálat célja szerint a kölcsönhatások és azok jellemzői között is szelektálni kell, megragadva a legfontosabbakat, a többit pedig figyelmen kívül hagyjuk. Szeparáció és szelekció elkerülhetetlen. Ebből kifolyólag a modell mindig egyszerűsített, és egy bizonyos mértékig hibás képe a valóságnak. Egy adott modell a valódi rendszert csak meghatározott szempontból helyettesíti, valamilyen még elfogadható pontossági határon belül.

A gazdaságosság elve azt fejezi ki, hogy a célt figyelembe véve a modellnek a lehető legegyszerűbbnek kell lennie. Tehát azt nevezhetjük jó modellnek, amelyik a lehető legegyszerűbb, de a céljainknak megfelelő pontossággal közelíti meg a valóságot.

A modell a világ leírásának, megértésének eszköze. A modell a világra vonatkozó ismereteink kifejezője, és az emberi kommunikációnak is fontos eszköze. A modellezés fogalma kettős jelentésű; egyrészt a modellalkotás folyamatát jelölheti, másrészt az információszerzés hatékony módját a modell felhasználásával (lásd számítógépes szimulációs modellek). A valós világ és a modellezett világ kapcsolatát és ezek fontosabb jellemzőit a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra

*A valós rendszer és a modell kapcsolata**Forrás: FAUST 2011*

Az ábrával is összhangban azt mondhatjuk, hogy a modell maga is egy olyan speciális rendszer lehet, amelynek az alapfunkciója információszolgáltatás. Természetesen a tapasztalataink alapján is rögzíthetjük, hogy nem minden információt szolgáltató rendszer modell. A modellezett világban mód nyílik a virtuális idő használatára is. Így a rendszervizsgálatok akár nagy időhorizonton elvégezhetők, elfogadható hosszúságú valós idő alatt.

A modellalkotás és a modellezés fontos megvalósítási és módszertani elemei

- a modellkutatás,
- a modelltervezés,
- a modellelemzés.

A modellek és a modellezés révén a következő előnyökhöz juthatunk:

- A valós világról megbízhatóbb ismereteket szerezhethetünk. (Bonyolult rendszerek modellezés nélkül nem kezelhetők.)
- Bizonyíthatjuk az elméleti eredményeket és a kiinduló hipotéziseket.
- Szintetizáljuk a statikusan leírt célrendszert (például automatizálás, szabályzó rendszerek kialakítása).
- A rendszer viselkedésére előrejelzéseket tehetünk (például szimuláció).
- Optimálhatjuk a különböző jelenségek lefolyását.
- Felhasználásukkal az érdekelteltek között hatékony kommunikáció valósulhat meg.
- Segítségükkel rendezett, átlátható dokumentációt készíthetünk.

A rendszertechnikában a modellalkotás mindig két rendezőelv együttes érvényesülése alapján történik. A két rendezőelv a nézőpont, illetve a funkció, valamint a modellezés szintje. A rendszertechnikai munkákban akkor teremthetünk világos és egyértelmű viszonyokat, ha az alkalmazott modelleknél a nézőpont/funkciót és a rendszermodell szintjét egyaránt megjelöljük.

4. Rendszerirányítás

Nem ok nélkül kezdenek mind a gazdasági életben, mind az államtudományban egyre inkább foglalkozni a szervezettel és a szervezéssel. Ennek oka minden bizonnyal főleg az, hogy a gazdasági szervezetek fokozódó nagysága és összefonódásai mind jobban növekvő bonyolultsága egyre nagyobb mértékben megnehezíti az eredetileg kitűzött célok elérését. A szervezés az a menedzsmentfunkció, amely az elvégzendő feladatokat, erőforrásokat, kiemelten az azokat elvégző emberek csoportosítását, elrendezését és összekapcsolását jelenti annak érdekében, hogy az érintettek a legeredményesebben tudják elvégezni a munkát.

A *szervezet* – a legágabb értelemben – bármely, emberek közös tevékenysége révén kialakult társadalmi formáció. Jellemzője, hogy rendelkezik valamilyen céllal, és erőforrásait ennek érdekében mozgósítja. A legtöbb szervezet törekszik arra is, hogy hosszú időn keresztül fennmaradjon, s ennek érdekében hatékonyan igyekszik működni.

A szervezett rendszerek lényeges jellemzője, hogy irányítottak. Irányítás alatt egy rendszer működésének meghatározott cél elérése érdekében való befolyásolását értjük. Ez a rendszerek *kibernetikai* szemléletű vizsgálatát jelenti. A kibernetika az irányítás tudománya. A mai értelemben definiált kibernetika Norbert Wiener amerikai matematikus nevével és munkásságával veszi kezdetét. Az ő értelmezésében a kibernetikát az irányítás és a kommunikáció tudományaként kezelték (WIENER 1961).

A kibernetika volt az első, a hagyományos tudományágakat mintegy keresztben metsző interdiszciplína, amely alkalmat adott a különféle tudományágak közötti szerves kapcsolat megteremtésére.

„A kibernetika egy új komplex tudományos kutatási irányzat, amely a vezérlésnek és szabályozásnak, továbbá az információk ezzel kapcsolatos gyűjtésének, továbbításának, tárolásának, feldolgozásának és felhasználásának olyan általános törvényszerűségeit kutatja, amelyek a vezérelt vagy szabályozott anyagi rendszer legkülönbözőbb mozgásformái esetén a mozgásforma specifikus mozgástörvényeivel együttes hatásban érvényesülnek.” (DEÁK–KOZMA 1996)

A megközelítés erősen információelméleti szempontú, de még így is jól érzékelteti, hogy az irányítás valamilyen befolyásoló jellegű tevékenység.

A kibernetika gazdasági vetületeivel Oscar Lange lengyel közgazdász foglalkozott. A dolgok, jelenségek *ok-okozati* összefüggéseire irányította a figyelmet. Megállapította, hogy a kibernetika lényege a kapcsolódó rendszerek csatolt tevékenységének irányítása. Ebben az értelmezésben tehát a kibernetika a csatolt tevékenységek tudománya (LANGE 1970).

Egy másik megközelítésben: „Az irányítás olyan tevékenység, amellyel a gazdasági rendszer működését valamilyen meghatározott cél elérése érdekében befolyásoljuk.”

Az irányításon tehát olyan tevékenység értendő, amelynek révén valamely folyamatba

- annak létrehozása,
- fenntartása,
- megváltoztatása vagy
- megszüntetése érdekében avatkoznak be (DEÁK–KOZMA 1996).

Az általunk rendszerelméleti szempontból is megalapozottnak tekinthető (és vizsgálódásaink tárgyát tekintve célszerű) megfogalmazásban az irányítás olyan befolyásoló tevékenység,

amely egyrészt a mesterségesen szervezett rendszerek létrehozására, másrészt azok célszerű működésének biztosítására irányul. Természetesen ez az általános fogalom nemcsak a gazdasági, hanem a műszaki-technikai rendszerek irányítására is értelmezhető.

Az irányításnak általában három alapvető fajtáját szokás megkülönböztetni:

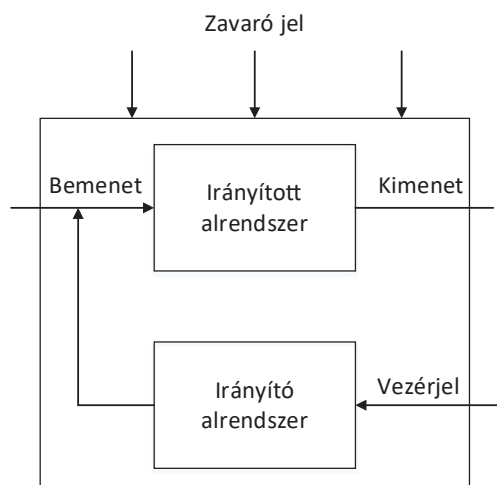
- az izolációt,
- a vezérlést és
- a szabályozást.

4.1. Izoláció

Az *elszigetelésen* alapuló irányítás, amelynek az a lényege, hogy a létrehozott, célszerű működésre beállított rendszert elzárjuk a környezetből potenciálisan érkező zavaró hatásoktól (zajoktól), ily módon biztosítjuk annak zavartalan működését. Az izoláció, a zavaró hatások kiküszöbölése – mint irányítási módszer – a zavaró jelek fellépésétől függetlenül létezik, tehát időben megelőzi azok fellépését, és nem engedi meg, hogy a folyamatra, a rendszerre hatást gyakoroljanak. Természetesen ezt az irányítási módot kizárólag zárt és determinisztikus rendszerek esetén alkalmazhatjuk, hiszen ha a rendszernek lényegi jellemzője az aktív környezeti kapcsolat, nem szigetelhető el. Amennyiben sztochasztikus, akkor nemcsak a környezetből érhetik zajok, hanem belső zavaró tényezők is felléphetnek, tehát nem biztosított a célszerű működés (BENKŐNÉ–BODNÁR–GYURKÓ 2008).

4.2. Vezérlés

A rendszert kibernetikai szempontból irányító és irányított alrendszerre bontottuk.



5. ábra

A vezérlés egyszerű modellje

Forrás: a szerző szerkesztése

Az irányított alrendszer a rendszer azon folyamatait foglalja magában, amelyek közvetlenül megvalósítják a rendszer funkcióit. Felveszik az erőforrásokat (bemenet), végrehajtják a közvetlen transzformációkat, kibocsátják a teljesítményeket (kimenet).

Az irányító alrendszer folyamatai végzik el azokat a beavatkozó jellegű tevékenységeket, amelyek biztosítják a rendszer célszerű működését. A vezérelt rendszert a környezetből zavaró hatások érhetik. Ezekről a várható zavaró hatásokról az irányító alrendszer információt kap (vezérjel), ezen információk ismeretében olyan beavatkozást végez, amelynek eredményeként a zavaró hatás nem tud érvényre jutni, a rendszer célirányban marad.

A vezérlési beavatkozás akkor történik meg, amikor a zavaró jel éppen bekövetkezik, illetőleg amikor annak hatására következtenni lehet. A vezérlési beavatkozás a zavaró jellel egyidejűleg hat a folyamatra, mégpedig ellentétes irányban, úgy, hogy az együttes hatás eredője nulla. A vezérlési beavatkozás viszont csak az adott zavaró hatásokat közömbösíti, nevezetesen csak azokat, amelyek bekövetkeztével számoltunk, s arra felkészültünk.

A zavaró hatások kompenzációja alapján történő irányítási módszer az irányított folyamat kívánt szinten való tartását a külső tényezőkben, a környezetben keletkező változások alapján oldja meg. Az irányítás e módszerének alkalmazása megkívánja, hogy ismerjük a környezet tényezői, a bemenő jelek, valamint az irányított jellemző közötti összefüggéseket. Ezen összefüggések ismerete a zavaró hatásokat kompenzáló irányítási módszer jellemző sajátossága. Hatékony alkalmazása sok ismeretet tételez fel, különösen akkor, ha a zavaró hatások sokféle forrásból erednek. A vezérlés esetén az irányított folyamatot vezérelt folyamatnak, az irányított jellemzőt pedig vezérelt jellemzőnek, s végül a zavaró hatásokat kompenzáló eszközöket kompenzátoroknak (kompenzál = kiegyenlít) is nevezzük.

A „nyílt hatásláncú” elnevezés arra utal, hogy a beavatkozás alapja a külső környezetből kapott előrejelzés.

Amennyiben olyan zavaró környezeti tényezők lépnének fel, amelyeket nem prognosztizáltak, amelyeket az előrejelzés nem vett figyelembe, vagy amelyek esetében a rendszer a beavatkozásra nem volt felkészítve, akkor természetesen a kiküszöbölés sem valósítható meg. Ebből következik, hogy ezt az irányítási módot is csak determinisztikus rendszerek és jól prognosztizálható zavaró tényezők esetén lehet alkalmazni.

4.3. Szabályozás

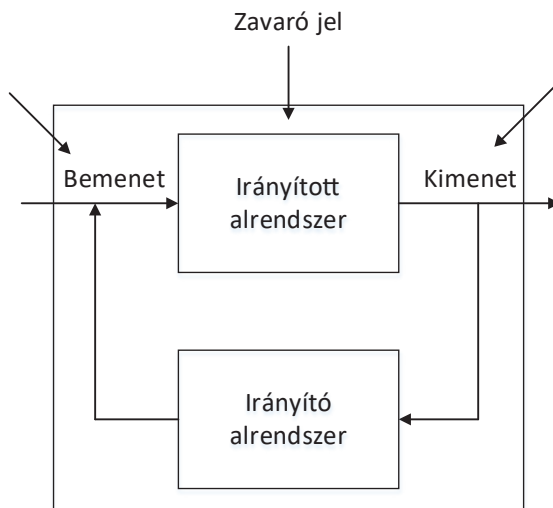
A szabályozás egy zárt hatásláncú irányítás, amelynek a lényege az, hogy a beavatkozás visszacsatoláson, azaz a rendszernek önmagáról levett információján alapul.

A visszacsatolásnak két válfaját különböztetjük meg, a negatív és a pozitív visszacsatolást (HÁKLÁR–NAGY 1975).

A *negatív visszacsatolás* a rendszer működésének előírt egyensúlyi állapotát kívánja fenntartani. Az irányító alrendszer az irányított alrendszer tényállapotairól veszi le az információt, és ha céltérést érzékel, beavatkozik. A beavatkozása ellentételező jellegű. A negatív visszacsatolás hatására a labilis rendszer stabilitása csökken. A beavatkozás addig folyik, amíg a rendszer visszaáll a cél irányába.

A *pozitív visszacsatolás* felerősödő folyamatot hoz létre, azaz a rendszer kimenetén mért érték mindig hozzáadódik a bementi értékhez, a visszacsatolás felerősíti a rendszerben elindult változást.

A szabályozás sztochasztikus rendszerek irányítására is alkalmas, hiszen ez esetben akkor következik be a beavatkozás, amikor a zavaró hatás már elérte a rendszert, és az irányított folyamatok reagálása biztossá vált. Az sem okoz gondot, hogy a beavatkozásra történő reagálása is bizonytalan lehet a rendszernek, mert addig történik beavatkozás, míg a rendszer célirányossá nem válik.



6. ábra

*A szabályozás egyszerű modellje**Forrás: a szerző szerkesztése*

4.3.1. A szabályozási folyamat fázisai

Akár hagyományos emberi beavatkozással, akár informatikai úton történik az irányítás, főbb műveletei a következők:

- alapjelképzés,
- érzékelés,
- különbségképzés,
- ítéletalkotás,
- beavatkozás.

A szabályozást műszaki-technikai rendszerek és társadalmi-gazdasági rendszerek irányítására is használják. A társadalmi rendszerek – így a gazdasági rendszerek is – a pozitív és a negatív visszacsatolások szabályozási körök bonyolultan összefonódó rendszereivel biztosítják a dinamikus egyensúlyban lévő fejlődést.

4.3.2. A szabályozás típusai

A szakirodalomban a szabályozásnak többféle tipizálásával is találkozhatunk. Számunkra leginkább célszerű az a megközelítés, amelyik aszerint csoportosít, hogy az alapjelet miképpen határozzák meg (BODNÁR–PARÓCZAI 1995).

- *Egyszerű szabályozás* esetén az előírt kimeneti érték, az alapjel hosszabb időn keresztül állandó.
- *Követő szabályozásról* abban az esetben beszélhetünk, ha az alapjel valamilyen változó függvénye, mintegy nyomon követi azt.
- *Adaptív szabályozás* esetén az alapjel a rendszer előző időpontokban elért állapotainak a függvénye. Ennek a szabályozási módnak alapvető jellemzője a tanulás. A rendszer a múltbeli állapotairól belső képet őriz, és ennek függvényében alakítja saját normáit.
- *Optimumszabályozás* akkor valósul meg, ha az alapjelet valamilyen függvény szélsőértékeként (maximumaként vagy minimumaként) határozzák meg.
- *Komplex szabályozásról* beszélünk, ha egy bonyolult rendszerben az előző típusok egyszerre vannak jelen és érvényesülnek.

5. Összefoglalás

A rendszerek működését sokszor nem közvetlenül magán a rendszeren elemzik. Ennek az az oka, hogy ez többnyire drága tevékenység. Ráadásul a rendszerek majdnem mindig komplex környezetükben működnek, így lényeges elemeik, fontos folyamataik és kapcsolataik nehezen ismerhetők fel a gyakorlati működés során.

A fenti problémák miatt vezették be a rendszertechnikába a rendszermodellezés elvét és gyakorlatát. A jól kialakított modell ugyanis számos vonásában eltér a tényleges rendszertől. A modell először is lényegesen egyszerűbb a valóságnál, mert csak a legszükségesebb rendszertulajdonságokat (és így csak a legfontosabb rendszeralkotó részeket) tartalmazza. Ez teszi lehetővé, hogy előtérbe kerüljenek a működés szempontjából olyan, fontos jellemzők, amelyeket a tényleges rendszer komplex jellege elfedne a vizsgáló tekintet elől. A modell tehát csak a lényeget tartalmazza. Ennek persze ára van, hiszen a modell szükségszerűen mindig pontatlanabb a valóságnál. Ez az oka annak, hogy a modellezés eredményeit mindig ellenőrizni kell a gyakorlatban, mielőtt döntéseket hoznánk azok alapján a fejlesztésről, a változtatásokról. A modellek vizsgálata ezenkívül legtöbbször olcsóbb és biztonságosabb a tényleges rendszer elemzésénél. A modellezés előnye még ezenkívül az is, hogy lehetővé teszi absztrakt vizsgálatok lebonyolítását, azaz módot nyújt matematikai és egyéb elvont, elméleti eszközök felhasználására. A modellezéssel lehetővé válik a döntések algoritmizálása, illetve a következtetések egymástól eltérő rendszerekre való adaptálása is (KATA 2013).

A szervezés módszertanához elsősorban a kibernetika vezérlési formáira lesz szükség. Mint azt a 20. századi kutatások megmutatták, a legtöbb rendszer, és főleg a mesterségesen szervezett rendszerek egyik legfontosabb jellemzője, hogy valamilyen módon irányítottak, ezért magát az irányítást meg kell határoznunk. A vezérlés legfontosabb jellemzője, hogy nyílt láncú, a kimenetről nincs visszajelzés, következésképpen nincs visszacsatolás sem.

A szabályozásnál van a kimenetről információ, tehát van mérés és van visszacsatolás is. A kettő között az a különbség, hogy a szabályozással sokkal megbízhatóbban lehet a kívánt eredményeket elérni – alapjelkövetést és zavarelhárítást –, mint vezérléssel. A szabályozások sokkal kevésbé érzékenyek a zavarásokra, mint a vezérlések, hiszen a kimenetről van információ, amellyel a folyamatot korrigálhatjuk, a zavarások hatását csökkenthetjük.

Fogalmak

- adaptív szabályozás
- állapot
- a posteriori ismeret
- a priori ismeret
- deduktív modell
- demonstratív modell
- diszkrét modell
- egyszerű szabályozás
- fehér doboz
- fekete doboz
- fizikai modell
- folytonos modell
- funkcionális, koncepcionális modell
- gazdaságosság
- indukció
- induktív modell
- irányítás
- izoláció
- kibernetika
- komplex szabályozás
- konklúzió
- követő szabályozás
- matematikai modell
- modell
- negatív visszacsatolás
- nyílt hatásláncú
- ok-okozati összefüggés
- optimumszabályozás
- paraméter
- pozitív visszacsatolás
- prediktív modell
- struktúra
- szabályozás
- szelekció
- szeparáció
- szervezet

- szillogizmus
- szimuláció
- validálás
- verifikálás
- vezérelt rendszer
- vezérlés
- zavaró jel

Áttekintő kérdések

1. Vázolja a rendszer- és modellképzés folyamatát!
2. Milyen módon határolhatjuk körül az általunk vizsgálni vagy fejleszteni kívánt rendszert?
3. Mit jelent az, hogy egy rendszert fekete dobozként vizsgálunk?
4. Mit jelent az, hogy egy rendszert fehér dobozként vizsgálunk?
5. Milyen fő jellemzőit ismeri a modelleknek? Milyen céljai vannak a modellezésnek?
6. Vázolja a szabályozás modelljét, a szabályozó alrendszer funkcióinak és kapcsolatainak részletezésével!
7. Mi a különbség a deduktív és az induktív modellalkotás között?
8. Hogyan csoportosíthatók a modellek?
9. Mi a különbség az izoláció, a vezérlés és a szabályozás esetén?

Felhasznált irodalom

- BENKŐNÉ DEÁK I. – BODNÁR P. – GYURKÓ Gy. (2008): *A gazdasági informatika alapjai*. Budapest, Perfekt.
- BODNÁR P. – PARÓCZAI P. (1995): *Gazdasági informatika*. Budapest, PSZF.
- DEÁK I. – KOZMA I. (1996): *Gazdasági informatika I.* Távközlési kiegészítő anyag. Budapest, PSZF.
- FAUST D (2011): *Rendszertechnika*. [Gödöllő] Szent István Egyetem. Elérhető: https://regi.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Rendszertechnika/ch05s03.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- HÁKLÁR L. – NAGY J. (1975): *Információrendszerek tervezése és szervezése*. Budapest, KJK.
- HUSI G. (2010): *Rendszerelmélet – rendszerszemlélet*. Working paper. Elérhető: <https://docplayer.hu/29883789-Rendszerelmélet-rendszerszemlelet-dr-husi-geza.html> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- JÁVOR A. (2000): *Diszkrét szimuláció*. Budapest, BME Információmenedzsment Tanszék.
- KATA J. (2013): *Mérnöki módszerek a pedagógiában*. Budapest, Typotex. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0023_Mernoki/section-0002.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- KENDERFI M. (2011): *Tervezési modellek*. Szent István Egyetem. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Tervezesi_modellek/ch06s02.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- KONDOROSI K. – SZIRMAY-KALOS L. – LÁSZLÓ Z. (2007): *Objektum orientált szoftverfejlesztés*. ComputerBooks Kft.

- LANGE, O. (1970): *Introduction to Economic Cybernetics*. Oxford, Pergamon.
- M. CSIZMADIA B. – NÁNDORI E. (2003): *Modellalkotás*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- NELSON, B. L. (1995): *Stochastic Modeling. Analysis and Simulation*. New York, McGraw-Hill, Inc.
- POKORÁDI L. (1992): *A matematikai modellek és alkalmazásuk a repülőműszaki gyakorlatban, az MHTT. Légvédelmi Repülő és Űrhajózási Szakosztály pályázatán III. díjat nyert pályamunka*. Jelige: Mérnök.
- POKORÁDI L. (2007): A matematikai modell. *Szolnoki Tudományos Közlemények*, XI. különszám.
- RIPLEY, B. D. (1987): *Stochastic Simulation*. New York, Wiley.
- SZATMÁRI J. (2013): *Modellek a geoinformatikában*. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0025_geo_4/ch01.html (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- SZÜCS E. (1972): *Hasonlóság és modell*. Budapest, Műszaki.
- SZÜCS G. (2007): *Diszkrét szimuláció matematikai alapjai*. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem Operációkutatás Tanszék.
- WIENER N. (1961): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. The MIT Press.
- ZADEH, L. A. – POLAK, E. (1972): *Rendszerelmélet*. Budapest, Műszaki.

Vákát oldal

IV. Rendszerek viselkedése

Berényi László

DOI: 10.36250/00734.04

1. A fejezet célkitűzése

A rendszerek vizsgálata mögött mindig valamilyen konkrét cél húzódik meg: hatékonyságot növelni, költségeket csökkenteni, párhuzamosságokat megszüntetni, új feladat ellátására felkészülni stb. Ahhoz, hogy e folyamatokban hasznosan tudjunk közreműködni, vagy hogy legalább a minket körülvevő változást megértsük, a rendszerelmélet alapfogalmainak megismerése után el kell mélyedni a rendszerek viselkedésének sajátosságaiban. A rendszerről általában alkotott képünk statikus, ami ugyan számos kérdésre választ ad, de nem képes megmagyarázni, mi és miért történik. A rendszer elemei közötti kapcsolatok hatása összetett. A fejezet átolvasása után az Olvasó képes lesz a rendszerek struktúrájának és állapotának megkülönböztetésére, továbbá az alapvető viselkedésformák azonosítására. A fogalmak és összefüggések előkészítik a későbbi, a rendszerek dinamikus modellezését bemutató fejezeteket.

2. A rendszerek struktúrája

A rendszer elemei között meghatározott kapcsolatok állnak fenn, ezeket összességében a rendszer struktúrájának nevezhetjük. A *struktúra* alatt invariáns jellemzőket értünk, azaz a struktúrára úgy tekintünk, mint az állandóság kifejezőjére a külső és belső hatásokkal szemben (NEMÉNY 1973). Másképpen kifejezve, ha az elemek esetleges kicserélődése mellett a rendszer struktúrája nem változik meg, másképpen fogalmazva működő rendszerről beszélünk, attól a struktúrája még invariáns. Például az áruházban a pénztár alapvetően ugyanúgy működik, függetlenül az ott ülő pénztáros személyétől.

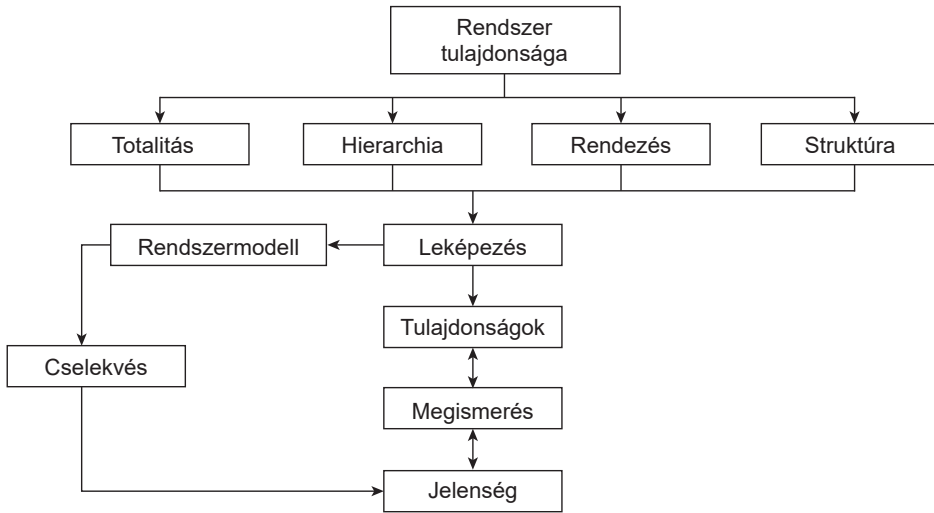
A struktúrák öt típusba sorolhatók (SZINTAY 1991).

- *Célstruktúra*: A célszerűen működő, tervezett rendszerek számára célokat kell kitűzni. Nem elegendő egyetlen (fő) célban gondolkozni, a rendszer feladatainak, a fő cél időhorizontjának, jelentőségének és összetettségének tükrében azt rész-célokra kell bontani. A részcélok elérése a fő cél megvalósulását támogatja, de ezek a célok gyakran nem lineárisan összeadhatók, hanem maguk is összefüggő rendszert alkotnak, különböző relációkkal és hatásokkal. A célstruktúra csak

a többi struktúra ismeretében értékelhető teljes egészében, a hatások komplexek lehetnek. Egy rész cél megítélése más egy adott funkció, hierarchikus szint vagy a rendszer egészének szempontjából. Egy leegyszerűsített példa szerint egy szervezet dönthet úgy, hogy megszünteti egy részlegét, és elbocsájt 10 dolgozót. Ennek megítélése más önmagában, vagy annak ismeretében, hogy a részleg felszámolása révén felszabaduló pénzügyi források 200 másik dolgozó munkahelyének megmentését szolgálják.

- *Ismérvstruktúra:* A rendszer céljainak ismerete még nem ad választ arra, hogyan lehet elérni őket. Az, hogy egy célt sikerült elérni, felfogható a rendszer egy bizonyos állapotaként, ami egy korábbi állapot megváltozásának (változások sorozatának) eredménye. A változássorozatot döntések sorozatával kell irányítani, amit csak akkor lehet megfelelően megtenni, ha az állapotot leíró ismérvek, azok kapcsolata és viselkedése ismert.
- *Funkcionális struktúra:* A célok elérése érdekében feladatokat kell végrehajtani. Ezek a feladatok sokrétűek, az irányítás szempontjából a célok kitűzése, az ismérvek meghatározása éppúgy feladat, mint a végrehajtás és az ahhoz kapcsolódó döntések meghozása. Az ellátandó funkciók és a rendszer elemeinek összerendelése kritikus a célok elérésének szempontjából. Fontos alapelv, hogy egy funkciót egy elem töltsön be, így a párhuzamosságból adódó ellentmondások elkerülhetők. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy egy feladat több funkciót érint, azaz egy feladathoz több elem is kapcsolódhat. Célszerű együttműködésük a többi struktúra által biztosított.
- *Hierarchikus struktúra:* Hierarchikus relációról akkor beszélhetünk, ha a rendszer egyik eleme valamilyen módon meghatározza, befolyásolja a rendszer egy másik elemének viselkedését. A hierarchikus struktúra az irányítási relációkat írja le. A szervezeti gyakorlatban a hierarchikus struktúra leggyakrabban a szervezeti felépítés leírásában mint modellben ölt testet, de annál rendszerszervezési szempontból többről van szó. Meg kell ismételni az összefüggést, miszerint a hierarchikus struktúra a többi struktúrával együttesen írja le a rendszert.
- *Döntési struktúra:* A döntés az a folyamat, amely a rendszer állapotának megváltoztatását lehetővé teszi, illetve azt eredményezi. A döntés joga a rendszer különböző elemeihez, különböző hierarchikus szintekhez, funkciókhoz, ismérvekhez és célokhoz kötődik, lényegében azokból vezethető le a döntési struktúra. A rendszer állapotára gyakorolt közvetlen hatása miatt célszerű külön foglalkozni vele.

A rendszerek elemeinek és struktúrájának megismerése nem öncélú, annak valamilyen változtatási-fejlesztési cselekvést kell megalapoznia. A megismerés eszköze a modellezés. A feladatokat jól összefoglalja az 1. ábra.



1. ábra

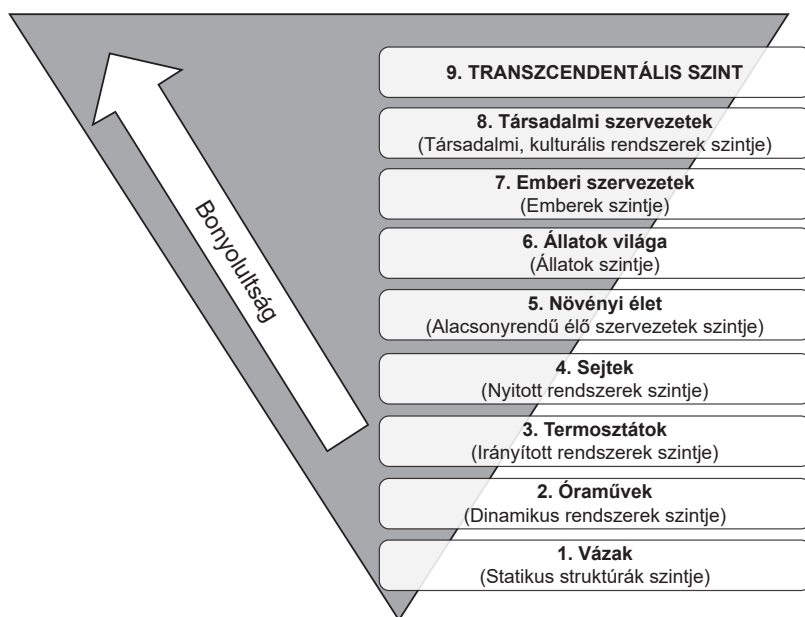
A rendszermodellezés összefüggései

Forrás: KARAJZ–TÓTH 2011

3. A rendszerek viselkedésének bonyolultsága

Az általános rendszerelmélet egyik megközelítése szerint az *elméleti rendszereket* és konstrukciókat *bonyolultságuk* szerint hierarchiába rendezhetjük, elkészíthetők a rendszerek rendszere (VON BERTALANFFY 1968; SZINTAY 1991). Az elméleti csoportosítás a gyakorlati, materiális rendszerek jellemzését segíti. Ritkán lehet egy rendszert egyértelműen valamelyik szinthez rendelni, különböző vizsgálati célok mentén eltérőnek tűnhetnek. Egy közlekedési lámpa például statikusan viselkedik a közlekedő számára, amíg a piros jelzésnél várakozik, „belül” azonban egy időzítő vagy egy forgalomfigyelő részrendszer „dolgozik”.

A rendszerek 9 szintjének elnevezése beszédes, a hierarchiát a 2. ábra foglalja össze. Boulding (1971) elképzelése alapján az általános rendszerelmélet a rendszereknek egy olyan vázát képezi, amelyre ráépíthetők a különböző tudományágak úgy, hogy megkapjuk a tudás rendezett és koherens felépítményét.



2. ábra
Rendszerek szintjei

Forrás: BOULDING 1971; SZINTAY 1991 alapján

Vázak: Az első szint az egyszerű statikus struktúrák szintje, a vázak szintje. Idesorolhatók az elektronok atommag körüli elhelyezkedésének a sémái, az atomok sémája a molekulák képletében, az állatok és emberek anatómiája, a Föld, a naprendszer, a csillagvilág térképe. Váznak tekinthető a szervezeti felépítés leírása is. Információtartalma korlátozott, a rendszerek viselkedéséről keveset mond a vázak szintjén végzett vizsgálat, de elengedhetetlen a további vizsgálatok megalapozásához.

Óraművek: Egyszerű gépek, mint egy emelő vagy csiga, de összetettek is, mint a gőzgép vagy az elektromos motor az óraművek szintjén modellezhetők. Idesorolható továbbá a fizika, a kémia vagy a közgazdaságtan elméleti rendszereinek nagy része. Az óraművek szintjén megjelenik az egyensúlyi állapot értelmezése, az erre való törekvés pedig lehetővé teszi a vizsgálatok dinamizálását.

Termosztátok: A termosztátok a vezérlő mechanizmusok alappéldái. Lényeges részük az információ fogadása, továbbítása és feldolgozása. Ezek segítségével az óraművek szintjén megjelenő egyensúlyi állapot nem csupán értelmezhető, annak fenntartására a rendszer – bizonyos korlátok között – törekszik is.

Sejtek: A sejtek szintje a nyílt rendszerek önfenntartó struktúráját írja le. Az idetartozó rendszerek fő jellemzője, hogy a környezet hatására nemcsak válaszolnak, hanem saját struktúrájuk megváltoztatásával alkalmazkodni is képesek. Idetartoznak például az adaptív szabályozórendszerek, biológiai sejtek.

Növényi élet: Ez a hierarchikus szint a genetikai társadalom szintjét képviseli, aminek tipikus megjelenési formája a növény. A növény sejtjei között munkamegosztás alakul ki. Ez a differenciálódás és az egymástól való kölcsönös függés a gyökér, szár, levél stb. között már azt a vizsgálati szintet képviseli, amikor az egyes részek struktúrái nem ítéltetők meg az egész ismerete nélkül.

Állatok világa: Az állatok világának szintjét egy fontos jellemző különbözteti meg a növények szintjétől: a tanulás képessége. Speciális információfelvevői (érzékszervei) vannak, az információk feldolgozását pedig nem a termosztátok szintjén végzi el, sőt nem is csupán felhalmozza azokat, hanem az elé kerülő kihívások megoldása során szisztematikusan rendszerezi és alkalmazza.

Emberi szervezet: Az emberi szervezet szintjén az állati szinten felül az öntudat jelenik meg. További sajátosságok a szimbolikus nyelvhasználat (beszéd, írás), illetve a „tudás tudása”. Az emberi szervezet szintjén a rendszer tisztában van azzal a világgal, amelyben létezik, értelmezi az ingereket, saját hatását a környezetére, és képes elvonatkoztatni az egyedi jelenségektől (absztrakció) annak érdekében, hogy befolyásolja környezetét.

Társadalmi szervezet: Az emberi szinten értelmezett rendszerek kölcsönhatásai sajátos viselkedésformákhoz vezetnek. A gazdasági, társadalmi jelenlét – család, közösség, nemzet stb. – a kommunikáció, a szerepek és értékek vizsgálatának új aspektusait teszi lehetővé.

Transzcendentális szint: A transzcendentális szó jelentése természetfeletti, érzékekkel nem észlelhető. Lényegében a nem ismert vagy nem megismerhetőnek vélt vizsgálati szinteket foglalja össze. Az ilyenfajta elvonatkoztatás tananyagunk szempontjából elméleti jelentőségű, szerepe annyi, hogy egésszé tegye a rendszerek szintjeinek felfogását, és fenn-tartsa a továbblépés lehetőségét.

4. Determinisztikus, sztochasztikus és kaotikus rendszerviselkedés

A rendszer az őt érő külső, illetve belső, struktúrájából és működéséből eredő hatásokra reagál. Ez a reakció a rendszer viselkedése. Azt, hogy külső vagy belső hatásról van-e szó, az dönti el, hogy mit tekintünk a rendszer határának. Egyes esetekben a rendszer határainak meghúzása egyszerű (például egy ház határai), máskor kompromisszumokat kell kötni (általában komplex, társadalmi és természeti elemeket is magában foglaló rendszereknél). A külső és belső hatások megkülönböztetése ezek alapján (KERÉNYI–KISS–SZABÓ 2013):

- Az ismert rendszerhatáron kívülről származó, a rendszert ért hatást külső hatásnak nevezzük. A külső hatás értelmezésénél mindig azt kell figyelembe vennünk, hogy a hatást kiváltó ok a rendszeren kívül létezik (képződik, jön létre), és a rendszer nem, vagy csak csekély mértékben hat vissza a változást kiváltó okra. Az éghajlati rendszer szempontjából ilyen külső hatás például a napsugárzás.
- Az adott rendszer határain belül keletkező hatást belső hatásnak nevezzük. Az éghajlati rendszer példájában belső hatásnak kell tekinteni a nagy óceáni szállítószalagot, amely fontos szerepet játszik a globális éghajlati rendszer működésében, ugyanakkor a rendszer egyik elemének tekintjük.

A hatások leírásában részben eltér a szakirodalmak megfogalmazása, abban azonban egyetértenek, hogy megkülönböztethetünk:

- determinisztikus,
- sztochasztikus,
- kaotikus viselkedést.

A viselkedések tartalma (KERÉNYI–KISS–SZABÓ 2013):

- *Determinisztikusnak* nevezzük a rendszer viselkedését akkor, ha a hatás és a rendszer válasza között közvetlen oksági kapcsolat áll fenn. Első megközelítésben tudományos szempontból (a megismerhetőség oldaláról) ez a viselkedés egyszerűnek tűnik, mivel az adott hatásra bekövetkező válasz kiszámítható. A kapcsolat matematikailag függvénytípusú, de megoldása nem feltétlenül egyszerű. Ha egy fűtési rendszerben meghatározott mennyiségű, ismert fűtőértékű energiahordozót égetünk el egy nap alatt, kiszámítható, hogy milyen hőmérséklet lesz az adott épületben, ha ismerjük annak paramétereit is. Ebben az esetben a feladat megoldásához exponenciális egyenletre lesz szükség.
- *Sztochasztikus*, más néven véletlenszerű viselkedésnek nevezzük, ha a rendszer a külső vagy belső hatásokra olyan válaszreakciókat ad, amelyek függvénytípusúan nem írhatók le. A rendszer viselkedésében ugyanakkor kisebb vagy nagyobb mértékű szabályyszerűségek figyelhetők meg. A matematikai megoldásokban a valószínűségszámítási modellek kerülnek előtérbe, a szabályosságot a nagy számok törvénye alapján statisztikai összefüggések írják le. A gyakorlatban legtöbbször ilyen rendszerekkel (vagy legalábbis a rendszerek ilyen szintű ismeretével találkozunk. Sztochasztikus rendszernek tekinthetjük például egy folyó vízrendszerét, ahol a vízhozam-ingadozások többé-kevésbé szabályos változásait, a nagyvizek és a kisvizek visszatérési gyakoriságát sztochasztikus modellek alapján számíthatjuk ki.
- A *kaotikus viselkedés* mindig nem lineáris és nem periodikus, továbbá se nem determinisztikus, se nem sztochasztikus. Első megközelítésben – hétköznapi kifejezéssel – akár „kiszámíthatatlan” rendszereknek is nevezhetjük őket, bár e „kiszámíthatatlanság” sem nélkülözi a matematikát: ezek viselkedésének leírására született a kaoszelmélet (GLEICK 1999). A rendszerleíró egyenletek megoldásával már a 19. században is foglalkoztak, de tanulmányozásában a számítógép felfedezése és elterjedése hozott igazi áttörést (LORENZ 1993).

5. Viselkedési minták leírása a rendszer állapotával

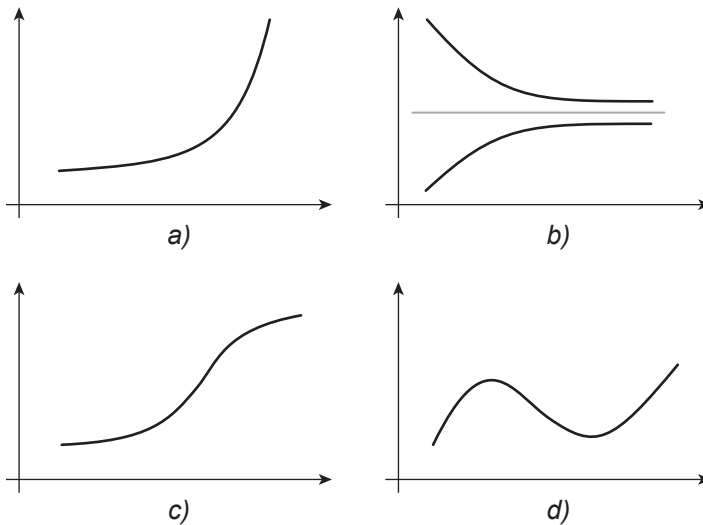
Egy rendszer viselkedésére első megközelítésben a rendszer jellemzőinek, állapotának változásai alapján következtethetünk. Ezt alapvetően kétféleképpen lehet megtenni:

- Statikus pillanatképek sorozatából vonunk le következtetéseket dinamikus sajátosságokra, megpróbáljuk megbecsülni a belső kapcsolatokat és hatásokat. Ilyenkor a *fekete doboz* megközelítést alkalmazva statikus adatok alapján következtetünk a rendszer viselkedésére.
- *Rendszerdinamikai modellezéssel* feltárjuk a kapcsolatokat, és a hatások végeredményeként tekintjük át a statikus jellemzők változását.

Meg kell jegyezni, hogy a releváns jellemzők megválasztása, az adatgyűjtés módja és részletessége a vizsgálatok sikerének kritikus kérdései. A fekete doboz megközelítést a gyakorlatban mindig alkalmazzuk, mert nincs lehetőség minden ismerv és kapcsolat részletes megismerésére (időbeli korlátok, költségek, adatok elérhetősége miatt).

A visszacsatolási kapcsolatok alapján a rendszernek négy jellemző viselkedésformája mutatható be (KIRKWOOD 1998; BALA–ARSHAD–NOH 2017), pontosabban fogalmazva az ismérvek változásának négy jellemző formája (3. ábra):

- exponenciális viselkedés,
- célkereső viselkedés,
- S-alakú (szigmoid) viselkedés,
- ingadozó viselkedés.



3. ábra

Visszacsatolási formák

Forrás: a szerző szerkesztése

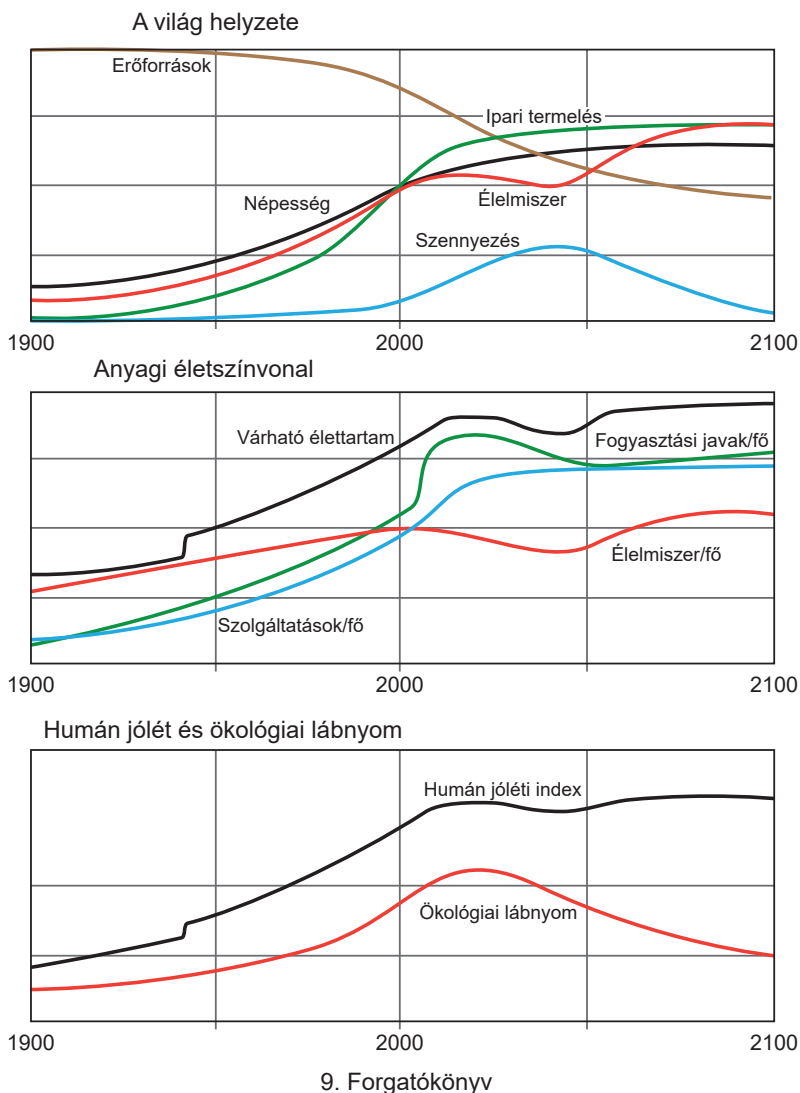
Exponenciális viselkedéssel írható le a kezdeti eladások növekedése. Az exponenciális növekedés a tapasztalatok szerint nem folytatódhat a végtelenségig, a valós rendszerek olyan korlátokkal bírnak, amelyek elérése esetén a növekedés nem folytatódhat. Az egyik lehetséges eredmény a rendszer összeomlása vagy megsemmisülése lehet (nem lehet a végtelenségig enni, valaminek a hőmérsékletét növelni, stb.). A másik eredmény az exponenciális növekedés lelassulása a határhoz közeledve. Ilyen viselkedést ír le az S-alakú görbe, amely a normális eloszlás eloszlásfüggvényének a képe. Számos természeti és társadalmi jelenség *szigmoid viselkedéssel* jellemezhető, így például a termékek életpályája, az új technológiák elterjedése (SZAKÁLY 2002).

A *célkereső viselkedés* olyan eseteket ír le, amikor a rendszer jellemzőinek értéke egy határértékhez tart, például a szabad munkaerő létszáma és az új munkahelyek száma vagy a potenciális utasok és az új utazások száma. A célkeresés során, vagy több, egymással

összekapcsolódó viselkedési hatás eredőjeként ingadozó viselkedés is kialakulhat. Tipikus példák a gazdasági ciklusok, de a készletek ingadozása is ilyen formában írható le.

A rendszerek viselkedésével foglalkozó egyik leghíresebb kutatás eredményeit az úgynevezett Meadows-féle világmodellek foglalják össze (MEADOWS–MEADOWS–RANDERS–BEHRENS 1973; MEADOWS–RANDERS–MEADOWS 2005). Különböző forgatókönyveket (szcenáriók) vázoltak az 1970-es évek eleje óta, amelyek alapján előrejelezték a világ jövőbeli helyzetét. A teljesség igénye nélkül néhány forgatókönyv (SZATMÁRI 2013 összefoglalása alapján):

- *Referenciapont* (standard, SC_1 modell): A társadalom a 20. században megszokott, hagyományos utat követi anélkül, hogy bármilyen jelentősebb szakpolitikai változtatást kezdeményezne. A világ népességszáma és a termelés mindaddig növekszik, amíg ezt a nem megújuló természeti erőforrások költségeinek rohamos növekedése meg nem akasztja. Az újabb erőforrások eléréséhez egyre nagyobb tőkeberuházásokra van szükség. Végül a beruházási alapok hiánya a gazdaság más ágazataiban is (gazdasági javak, szolgáltatások) hanyatlást indukál. Ezekkel együtt az élelmiszer-ellátás és az egészségügyi szolgáltatások is visszaesnek, csökken a várható élettartam.
- *Még több nem megújuló erőforrás* (SC_2 modell): Az SC_1-ben feltételezett erőforrások megduplázásával, valamint az erőforrások gazdaságos (az emelkedő kinyerési költségeket kompenzáló) kinyeréséhez szükséges technológiák fejlődésével az ipari termelés még 20 évig növekedhet. A népességszám 8 milliárd fő körül tetőzik 2040-ben, emelkedő fogyasztási szint mellett. A szennyezés mértéke viszont rendkívül magas lesz a 21. század közepére, a terméshozamok lecsökkennek és hatalmas beruházások szükségesek a mezőgazdaság helyreállításához. Az élelmiszerhiány és a magas szennyezési szint egészségügyi hatásai miatt a népesség lecsökken.
- *2002-től a világ korlátozza a népességnövekedést* (SC_7 modell): A forgatókönyvben feltételezzük, hogy a világon minden pár vállalja a kétgyermekes családmoddelt, és ehhez rendelkezésre is állnak a hatékony születésszabályozási technológiák. A népesség még egy generáción keresztül tovább növekszik a korstruktúra változási tehetetlensége miatt. A lassuló népességnövekedés gyorsabb ipari termelésnövekedést tesz lehetővé mindaddig, amíg azt a szennyezés növekvő költségei meg nem állítják.
- *2002-től a világ korlátozza a népességnövekedést, az egy főre jutó ipari termelést, és fejlett szennyezés-ellenőrzési, erőforrás-hatékonysági és mezőgazdasági technológiákat alkalmaz* (SC_9 modell): Ebben a futtatásban az előző forgatókönyvhöz hasonlóan a népességnövekedés és az ipari termelés korlátozott, továbbá technológiai fejlesztéseket vezetnek be a szennyezés-ellenőrzéssel, a talaj termékenységének növelésével, a talajerózió elleni védelemmel és az erőforrás-hatékonyság növelésével kapcsolatban. Ezek a korlátozások és fejlesztések együttesen azt eredményezik, hogy a globális társadalom fenntartható, közel 8 milliárd ember számára biztosított a magas jóléti szint, miközben az emberiség ökológiai lábnyoma csökken. A rendszer egyensúlyi állapotba kerül, vagyis a rendszerszemléleti megközelítéssel magyarázva a pozitív és negatív visszacsatolási hurkok kiegyenlítődnek, és a rendszer legfontosabb állapotváltozói (népesség, tőke, talaj, termelés, szennyezés, erőforrások) kiegyensúlyozott állapotban maradnak. A 9. forgatókönyv futtatásának eredményeit a 4. ábra foglalja össze.



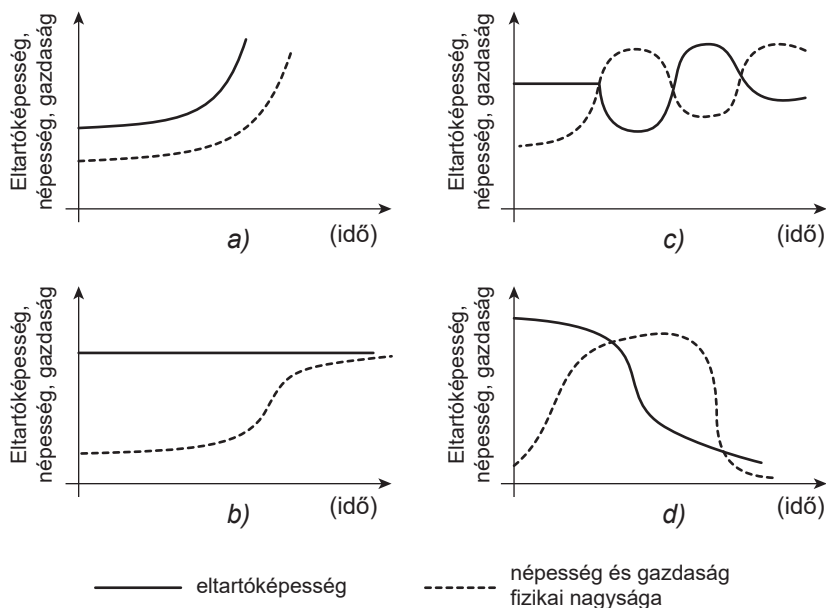
4. ábra

*Korlátozott és stabilizált modell**Forrás: SZATMÁRI 2013; MEADOWS–RANDERS–MEADOWS 2005 alapján*

A fentiek alapján már látható, hogy a forgatókönyvek különböző környezeti és társadalmi tényezők kombinációit használva becsülik meg együttes alakulásukat. Az eredeti Meadows-modellek leegyszerűsített interpretációja négy lehetséges kimenetet vázol fel (5. ábra):

- a) modell: a népesség nagyságával párhuzamosan bővülnék, illetve *bővíthetők az életlehetőségek* (termőterület, hulladékasszimilációs képesség).

- b) modell: szigmoid növekedést ír le, amely az eltartóképesség változatlanságát feltételezi. Azaz a népesség növekedése az eltartóképesség határa felé közeledve lelassul, így *nem következik be katasztrófa*.
- c) modell: a reakcióidők eltéréséből adódó hatásokat mutatja be, amelyek révén rövidülő amplitúdóval alakul ki a népesség és az eltartóképesség viszonya. Ha túlnépesedés áll elő, és romlanak a feltételek, a népesség száma csökkenni fog, a környezet pedig regenerálódik, ami teret ad az újabb növekedésnek. Végző soron *dinamikus egyensúlyi állapot* alakul ki.
- d) modell: a *katasztrófa* esetét mutatja be. A népesség és a gazdaság növekedése túllépi, majd jelentősen degradálja az eltartóképességet, ami már nem képes regenerálódni, hanem egy alacsonyabb színvonalon stabilizálódik, alacsonyabb népesség mellett (BERÉNYI 2009).



5. ábra

Meadows-modellek

Forrás: BERÉNYI 2009 feldolgozása

A növekedés határait a kutatók húsz, majd harminc év után újra megvizsgálták. Új modelljeiket, forgatókönyveiket a megváltozott viszonyok figyelembevételével készítették el. Fontosabb megállapításaik:

- az erőforrások kimeríthetetlennek tekintése esetén biztosan katasztrófa következik be,
- késlekedő cselekvések esetén szintén katasztrófával számolhatunk,
- időben megtett cselekedetekkel és a határok ismeretében kerülhető el csak a katasztrófa.

6. Rendszerszemlélet és rendszerdinamika

A rendszerekben való gondolkodásra, a rendszerszemléletre már több ponton felhívta a tanácskönyv a figyelmet. A kérdés fontosságát szemléletesen foglalja össze Kata (KATA 2013): A rendszerszemlélet alkalmazásának néhány évtizedes történelme arra a felismerésre épül, hogy a funkcionális és szakmai ismeretek elszigetelt felhasználása, illetve az azok alapján létrehozott folyamatok működése legtöbbször sokkal kevésbé hatékony, mint ha összekapcsolnák őket. A bővített újratermelés folyamatában ugyanis egyre összetettebb technológiák alakultak ki, amelyek korábban teljesen szétválasztott területek együttműködését igényelték. E bonyolult tevékenységek megvalósulása egyre nagyobb fokú koordinációt igényelt, és emellett nagyon megnövekedett azok kölcsönös függősége is. Így például egy adott területen fellépő működési zavar teljesen váratlan helyeken és időpontokban okozott problémákat. A folyamatokat irányító szakemberek esetenként a legkülönbözőbb szakmák igényeit képviselték, és azok összehangolását egyre inkább akadályozta a közös nyelv (terminus technicus) hiánya is.

Ennek megfelelően a szaktudományok egymástól egyre inkább elszigetelődő részekre tagolódnak, aminek eredményeként egyre többet tudunk egyre szűkebb területekről. A valóság azonban ritkán tagolódik a szakmák fejlődése szerint, így számos esetben kiderült, hogy a felmerülő probléma tényleges megoldását éppen annak komplexitása akadályozza.

Az ilyen esetek tanulmányozása arra a következtetésre vezetett, hogy az analitikus gondolkodás segítségével nem minden probléma oldható meg. Ilyenkor ugyanis a dolgot környezetéből és külső kapcsolatrendszeréből kiszakítva vizsgáljuk, ezért nem értjük meg a teljes működés szabályait. Az ezzel szemben álló szintetikus gondolkodás a dolgot nem szaggatja részekre, így azt összességében, kapcsolataival és hatásaival együtt látja, ezért van rá esély, hogy megtalálja a hatékony megoldásokat.

A tudománytörténet jellegzetes példái alapján az emberi gondolkodásra eredetileg ez a gondolkodásmód volt jellemző, hiszen a hatékony biológiai és társadalmi létnek alapfeltétele a feladatok sokoldalú és teljes elvégzésére való képesség. A munkamegosztás egyre magasabb fokai azonban beindították a szakosodást, amely kezdetben társadalmi szinten jóval hatékonyabban tudott működni, éppen a feladatok megosztásával és a szakértelem szerepének növekedésével. A specializálódás hátrányai és a folyamatok összetettsége azonban mára újra lehetetlenné tették a műszaki-gazdasági rendszerek ilyen működését. Világunkban a *rendszertechnika feladata* az, hogy – most már persze tudatosan – minél nagyobb méretekben összekapcsolt tevékenységeket vizsgáljon és kezeljen hatásmechanizmusai és kapcsolataik egyidejű felismerésével párhuzamosan. Ehhez persze harmonikusan össze kell illeszteni mind az analitikus, mind a szintetikus gondolkodás elemeit és eljárásait is.

A rendszerszemlélet gyakorlatba ültetésének egyik módja a *rendszerdinamikai modellezés és szimuláció*. A rendszerdinamika az 1950-es években, Jay Forrester által kidolgozott módszer. A villamosmérnök Forrester a bostoni MIT-n dolgozott, de szűkebb szakterületéről kilépve olyan területeken is alkalmazta módszerét, mint a vállalati készlet- és logisztikai menedzsment (FORRESTER 1961), a városi kerületek hanyatlása és az erre adható szociálpolitikai válaszok (FORRESTER 1969), sőt a világ népesedése és a környezetszennyezés (FORRESTER 1971). A módszert a szerző nevezte el rendszerdinamikának. Az elemzéseihez rendszerint számítógépes szimulációkat is használt (FORRESTER 1971), amihez saját programnyelvet is kifejlesztett.

A rendszerdinamika célja, hogy komplex rendszerek működését, folyamatait speciális modelleken keresztül leírja. A módszer az egyes alkotóelemek közti többlépcsős és körkörös kapcsolatokra helyezi a hangsúlyt. Megközelítése újszerű, eltér a hétköznapi gondolkodástól. Amíg általában „*eseményyszerűen*” gondolkodunk, a természeti és társadalmi jelenségeket egyszerű „ha-akkor” magyarázatokkal írjuk le, addig *korlátozzuk a gondolkodásunkat*. A hatások rendszerének csupán kis szegmensét figyelembe véve a problémák megoldását célzó kezdeményezések sikertelenek, sőt károsak lehetnek. Ha például a híreket olvassuk, és olyan témák tűnnek fel, mint a munkanélküliség, a válság vagy a klímaváltozás, akkor eseményeket látunk, de gyakran nem tárulnak fel azok a komplex rendszerek, amelyek ezeket az eseményeket létrehozzák (MEADOWS 2008, idézi KIRÁLY–KÖVES–PATAKI–KISS 2014).

A rendszerdinamika klasszikusaiban és „gyakorlati” irodalmában gyakran szereplő vállalati példák egyikével élve (KIRÁLY–MISKOLCZI 2016): cégünk eladásai visszaestek, mert (úgy véljük) versenytársaink alacsonyabb áron kínálták termékeiket. A tipikus válasz az lehetne, hogy próbáljunk meg mi is árat csökkenteni. Lehetséges, hogy így visszaszerezzük versenyképességünket és kiesett bevételeinket, de előfordulhat, hogy az eredeti problémának más okai is voltak: például a reklámra vagy a vásárlókkal való kapcsolattartásra fordítottunk túl kevés gondot, és az is lehet, hogy az új helyzetben versenytársaink még tovább képesek majd süllyeszteni az árszintet, s végül a versenyben elvérzünk, miközben magas árszínvonalon, „prémium” szereplőként sikerre juthattunk volna a piacon. A valóságban elkerülte a figyelmünket, hogy a rendszer (az adott piac), amelyben működünk, soktényezős, az áron kívül rengeteg más változó hatására is reagál, és mindemellett dinamikus is: nem kizárólag a mi cselekedeteink, hanem saját belső törvényei (és más aktorok cselekvései) szerint is „mozog”.

Richardson (RICHARDSON 2011) két olyan jellemzőt emel ki, amely különlegessé teszi a rendszerdinamikai szemléletet:

- a *visszacsatolási mechanizmusok* fontosságának hangsúlyozása, amely különösen fontos szerepet kap összetett jelenségek értelmezésénél.
- a *belső nézőpont*, azaz egy adott rendszer viselkedésének belülről és nem külső hatásokból levezetett elemzése.

A rendszerdinamika alkalmazási területe szerteágazó lehet. Maga Forrester is egyre inkább általánosabb társadalmi problémákkal foglalkozott műveiben (LANE 2007), ki lehet emelni a Meadows-modelleket (MEADOWS–RANDERS–MEADOWS 2005) a világ helyzetének megítélésére. A rendszerdinamikai vizsgálatok helyi környezetvédelmi problémák kezelésében egyre többször jelennek meg (STAVE–GOSHU–AYNALEM 2017), de alkalmasak közlekedési kihívások modellezésére is (HORVÁTH 2012). Emellett a műszaki területeken alkalmas az energiaellátás modellezésére (SEELER 2014), de az üzleti folyamatok, sőt makropénzügyi folyamatok kezelésénél is megjelenhet.

A rendszerdinamika módszerének alkalmazásához szervesen hozzátartozik az elemek és kapcsolatok vizuális ábrázolása, továbbá a számítások szoftveres támogatása. A hatásokat differenciálegyenletekkel lehet leírni, nagyobb (több elemet és kapcsolatot tartalmazó) modellek esetén ezek megoldása komoly számítási kapacitást kíván. A következő fejezetben foglalkozunk a modellezés technikájával.

Fogalmak

- célkereső viselkedés
- célstruktúra
- determinisztikus rendszer
- döntési struktúra
- exponenciális viselkedés
- funkcionális struktúra
- hierarchikus struktúra
- ingadozó viselkedés
- ismértvstruktúra
- kaotikus rendszer
- katasztrófamodell
- Meadows-modellek
- rendszerdinamika
- rendszerdinamikai modellezés
- rendszerek rendszere
- S-alakú viselkedés
- szimuláció
- sztochasztikus rendszer
- visszacsatolási mechanizmus

Áttekintő kérdések

1. Mit értünk a rendszer struktúráján?
2. A rendszerek viselkedésének mely szintjeit tekinthetjük dinamikusnak?
3. Milyen jelenségeket tudnánk példaként említeni a rendszerek jellemző viselkedésformáihoz (exponenciális, célkereső, S-alakú, ingadozó)?
4. Mi a célja a Meadows-modelleknek?
5. Ki és miért alkotta meg a rendszerdinamikát?

Felhasznált irodalom

- BALA, B. K. – ARSHAD, F. M. – NOH, K. M. (2017): *System Dynamics: Modelling and Simulation*. Singapore, Springer.
- BERÉNYI L. (2009): *Környezetmenedzsment*. Miskolc, Miskolci Egyetem.
- BOULDING, K. E. (1971): *Rendszerelmélet: Válogatott tanulmányok*. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- FORRESTER, J. W. (1961): *Industrial Dynamics*. Cambridge, The MIT Press.
- FORRESTER, J. W. (1969): *Urban Dynamics*. Cambridge, The MIT Press.
- FORRESTER, J. W. (1971): *World Dynamics*. Cambridge, The MIT Press.
- GLEICK, J. (1999): *Káosz: Egy új tudomány születése*. Budapest, Göncöl.
- HORVÁTH R. (2012): *Rendszerdinamika mint a közlekedési rendszerek igénymodellezésének új lehetősége*. PhD-értékezés. Győr, Széchenyi István Egyetem.

- KARAJZ S. – TÓTH Z. (2011): *Komplexitáselmélet a közgazdaságban*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- KATA J. (2013): *Mérnöki módszerek a pedagógiában*. Budapest, Typotex.
- KERÉNYI A. – KISS T. – SZABÓ Gy. (2013): *Környezeti rendszerek*. Debrecen, Debreceni Egyetem.
- KIRÁLY G. – KÖVES A. – PATAKI Gy. – KISS G. (2014): Rendszermodellezés és részvétel: egy magyar kísérlet tanulságai. *Szociológiai Szemle*, 24. évf. 2. sz. 90–115.
- KIRÁLY G. – MISKOLCZI P. (2016). A részvétel dinamikája. *Rendszerdinamika és részvétel: empirikus áttekintés. Replika*, 100. sz. 103–129.
- KIRKWOOD, C. W. (1998): *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. Tempe, Arizona State University.
- LANE, D. C. (2007): The Power of the Bond between Cause and Effect: Jay Wright Forrester and the Field of System Dynamics. *System Dynamics Review*, Vol. 23, No. 2–3. 95–118. DOI: <https://doi.org/10.1002%2Fsd.370>
- LORENZ, K. (1993): *The Essence of Chaos*. Seattle, University of Washington Press.
- MEADOWS, D. (2008): *Thinking in Systems: A primer*. White River Junction, Chelsea Green Publishing.
- MEADOWS, D. H. – MEADOWS, G. – RANDERS, J. – BEHRENS III., W. W. (1973): *A növekedés határai*. Budapest, Kossuth.
- MEADOWS, D. H. – RANDERS, J. – MEADOWS D. L. (2005): *Növekedés határai harminc év múltán*. Budapest, Kossuth.
- NEMÉNY V. (1973): *Gazdasági rendszerek irányítása*. Budapest, Közgazdasági és Jogi Kiadó.
- RICHARDSON, G. P. (2011): Reflections on the Foundations of System Dynamics. *System Dynamics Review*, Vol. 27, No. 3. 219–243. DOI: <https://doi.org/10.1002%2Fsd.462>
- SEELER, K. A. (2014): *System Dynamics. An Introduction for Mechanical Engineers*. New York, Springer.
- STAVE, K. – GOSHU, G. – AYNALÉ, S. (2017): *Social and Ecological System Dynamics*. Cham, Springer.
- SZAKÁLY D. (2002): *Innováció- és technológiamenedzsment*. Miskolc, Bíbor.
- SZATMÁRI J. (2013): *Modellek a geoinformatikában*. Szeged–Debrecen–Pécs, Szegedi Tudományegyetem – Debreceni Egyetem – Pécsi Tudományegyetem.
- SZINTAY I. (1991): *Rendszerelmélet, rendszerszervezés*. Budapest, Tankönyvkiadó.
- VON BERTALANFFY, L. (1968): *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, George Braziller.

V. Dinamikus rendszermodellezés: oksági diagram készítése

Berényi László

DOI: 10.36250/00734.05

1. A fejezet célkitűzése

A dinamikus rendszermodellezés sajátos gondolkodásmódot kíván meg. El kell szakadni attól a hétköznapi megközelítéstől, hogy az ok-okozati kapcsolatokat két (vagy kevés számú) tényező között értelmezve következtetünk egy rendszer egész működésére. A modellezés során számos ilyen kapcsolatot kell azonosítani és hatásukat számszerűsíteni úgy, hogy közben minden további hatást is figyelembe veszünk. Leegyszerűsítve, a hatások rendszerét kell felépíteni. A fejezet átolvasása során az Olvasó megismerkedik a dinamikus rendszermodellezés alapvető eszközével, az oksági diagrammal. A bemutatott példák a téma gyakorlatában jártas szerzők munkáiból lettek kiemelve. A tankönyvi modellek rövidek és leegyszerűsítettek, azonban látni fogja az Olvasó, hogy a kezdő modellező számára ezek is meglepően összetett megoldásokat alkalmaznak. Tanulmányozásuk, átgondolásuk a tanulás első lépése: az oksági diagramok logikájának „megszokása”. Fel kell hívni továbbá a figyelmet arra, hogy a rendszerdinamikai modellek soha nem az egyetlenek és legjobbak. Az oksági diagram felépítése nagymértékben függ a vizsgálatok céljától és a készítő szubjektív elképzeléseitől.

2. A dinamikus rendszermodellezés szükségessége

A rendszerek viselkedésének vizsgálatánál a működési folyamatok leírása a cél, pontosabban bemutatni a folyamatok lefutásának a rendszer állapotára gyakorolt hatását. A folyamatok statikus szemléletű vizsgálata kifejezetten a folyamat tevékenységeinek (elemeinek), a közöttük lévő logikai és sorrendi kapcsolatok leírását célozza. Dinamikus szemléletben a hatásterületek kiemelése és a közöttük lévő kapcsolatok, hatások és visszacsatolások vizsgálatával kell foglalkozni. Egy régi bölcsesség szerint, ha az egyetlen eszközünk egy kalapács, hirtelen minden szögnek fog látszani (KIM 1992). Az oksági diagram, és általában a dinamikus rendszermodellezés a turbulens módon változó társadalmi és gazdasági környezetben (MINTZBERG 1978) cseréli le a kalapácsot egy célszerűbb eszközre.

A dinamikus rendszermodellezés szükségességét a társadalomban jól példázza a változatok fejlődésre való törekvése. Senge *Az ötödik alapelv* című művében (SENGE 1998) mutatta be a tanuló szervezeteket, kialakítva a fogalom mai jelentését. A *tanuló szervezet*

olyan dolgozó közösséget jelent, ahol az egyének képességeik folyamatos bővítésére törek-
senek, új gondolkodásmódokat honosítanak meg, amelyeket a vezetés is támogat, a közös
elképzeléseknek tág teret biztosítanak, és az emberek a közös tanulás képességének elsajá-
tításában is motiváltak. Ezek a szervezetek öt alapelv szerint működnek:

- rendszerben való gondolkodás,
- önfejlesztés, önirányítás,
- közös jövőkép,
- belső meggyőződés (attitűdváltozás, gondolati minták),
- csoportos tanulás, teammunka.

A rendszergondolkodás olyan szemléleti fogalom, amelynek célja, hogy gondolkodásunkat
a nagyobb összefüggések átlátására irányítsa, döntéseinknél a hosszabb távú, tovagyűrűző
hatásokra koncentráljunk, cselekedeteinket pedig a mélyben húzódó tendenciák és össze-
függések ismeretében határozzuk meg. A vállalati élet jellemzője, hogy nem pusztán lineáris
ok-okozati kapcsolatok jellemzik, hanem hálózatszerűen összefüggő kapcsolatok és folya-
matok. A rendszergondolkodás elsajátításához mindenekelőtt gondolkodásmód-váltásra van
szükségünk, ami lehetővé teszi új problémamegoldási módok, újszerű elképzelések létrejöttét.

A többi alapelvet jelen keretek között nem mutatjuk be Senge munkája alapján, de azt
jelezzük, hogy visszaköszönnék a módszerek alkalmazásában.

3. Oksági diagram készítésének menete

A rendszerdinamikai vizsgálatok alapvető modellezési eszközének tekinthető az oksági
diagram (casual loop diagram), amelyek endogén (belső, rendszeren belüli) és exogén (külső,
rendszeren kívüli) változók figyelembevételével, formalizáltan mutatják be a kapcsolatokat
és az ezekből levezethető visszacsatolások rendszerét (KIRÁLY et al. 2016; STERMAN 2000;
KIM 1992).

Alapjaiban nagyon egyszerű módszerről van szó, a nagyobb, összetett rendszerekre
való sikeres alkalmazása azonban komoly gyakorlatot és tapasztalatot igényel. Egy komplex
rendszer változóinak és kapcsolatainak feltárása több ember összehangolt munkáját igényli,
heterogén munkacsoportokban dolgozva van lehetőség minél több aspektus bevonására.
Egyetlen rendszerre és problémakörre vonatkozóan nincs egyetlen „tökéletes” oksági
diagram, a készítőik szubjektív megítélésén sok múlik. A példák kapcsán látható lesz, hogy
az oksági diagram az *előrejelzés eszköze*, ám ennél sokkal fontosabb feladata a *rendszer
működésének megértése* (MEADOWS 2008).

Meg kell jegyezni, hogy az oksági diagram készítésének részleteiben és az ábrázolás
pontos módjában nincs egységes álláspont a szerzők között, ideértve a jelölések és a rész-
letesség kérdését is. Tágabban értelmezve minden okokat és hatásokat vizsgáló vizuális
megoldást idesorolhatunk. A rendszerdinamikában használt eszközt, amely változókat,
kapcsolatokat, hatásokat is tartalmaz, *komplex oksági diagramnak* is szokás nevezni.

Az elkészítés általános folyamata (BALA–ARSHAD–NOH 2017):

1. A probléma és a vizsgálati célok meghatározása.
2. A rendszer legfontosabb elemeinek azonosítása.
3. A rendszer másodlagos fontosságú elemeinek azonosítása.

4. A rendszer harmadlagos fontosságú elemeinek azonosítása.
5. Az ok-okozati összefüggések definiálása.
6. Zárt hurkok azonosítása.
7. Megerősítő és kiegyenlítő hurkok azonosítása.

A probléma meghatározásának fontosságát ki kell emelni, mivel ennek elégtelensége esetén a modell felépítésére és a kapcsolódó számításokra fordított erőfeszítések feleslegesek lehetnek. A vizsgálandó probléma ismerete meghatározza a szükséges változókat, a célok pedig többek között az elemzés mélységét. Kim tapasztalatai (KIM 1992) alapján az oksági diagram kidolgozása nem cél, hanem annak a folyamat része és eszköze, amely mélyebb és pontosabb képet akar alkotni egy komplex kérdésről. A téma megválasztása mellett annak megfogalmazására is gondot kell fordítani. Célszerűbb megfogalmazás például, hogy „megérteni, milyen következményekkel jár, ha a szervezet technológiaorientált stratégiáról piacorientáltra vált”, mint az, hogy „megérteni a szervezet stratégiai tervezési folyamatát”. A *rendszerhatárok kijelölése* is kritikus kérdés. Dönteni kell arról, hogy melyek legyenek az endogén (belső) és az exogén (külső) változók. A téma ismeretében korlátozni kell a figyelembe vett változók, különösen az endogén változók számát ahhoz, hogy a modell kezelhető maradjon.

További javaslatok az időtényező kezeléséhez (KIM 1992):

- *Időtáv:* a megfelelő vizsgálati időhorizont elég hosszú ahhoz, hogy láthatóvá váljon a változások dinamikája. A szervezeti stratégia megváltoztatásához az időhorizont több évig terjedhet, míg a hirdetési kampányok változása hónapokban mérhető.
- *Az idő mint okozó:* noha az idő és az események között gyakran kapcsolat látszik, de ez félrevezető lehet. Például ha egy nagy esőzés után a folyó szintje folyamatosan emelkedik az idő múlásával, az nem az idő következménye. A gyártás során például idővel egy új termék előállítási költségei gyakran csökkennek, az ok azonban valójában a folyamatok fejlesztése és a tanulás.
- *Aggregáció szintje:* A vizsgálati modell részletessége a témák és célok függvényében adható meg. Figyelembe kell venni, hogy az ok-okozati kapcsolatok egy modellen belül összehangolhatók legyenek időben. Ha a vizsgálat például napi vagy időtávban értelmezhető (például gyártósor teljesítménye), akkor egy éves időtávban mérhető jelenséget (például üzemcsarnok felépítése) nem változóként, hanem adottságként érdemes figyelembe venni. További szabály, hogy konkrét, egyedi események helyett általánosítható viselkedésmintákat írjanak le a változók.
- *Késleltetett hatások:* Késleltetett hatások beépítése az oksági diagramba a szimulációs modellezés szempontjából nagyon fontos, mondhatjuk, hogy ezek teszik szükségessé a dinamika vizsgálatát. Ügyelni kell azonban arra, hogy a modell egységesen működjön. Ha a modell egyes részeinek dinamikája tapasztalható, megfontolandó külön modelleket alkotni, mert a hatások nem lesznek értelmezhetők.

A diagramkészítés folyamatának és szabályainak ismertetése azért előzi meg a diagram tartalmának bemutatását, hogy az első lépésektől kezdve egyértelmű legyen, hogyan akarja a hatásokat kezelni. Elszigetelten vizsgálva egyes kapcsolatokat a fenti kérdések nem mindig merülnek fel, figyelmen kívül hagyásuk azonban a későbbi elemzőmunka során komoly akadályokat támaszt.

4. Kölcsönhatások és kapcsolatok: az oksági diagram elkészítése

Az alábbiakban lépésről lépésre haladva, egy egyszerű példán keresztül mutatja be a könyv az oksági diagram felépítését. Az első szemléltető példa témája legyen a *népesség számának alakulása*, amelyet a születések és a halálozások száma befolyásol mint endogén változók (STERMAN 2000).

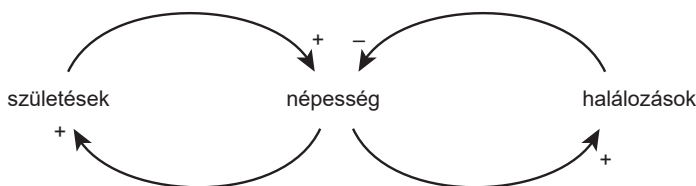
A születések száma hat a népesség számára, a népesség száma pedig visszahat. Ez a kör egy hurkot alkot. Hasonlóan egy másik *hurok* is vázolható: a halálozások száma hat a népesség számára, a népesség száma pedig hat a halálozások számára. A kapcsolat iránya (ok és okozat megjelölése) és a hatás mind a négy kapcsolat esetében egyszerűen megadható:

- a nagyobb születésszám nagyobb népességet eredményez,
- a nagyobb népesség több gyermek vállalásához vezet,
- a nagyobb népességszám mellett nagyobb halálozási számmal kell kalkulálni,
- a halálozások száma csökkenti a népességet.

A születések száma ugyanakkor nem csupán a népesség számától függ. A gyermekvállalást befolyásolja az egészségi állapot, a társadalmi helyzet, az életszínvonal, a családi háttér, a támogatások elérhetősége. Ezek mindegyikét egyenként csak akkor vesszük figyelembe a modellben, ha az kifejezetten a vizsgálat célja, mivel aránytalanul és indokolatlanul sok adatgyűjtést igényel, sőt felmerülhet, hogy egyéb releváns tényezőket közben figyelmen kívül hagytunk. Ha van olyan aggregált mutató, amellyel kifejezhető az együttes hatásuk, azt célszerű bevonni. Ilyen mutató a születési arányszám. Mivel az ebben összefoglalt körülményekre a vizsgálat szempontjából nincs ráhatásunk, külső (exogén) változóként tekintünk rá. A halálozás oldalán hasonló indokkal javasolható a várható élettartam mint külső változó bekapcsolása (2. ábra).

Az oksági diagram legegyszerűbb formájában *szöveges leírásból* (változók) és közöttük *nyilakkal* jelölve az ok-okozati kapcsolatokról épül fel. A nyilakon jelölni lehet a hatás irányát is (1. ábra). A hatások iránya a modellbe kapcsolt exogén változók esetén is értelmezendő. A *hatások irányát* a kapcsolatot jelző nyílra írt + vagy – jelekkel szokás jelölni, egyes szerzők azonban inkább az „S” (same, azonos) és „O” (opposite, ellentétes) jelölést javasolják (KIM 1992; RICHARDSON 2011), mivel a változók megfogalmazása miatt a + és – jelek félreérthetők lehetnek, előbbihez hajlamosak a modell értelmezői a növekedést vagy bővülést mint tartalmat kapcsolni, utóbbihoz pedig a csökkenést.

Fontos, hogy a nyilak valódi oksági kapcsolatokat jelöljenek, ne csak az összekapcsolt tényezők korrelációját, együtt mozgását. Meg kell azt is jegyezni, hogy a nyilak nem időbeliséget mutatnak, szerepük az okság irányának meghatározása.



1. ábra

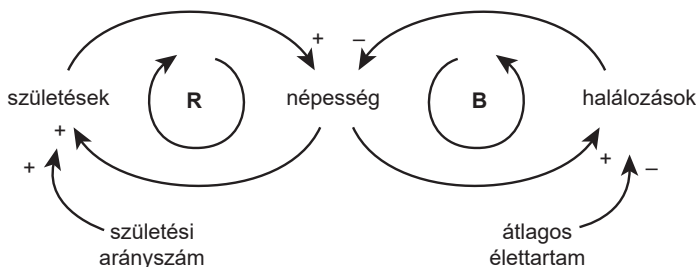
Oksági diagram alapja

Forrás: STERMAN 2000 alapján

Figyeljük meg az 1. ábra két hurkának különbözőségét:

- A születések száma és a népesség száma által meghatározott hurokban azt láthatjuk, hogy a hatások láncolata egymást erősíti, azaz pozitív visszacsatolás valósul meg. A modellben ezt az irányt jelölő nyílba írt + jellel vagy 'R' (reinforcing, *megegyező*) betűvel jelölhetjük.
- A népesség száma és a halálozások száma által meghatározott hurokban a két változtató kapcsolat ellentétes hatású, ami az egyensúly fenntartása felé mutat. Mindezt egy – jellel vagy 'B' (balancing, *kiegyensúlyozó*) betűvel jelölhetjük.

A kiegészített diagramot nevezik komplex oksági diagramnak (2. ábra).



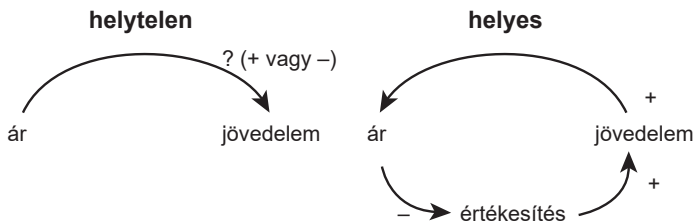
2. ábra
Komplex oksági diagram

Forrás: STERMAN 2000 alapján

5. A modell finomítása

Ha a fenti példa alapján úgy éreznék az Olvasó, hogy képes komplexebb problémák ábrázolására is oksági diagramon, valószínűleg már az első lépéseknél el fog akadni. Az első elképzelést a változók megfogalmazására vonatkozóan valószínűleg finomítani kell, ami a modell újragondolásával jár. Ilyen helyzetekben nyújtanak segítséget az alábbi példák.

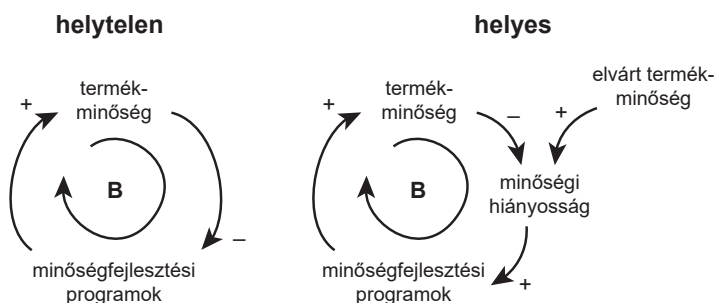
Kézenfekvő, hogy ha egy *termék ára* növekszik, az *hatással van a bevételre*. Ha ezt ábrázoljuk (3. ábra), akkor nem tudjuk ábrázolni a hatás irányát, hiszen a magasabb ár növelheti és csökkentheti is a bevételt. Utóbbi akkor fordul elő, ha a magasabb ár miatt csökken a termék eladása. Célszerű ezt is bekapcsolni a modellbe.



3. ábra
Nem egyértelmű hatás kezelése

Forrás: STERMAN 2000 alapján

Érdekes a *minőségfejlesztési programok* és a *szolgáltatás minősége* között felvázolható kapcsolat (4. ábra). Ha nincs gond a szolgáltatás minőségével, akkor nincs szükség fejlesztési programra sem. A modell logikája szerint a szolgáltatásminőség hatása negatív (ellentétes irányú) a minőségfejlesztési programok számára. Felmerül a kérdés, hogy egyáltalán nincs-e szükség fejlesztési programokra, ha a minőség magas. Hogyan tudom egyáltalán megítélni a minőségnek azt a szintjét, amikor már nincs fejlesztésre szükség? A gyakorlati tapasztalatok alapján a fejlesztési programok az észlelt nem megfelelőségek esetén indulnak, azaz észlelt eltérések esetén a minőségi elvárásoktól (minőségi hiányosság). A modellt célszerű kiegészíteni. A negatív visszacsatolások mindig célkereső jellegűek.



4. ábra

Külső tényezők figyelembevétele

Forrás: STERMAN 2000 alapján

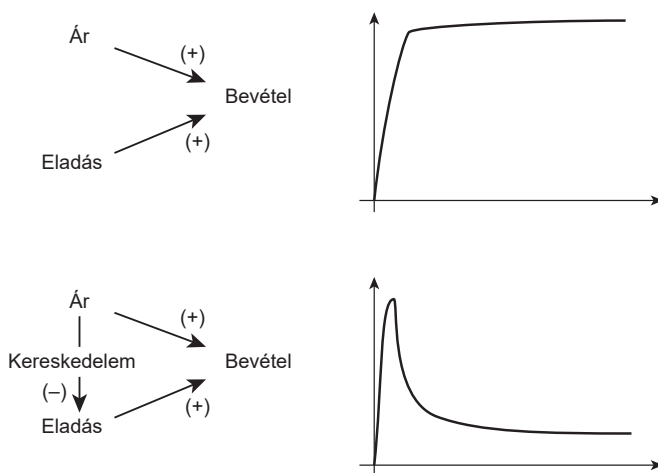
Néhány további megfontolás ahhoz, hogy a modell hatékonyan segítse a munkát (KIM 1992; RICHARDSON–PUGH 1983):

- A változók nevei főnevek legyenek, jelzők, minősítések és feltételezések nélkül (ezeket a hatások iránya fejezi ki). A „bevétel” tehát megfelelőbb, mint a „növekvő bevétel”. A kapcsolatok és hatások értelmezése akár lehetetlenné is válhat. A 3. ábra példáján bevételnövekedést ábrázolva nem egyértelmű, hogy az értékesítés a bevétel növekedését vagy a bevétel növekedésének a növekedését okozza.
- A változók számokkal kifejezhetők legyenek. A „lelkiallapot” például nem ilyen, helyette a „boldogság” megfelelőbb.
- A fentiekből következik, hogy célszerű a pozitívabb vagy nagyobb jelentéstartalommal bíró főnévvel jellemezni a változót.
- A nem szándékos hatások figyelembevétele segíthet a modellépítésben. Például a termelés fokozásának következménye a több termék, de emellett a munkások kimerülése is, amit negatív visszacsatolással érdemes figyelembe venni a modellben.
- A kapcsolatok valóban oksági viszonyokat mutassanak be. A modell ne is sugalljon időrendiséget, azaz két változó közötti kapcsolat nem azt reprezentálja, hogy először az egyik, majd a másik következik be.

6. Késedelem

A diagramok ábrázolásánál általában elmarad, de nem kizárt egy fontos tényező, a *késedelem* figyelembevétele. A külső változók megadásával részben már kezeljük a kérdést, a rendszerek sajátosságából adódóan az aggregáció szintjére vonatkozó javaslatok (KIM 1992) nem tarthatók tökéletesen. Késedelmes hatása van bevezető példamodellünkben a népesség számának a születések számára: évek telnek el, mire a most születettek lesznek a gyermekvállalók. A modellben – ha azt szükségesnek ítélik meg a modellezők – jelölhető a késedelem, például a nyílra húzott kettős vonallal vagy szöveges megjegyzéssel (STERMAN 2000).

A késedelem érdekes és összetett viselkedést eredményezhet még az olyan rendszerekben is, ahol nincs visszacsatolás, és az ábrázolt ok-okozati hatások száma is kevés. A késedelmek hatását a rendszer jellemzőinek alakulására jól szemlélteti Horváth példája (5. ábra).



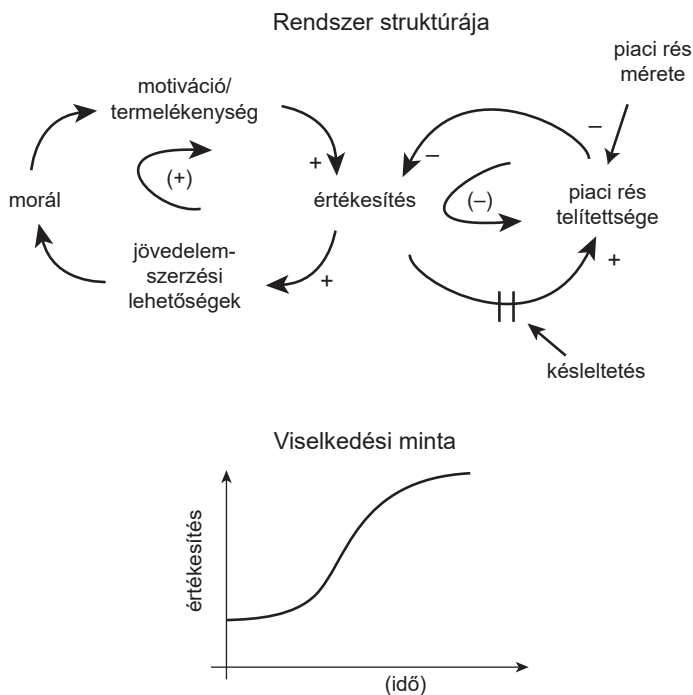
5. ábra

Késedelem hatása a rendszerre

Forrás: HORVÁTH 2012

Megvizsgálva az eladási ár és az értékesített mennyiség kapcsolatát, megfigyelhető, hogy ha nő az ár vagy az eladott mennyiség, akkor növekszik a bevétel. Ez természetesen csak akkor igaz, ha az igény olyan alapvető jellegű és fontosságú, úgynevezett merev kereslet rugalmasságú, hogy a fogyasztó bármilyen áron megvásárolja a terméket vagy a szolgáltatást. A valóságban általában az első időben az ár felugrik, majd a piac bizonyos szintű telítődése után az eladások drasztikusan visszaesnek, így természetesen a bevételek is csökkennek. Annak ellenére, hogy ebben a „rendszerben” nincs visszacsatolás, csak három ok-okozati kapcsolat, a rendszer viselkedése bonyolult. A bonyolultságot a késedelem okozza, amely a rendszer működését gyökeresen megváltoztatja.

Kirkwood (1998) példája megerősítő (R, +) és kiegyensúlyozó (B, -) hurok együttese esetén mutat be példát a késedelmek hatására (6. ábra). Az értékesítés kezdetét exponenciális növekedés jellemzi, a bevételi lehetőségek kedvező hatással vannak a morálra és ezen keresztül a termelékenységre, ami növeli az értékesíthető mennyiséget. A másik hurok a piac adott méretét feltételezve a piac telítődését veszi figyelembe, ami negatívan hat az értékesítésekre. A telítődés több-kevesebb idő elteltével fejti ki hatását a rendszerben, az exponenciális növekedés az értékesítéseknél jelentősen lelassul.



6. ábra

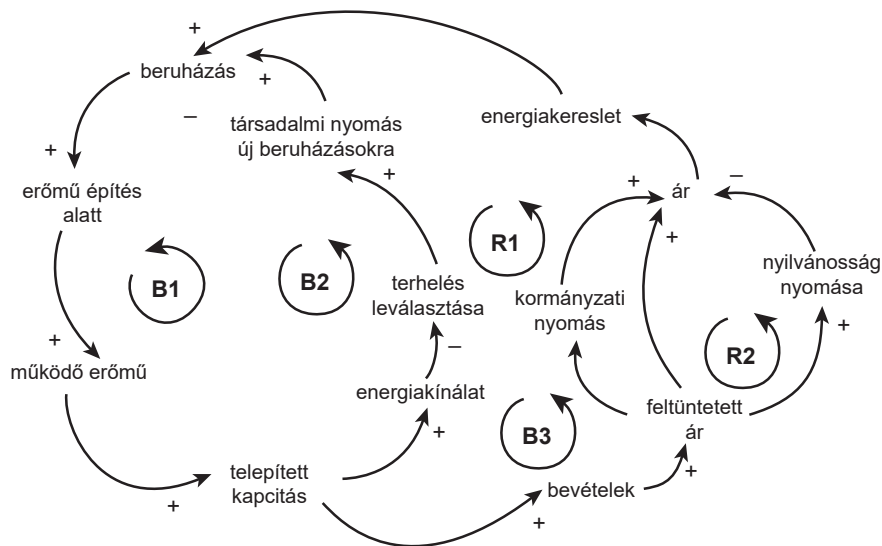
A késedelem hatása

Forrás: KIRKWOOD 1998

7. Példák oksági diagramokra

A komplex rendszerek leírását segítő oksági modellek az előzőekben bemutatott logikán alapulnak, azonban nem egyetlen vagy néhány hurokból épülnek fel. A fejezet különböző műszaki és társadalmi kérdések területéről mutat be modelleket, *tanulmányozásuk segít elsajátítani a szükséges gondolkodásmódot.*

7.1. Elektromos ellátás¹



7. ábra

Elektromos ellátás – oksági diagram

Forrás: BALA–ARSHAD–NOH 2017

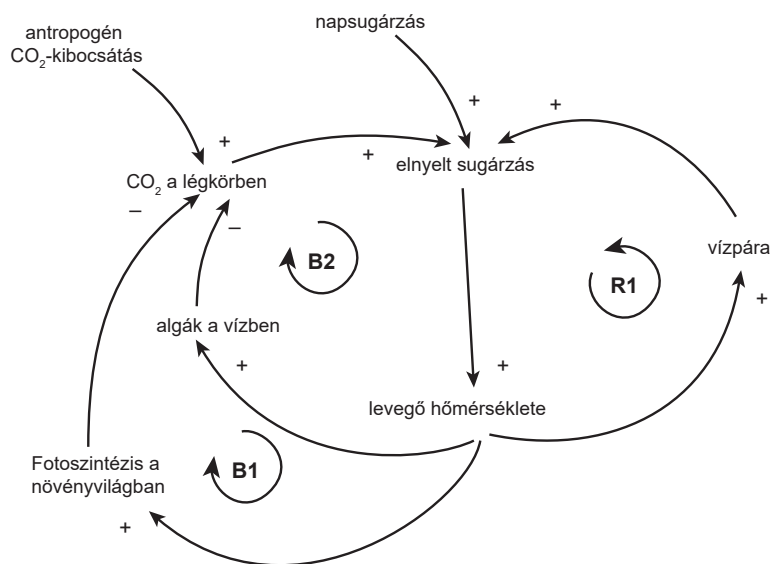
Az energia a gazdasági és társadalmi fejlődéshez (BALA 1997a, 1997b, 1998) egyaránt szükséges. Az egy főre eső energiafogyasztás az életminőség mutatójaként értelmezhető (BALA 1998). Tudjuk, hogy az egy főre eső energiaigény folyamatosan növekszik, kielégítése erőművek építését igényli. Az erőművi beruházások megindítását az ellátási hiányosságok, az ár és a társadalmi nyomás befolyásolják. Az árak meghatározásának mechanizmusában a kormányzat és a társadalom is megjelenik. A magasabb tervezett ár társadalmi oldalon generál nyomást annak csökkentésére. Az erőmű építése és működése között bizonyos idő telik el, azonban a már üzembe helyezett kapacitás energiakínálatot teremt, ami csökkenti az új beruházásokra nehezedő nyomást.

Az elektromos ellátás fenti modelljében három kiegyensúlyozó hurok és a két megerősítő hurok emelhető ki. A beruházások hatása a kapacitásokra, a kapacitások bővülésének hatása az energiakínálaton keresztül a beruházások szükségességére, továbbá a kapacitások hatása a keresletre kiegyensúlyozó, míg a bevételek és az árak alakulására ható nyomás kapcsán megerősítő hurkok azonosíthatók (7. ábra).

¹ Készült BALA–ARSHAD–NOH 2017 alapján.

7.2. Globális felmelegedés²

A globális felmelegedés az atmoszférikus átlaghőmérséklet emelkedését jelenti, amit az úgynevezett üvegházhatás okoz. A kérdés számos fejlődő ország számára kritikus fontosságú és hatású. Az átlaghőmérséklet emelkedését üvegházhatású gázok kibocsátása és a napsugárzás okozza. A kibocsátás csökkentéséről a növényzet és a tengeri algák gondoskodnak. Fontos megjegyezni, hogy a vízgőz jelenléte a légkörben növeli az elnyelt sugárzás mértékét. A rendszer oksági diagramját a 8. ábra foglalja össze.



8. ábra

Globális felmelegedés oksági diagramja

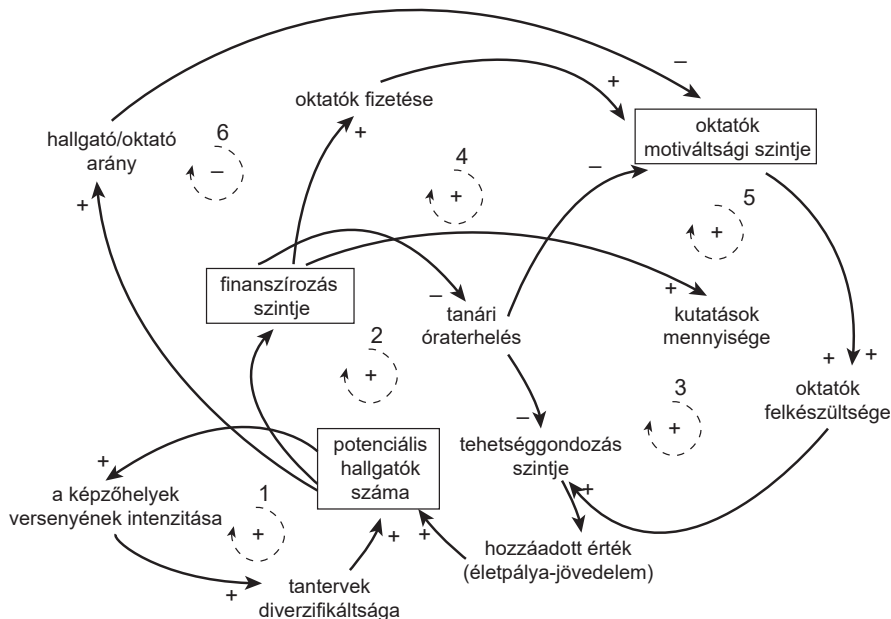
Forrás: BALA–ARSHAD–NOH 2017

Az elnyelt sugárzást a napsugárzás és a légkörben, valamint a vízgőzben lévő szén-dioxid növeli. A levegő hőmérsékletének növekedése fokozza a fotoszintézist a növényvilágban és az algákban, ami visszahat, és csökkenti a légköri szén-dioxid szintjét (B1 és B2 hurkok). A levegő hőmérsékletének emelkedése több vízgőz jelenlétével jár a légkörben, ami növeli az elnyelt sugárzást. Ez pozitív, megerősítő visszacsatolási hurok (R1) a rendszer modelljében.

² Készült BALA–ARSHAD–NOH 2017 alapján.

7.3. A felsőoktatás rendszermodellje³

A felsőoktatás modellezése a fenti példáknál sokkal összetettebb kihívás. Király és szerzőtársai egy olyan modellt mutatnak be, amely a potenciális hallgatók számát, az oktatók motiváltságát és a finanszírozás szintjét emeli ki csomópontként olyan szerkezetben, amely még áttekinthető egy tankönyv hasábjain is (9. ábra).



9. ábra

Visszacsatolási hurok a felsőoktatás rendszermodelljében

Forrás: KIRÁLY et al. 2016

A rendszermodell hat, jellemzően megerősítő visszacsatolási hurokkal bír (kivételt csupán a hatodik visszacsatolási hurok képez, amely önszabályozó hurok).

Ha magasabb a potenciális hallgatók száma, akkor több felsőoktatási képzőhely lesz a piacon, ami növeli a köztük folyó versenyt. A verseny intenzitása pedig meghatározza a tantervek sokszínűségét, tehát azt, hogy sokféle formában és sokféle módon lehet elsajátítani a szükséges tudástartalmakat és készségeket. Ez a sokszínűség viszont lehetővé teszi, hogy a hallgatói populáció is diverzebb legyen, tehát többféle ember veheti igénybe a felsőoktatás szolgáltatásait. Emiatt ki is tágul a potenciális hallgatói bázis.

A potenciális hallgatók számához kötődő másik hurokban két negatív kapcsolat is benne van (a finanszírozás szintje és a tanári óraterhelés, továbbá a tanári óraterhelés és a tehetség gondozás szintje között). Összességében a hurok önerősítő jelleggel bír, aminek oka, hogy a páros számú negatív kapcsolat „kioltja” egymást. Minél magasabb tehát a potenciális

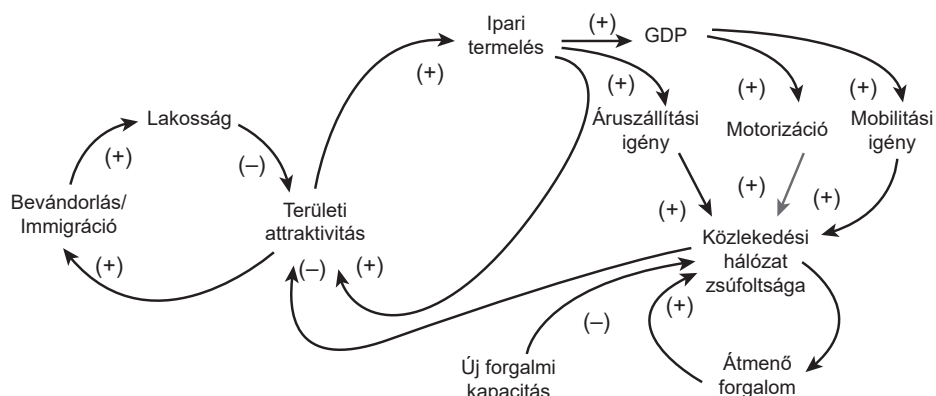
³ Készült KIRÁLY et al. 2016 alapján.

hallgatók száma, annál magasabb a finanszírozás. A finanszírozás viszont meghatározza a tanári óraterhelést, de ez a kapcsolat ellenkező, negatív előjelű. Más szavakkal egy magasabb finanszírozási szint alacsonyabb óraterheléssel jár a paneltagok gondolkodása szerint. Hasonlóképpen az óraterhelés és a tehetséggondozás között is negatív kapcsolat van, tehát magasabb óraterhelés mellett az oktatóknak kevesebb idejük jut a hallgatókkal személyesen foglalkozni, szakmai fejlődésüket segíteni. A tehetséggondozás szintje hat továbbá a felsőoktatás által hozzáadott értékre, vagyis arra, hogy az életpálya-jövedelem szempontjából mennyi hozadékot jelentenek a felsőoktatásban elsajátított tudástartalmak és készségek. A kör végén pedig a hozzáadott érték és a hallgatók száma között pozitív kapcsolat van, hiszen a magasabb hozzáadott érték a társadalom nagyobb része számára jelent vonzerőt a felsőoktatásba való belépésre.

A többi megerősítő visszacsatolási hurok értelmezését az Olvasóra bízunk, foglalkozunk még a kiegyensúlyozó hurokkal. Ez fejezi ki legjobban a hallgatói létszámhoz kötött finanszírozási rendszer ellentmondásosságát, valamint a fent ismertetett tömegesedés nem szándékolt következményeit. A nagyobb hallgatói létszám ugyanis növeli a hallgatók arányát az oktatókhoz képest, amely „nagyüzemi” működés rontja az oktatók motiváltságát és ezen keresztül a felkészültségüket és a hallgatói kiválóságot is. Ez az oksági kör tehát az eddigiekkel ellentétesen hat, hiszen nem biztos, hogy a nagyobb hallgatói létszámból fakadó egyéni és intézményi többletbevételek ellensúlyozni tudják a „tudásgyár” (POLÓNYI–TÍMÁR 2001) lehangelő légkörét.

A modell készítői kiemelik, hogy e hurkok kialakítására nem törekedtek kifejezetten, azokat csak később azonosították. Ezért is figyelemre méltó, hogy a rendszer működését meghatározó visszacsatolási hurkok összetett és informatív módon jelentek meg, szinte „önmaguktól”, mindez pedig bizonyítja a rendszermodellezés használhatóságát.

7.4. Közlekedés⁴



10. ábra

Közlekedési rendszer modellje

Forrás: HORVÁTH 2012

⁴ Készült HORVÁTH 2012 alapján.

A közlekedési igényrendszer alapelemei hatáskapcsolati rendszersémájának fontos, alapvető eleme a lakosság. Hasonlóan alapelemként kell kezelni a területi attraktivitást, amely multiplikátorszerepet tölt be hatásai révén, számszerűsítése azonban problémás. Amennyiben nő egy adott területen a lakosság száma, akkor az a terület közlekedési attraktivitásának csökkenéséhez vezet, mert nő a területen a közutak, azaz a közlekedési hálózat zsúfoltsága (amely egy újabb alapelem), emelkednek a közlekedési idő- és költségáfordítások. Ha nő a terület attraktivitása, akkor vonzó lesz a betelepülők számára, aminek hatására a lakosság száma nőni fog. A részfolyamat egy szabályzó kör, amely magára hagyva a területi és népességi adatoknak megfelelő szinten stabilizálódik.

A területi attraktivitást befolyásoló további tényező az ipari termelés (alapelem). Ha nő az ipari termelés, azzal nő a terület attraktivitása, aminek hatására újabb vállalkozások jelennek meg, amelyek tovább növelik az ipari termelést. A folyamat hatása egy növekvő tendencia lenne, ha nem lenne akadályozó elem a közlekedési hálózat kapacitása.

A növekvő ipari termelés eredményeként nő a jövedelem (GDP), amely egy újabb alapelem, amelynek hatására nő a motorizáció (alapelem). A motorizáció növekedésével nem feltétlenül növekszik ugyanolyan mértékben a közutak zsúfoltsága, mivel a járművek egy része nem vesz részt ténylegesen a forgalomban, a család második vagy harmadik autója nem biztos, hogy mindig használatban van.

A növekvő ipari termelés további hatása, hogy nő az áruszállítási igény (mint újabb alapelem), több alapanyag beszállítására és több késztermék kiszállítására van szükség, ami a közutak zsúfoltságát növeli. A növekvő termeléshez általában több munkaerőre van szükség, és mivel az új ipari területek általában egyre messzebbre vannak a lakóterületektől, így hivatásforgalmi mobilitásnövekedés áll elő, ami szintén növeli a közutak zsúfoltságát.

A közutakon még egy jelentős tényező van a területi személy- és áruforgalmon kívül, az átmenő forgalom (alapelem). Az adott terület földrajzi helyzetétől függően ez jelentős forgalmi többletteljesítmény. Ez a körfolyamat elméletileg lényegében önszabályzó kör, ha nő az átmenő forgalom, akkor a növekvő zsúfoltság, illetve annak következményei (magas baleseti kockázat, hosszú eljutási idő stb.) miatt az átmenő forgalom az adott területet elkerülő alternatív útvonalakat keres, így az adott területen az átmenő forgalom csökken. A közutak zsúfoltsága ugyanakkor visszahat a terület attraktivitására is, hiszen, ha romlanak a terület közlekedési lehetőségei, úgy a terület veszít vonzerejéből mind a lakosság, mind az ipar szempontjából.

Fogalmak

- dinamikus rendszermodellezés
- hurok
- időtáv
- késedelem
- késleltetett hatás
- kiegyensúlyozó hurok
- komplex oksági diagram
- külső tényező

- megerősítő hurok
- oksági diagram
- rendszerszemlélet

Áttekintő kérdések

1. Miért van szükség dinamikus rendszermodellezésre?
2. Melyek az oksági diagram készítésének fő lépései?
3. Mi alapján döntjük el, hogy egy változó endogén (belső) vagy exogén (külső)?
4. Mi a különbség az oksági és a komplex oksági diagram között?
5. Milyen visszacsatolási hurkokat ismer?
6. Hogyan hat a késedelem a rendszer állapotára?

Felhasznált irodalom

- BALA, B. K. – ARSHAD, F. M. – NOH, K. M. (2017): *System Dynamics: Modelling and Simulation*. Singapore, Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007%2F978-981-10-2045-2>
- BALA, B. K. (1997a): Computer modelling of the rural energy system and of CO2 emissions for Bangladesh. *Energy*, Vol. 22, No. 10. 999–1003. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fs0360-5442%2897%2900025-x>
- BALA, B. K. (1997b): *Computer modelling of energy and environment: the case of Bangladesh*. Proceedings of 15th international system dynamics conference, Istanbul, Turkey.
- BALA, B. K. (1998): *Energy and environment. Modelling and Simulation*. New York, NOVA.
- HORVÁTH, R. (2012): *Rendszerdinamika mint a közlekedési rendszerek igénymodellezésének új lehetősége*. PhD-értekezés. Győr, Széchenyi István Egyetem.
- KIM, D. H. (1992): Guidelines for Drawing Causal Loop Diagrams. *The Systems Thinker*, Vol. 3, No. 1. 5–6.
- KIRÁLY, G. – GÉRING, Zs. – CSILLAG, S. – KOVÁTS, G. – KÖVES, A. – SEBESTYÉN, G. – GÁSPÁR, T. (2016): Rendszermodellezés a felsőoktatásról. Jelentésadás egy részvételi folyamatban. *socio.hu*. 3. sz. 66–90. DOI: <https://doi.org/10.18030/socio.hu.2016.3.66>
- KIRKWOOD, C. W. (1998): *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*. Tempe, Arizona State University.
- MEADOWS, D. (2008): *Thinking in Systems: A Primer*. White River Junction, Chelsea Green Publishing.
- MINTZBERG, H. (1978): Patterns in Strategy Formation. *Management Science*, Vol. 24, No. 9. 934–948. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.24.9.934>
- POLÓNYI, I. – TIMÁR, J. (2001): *Tudásgyár vagy papírgyár?* Budapest, Új Mandátum.
- RICHARDSON, G. P. – PUGH, A. (1983): *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Cambridge, The MIT Press.
- RICHARDSON, G. P. (2011): Reflections on the Foundations of System Dynamics. *System Dynamics Review*, Vol. 27, No. 3. 219–243. DOI: <https://doi.org/10.1002%2Fsd.462>
- SENGE, P. M. (1998): *Az Ötödik alapelv*. Budapest, HVG.
- STERMAN, J. D. (2000): *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, Irwin–McGraw-Hill.

VI. Komplex rendszerek modellezése és ennek jelentősége

Molnár László

DOI: 10.36250/00734.06

1. A fejezet célkitűzése

A fejezet legfőbb célkitűzése, hogy megismertesse az államigazgatás résztvevőit a tudományos, a matematikai, informatikai modellezés alapjaival. A fejezetben a szerző igyekszik kerülni a mély háttértudást igénylő kifejezéseket és ismeretanyagot, mivel jelen tárgynak nem célja az, hogy a modellezést rendkívül hatékonyan használó szakértőket képezzen ki. Ehhez matematikai és programozási ismeretek kellenek. A tárgynak viszont célja, hogy megismertesse a közigazgatásban dolgozókat és a leendő vagy jelenleg is vezető tisztséget betöltőket a modellezés hasznosságával és alapvető fogalmaival.

A fejezet megismerteti a modellezés különböző típusaival, használatukkal, azzal, hogy a komplex rendszereket, a hivatali munkát, az államigazgatást magát, az egyes szervezeteiket hogyan lehet modellezni és hatékonyabbá, átláthatóbbá tenni a munkájukat modellek segítségével.

A fejezetnek továbbá célja átadni némi ismeretet a döntéstámogatás terén, kerülve az operációkutatás és adatbányászat matematikáját, bízunk benne, hogy ahol erre szükség van, ott a vezető felfogad olyan szakértőt, aki elvégzi helyette a piszkos munkát, de ehhez ismernie kell, hogy létezik ilyen munka. Ugyanakkor inspiráció lehet, hogy a vezető akár maga is jobban utánanézzon ezeknek a témáknak, és ha máskor nem is, de egyszerűbb esetekben maga is használja őket. Ugyanez a helyzet a fejezetben tárgyalt projektmenedzsment- és folyamatmenedzsment-ismeretekkel is, bízva abban, hogy bár érintőlegesen írunk a témákról, és a teljesség abszolút igénye nélkül, mégis kellően informatív anyagot adunk az Olvasó kezébe, amely elősegíti a bölcs és hatékony vezetés rögös útján.

2. Modellek

2.1. Modellezés

Amikor meghalljuk a modell, modellezés szavakat, sok minden az eszünkbe juthat. Sokunknak rögtön egyes embertársaink ugranak be, akik szakmájuk szerint modellek, tehát pénzt kapnak azért, hogy visszaverődik róluk a fény. Mások a fizikai modellekre gondolnak, amelyek valamilyen jármű, épület vagy lényegében bármilyen más tárgy kicsinyített másai,

és rendszerint arra szolgálnak, hogy elősegítsék a valós méretű dolog megépítését, legyártását, vagy pusztán valamilyen hobbitevékenységhez (például játék, gyűjtés) kapcsolódnak.

Tudományos szempontból ez utóbbi jelentés számunkra hasznosabb, de tovább is megyünk ennél. Gondoljunk például egy autóra. Mielőtt elkészítenénk a kicsinyített, fizikai mását, a tervezőasztalnál megszületnek különböző alapos tervek az autóról, nem háromdimenziós, hanem csupán kétdimenziós rajzok. Elöl-, hátul-, alul- és felülnézeti képek, különböző metszetek, specifikációleírások, látványtervek és még sorolhatnánk. Manapság pedig digitálisan a számítógépeken is elkészülhetnek ezek, rögtön háromdimenziós alakban megtervezhetjük a tárgyat (vagy egy karaktert!).

Ha összevetjük ezeket a korábban említett fizikai modellel, rájövünk, hogy végül is azonos célból készülnek. Kiszolgálhatnak valamilyen szórakoztatási igényt, de leginkább és leghasznosabb feladatában a céljuk, hogy elősegítsék valamilyen módon a gyártást. A termék (és haladjunk előre: szolgáltatás) reklámozását segítik elő a célközönségnek, hasznosak a gyártás során a mérnököknek, munkásoknak és robotoknak, vagy épp valamilyen engedélyeztetéshez kellenek, amit egy-egy cég vezetése, vagy hogy hazai pályán maradjunk: a közigazgatás lát el.

A modell fogalma lehet tehát:

- A valóság meghatározott feltételrendszer mellett leegyszerűsített mása.
- A valós rendszer egyszerűsített, sematikus transzformációja.
- Minta, terv vagy egy tárgy, rendszer, fogalom szerkezetének vagy működésének leírása.
- A képzőművészetben a bemutató tárgya/eszköze.
- Hobbi céljából épített, kicsinyített műszaki vagy építészeti eszköz (makett).

Modellek pedig a következőképp jelenhetnek meg a teljesség igénye nélkül:

- Fizikai megjelenés (makett)
- Tervrajz
- Dokumentáció (leírás)
- Ábra, grafika, különböző diagramok:
 - folyamatábrák
 - használati eset (use case) diagramok: A rendszer modellezése a felhasználó, megrendelő szemszögéből.
 - gondolattérképek (mindmaps)
 - kapcsolati háló stb.
- Matematikai képlet, összefüggés stb.

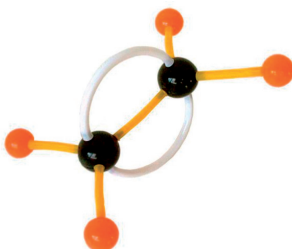
2.2. A modellezés céljai

Ahogy látszik, elég sokféle modell létezik, és sokféle cél rejtőzhet amögött, hogy miért készítünk modelleket. A modellezés célja lehet a korábban már említetteken túl, hogy a való világból kiragadjunk egy szeletet, és ezt vizsgáljuk, hipotéziseket állítsunk fel, összevevünk különböző nézőpontokat és érdekeket annak érdekében, hogy megértsünk valamilyen fellépő problémát (gyártás, használatbavétel során fellépő sorozathiba, vagy a közigazgatásnál maradvá: valamilyen folyamat, eljárási hiba felderítése).

Segítségünkre lehet abban is, hogy feltérképezzük, milyen szereplőink érintettek egy-egy projekt, folyamat, cselekvés, eljárás során. A modellezés segíthet megérteni a különböző szereplők igényeit, a kommunikációs gyakorlatunk során pedig, ha van egy modellünk, elkerülhetjük, hogy kihagyjunk valakit. Projektmenedzsment és folyamatmenedzsment során kifejezetten hasznos az érintetteket valamilyen módon feltüntető ábrákat készíteni, és a projektek, folyamatok különböző fázisaihoz rendelni őket.

Ugyanígy segíthet finomítani is, hatékonyabbá tenni a meglévőt. Persze ahol nincs hiba, ott nem kell szerelőt hívni, de mindig érdemes nyitott szemmel járni, hogy a tudomány, a technológia vagy épp a társadalom vívmányai, elvárásai miatt nem lehetne-e a korábban tökéletes hivatali gyakorlatunk, autónk, városunk még szebb és tökéletesebb, mint korábban. Vessük össze más modellekkel a mieinket a célból, hogy tudunk-e tanulni belőlük!

A modellezés történhet tervezéshez, amikor a valóság kicsinyített vagy épp nagyított mását kívánjuk létrehozni (kémiaórákról például ismerősek lehetnek a különböző molekulák felnagyított modelljei). A modellkészítés oka lehet az is, hogy a valóság vizsgálata csak a valós, vizsgált tárgy, létesítmény vagy környezete pusztulásával lehetséges, esetleg túl sok időt vagy pénzt venne igénybe.



1. ábra

Példa a valóság nagyított másának modelljére: egy kémiai modell: etilén molekula

Forrás: Szerves és szervetlen kémiai molekula- és kristályrácsmodell-készlet (Molekula modellek), 2018

A modellezés céljai Pokorádi (2008) alapján:

- modellezés,
- tervezés,
- vizsgálat,
- vizsgálat tervezése,
- minősítés,
- irányítás, szabályozás,
- állapotfelismerés.

2.3. Modellek típusai

A modelleket sokféleképpen kategorizálhatjuk:

Nézőpontjaik szerint lehetnek:

- statikusak,
- dinamikusak.

A statikus vagy más néven felépítési modell sok különböző szereplőt, elemet nevesít és ezek egymáshoz való valós, létező viszonyát írja le. Tehát a kapcsolatokra fókuszál, és a rész-egész viszonyát vizsgálja egy adott pillanatban.

A dinamikus vagy más néven viselkedési modell ezzel szemben számol az idővel mint tényezővel. Egy vagy több elemnek, szereplőnek a viselkedését vizsgálja az idő múlásával. A reakciókra fókuszál, és a különböző időpontokban lévő állapotokat, folyamatokat vizsgálja.

A modellek céljaik szerint lehetnek:

- taktikai
- vagy stratégiai modellek.

Taktikai vagy úgynevezett prediktív modellről beszélünk akkor, ha a modellezés célja valamilyen gyakorlati jellegű probléma megoldása kapcsán predikciók (megalapozott jóslatok, prognózisok, előrejelzések) készítése.

Stratégiai vagy úgynevezett demonstratív modellről akkor van szó, ha a modell célja valamilyen jelenség összefüggéseinek demonstrációja, tudományos kutatási vagy oktatási, esetleg álláspontkifejtési célból.

A modellek felépítésük szerint lehetnek:

- szimulációs
- és leíró modellek.

A szimulációs modell az a modelltípus, amely a vizsgált jelenséghez hasonló viselkedés mutatasára képes, vagyis amikor a modell viselkedési elemei és a valóságos rendszer viselkedési elemei között egyértelmű kapcsolat teremthető. A szimulációs modell tehát nevének megfelelően szimulálja a rendszert.

A leíró modell valamilyen összefüggést matematikai formában fejez ki, a jelenséget bemutatja, de nem szimulálja (például egy regressziós egyenes vagy görbe).

A modellek a tér és idő kapcsolata alapján lehetnek:

- diszkrét,
- folytonos,
- vagy vegyes/egész értékű modellek.

A diszkrét modell diszkrét skálán dolgozik, tehát a térbeli vagy időbeli felbontása nem a valós számok halmazán, hanem csak természetes számokra van értelmezve. Például évenként, naponként, óránként ad outputot.

A folytonos modell változóit a teljes számegyenesen (valós számok halmazán) értelmezi.

A vegyes/egész értékű modell nagyon egyszerűen az, amelynek egész értékű (diszkrét) és folytonos változói is vannak.

Az idő és tér függvényében lehetnek *végesek és végtelenek* is attól függően, hogy a tér vagy idő egy meghatározott szakaszán vagy a végtelenben is érvényesülnek. Nem feltétlenül kell itt valami megfoghatatlan matematikai absztrakcióra gondolni, egy hivatal adott tevékenységét (például személyi igazolvány kiadása) is tekinthetjük egy végtelen folyamatnak,

mivel nem tudjuk megállapítani azt az időpontot, amikortól soha többé nem kell ezt csinálni, így elméletben akár az is elképzelhető, hogy örökké.

A modellek viselkedés szerint pedig lehetnek:

- determinisztikusak
- vagy sztochasztikusak.

Determinisztikus modellről akkor beszélünk, ha a modell meghatározott inputadatokra pontosan meghatározott (determinált) konkrét számokat ad eredményül. A determinisztikus modellben a beállított paraméterek és inputadatok egyértelműen meghatározzák a modell outputját. Ez ugye a jogban is érvényesül, a jogi logikából következik, ha van A, legyen B is, tehát azonos feltételek esetén azonos jogkövetkezmény lesz.

A sztochasztikus modell outputja – a determinisztikus modellével ellentétben – nem konkrét szám, hanem valamilyen gyakorisági eloszlás. Sztochasztikus modelleket fejlesztünk például olyan esetekben, amikor a vizsgált folyamatban a véletlen szerepét is figyelembe szeretnénk venni. A sztochasztikus modellek közül a szimulációs modelleket tágabb értelemben Monte Carlo-modelleknek, vagy Monte Carlo-szimulációknak is nevezzük. Számítástechnikai eszközök segítségével előállítja egy adott kísérlet végeredményét, ezek után az eredményként kapott numerikus jellemzőket feljegyzik és kiértékelik. Hasonló véletlenszámokat lehetne generálni a kaszinók kedvelt játékaival, a rulettel is. Ezért nevezte el a módszer kifejlesztője, Neumann János „Monte-Carlo”-módszernek. Felhasználási területe mára már majdnem minden természettudományos diszciplínára kiterjedt.

3. Komplex rendszerek

3.1. Miket nevezünk komplex rendszernek?

Komplex rendszernek tekintünk minden rendszert, amelyet egyidejűleg több tulajdonság alapján minősítünk. Így tehát, ha egy gépkocsinak csak az árát tekintjük, akkor a gépkocsi definíciónk szerint nem komplex rendszer. Ha azonban az ára mellett még a fogyasztását is figyelembe vesszük, akkor meghatározásunk értelmében már komplex rendszernek minősítjük. Definíciónk értelmében tehát komplex rendszer minden olyan rendszer, amelyet egyidejűleg több tulajdonsága alapján vizsgálunk, vetünk össze. A tulajdonságok értelmezése alapján megállapíthatjuk, hogy több más csoportosítás mellett ezek az egyszerű és összetett tulajdonságok csoportjába is besorolhatók. Az egyszerű és összetett tulajdonság fogalmára más szinonim elnevezések is használhatók (például az egydimenziós és többdimenziós tulajdonság elnevezés).

A komplex rendszerek attól válnak érdekessé, hogy fellép a szinergia jelensége, vagyis a részek közötti kölcsönhatás eredményeképpen a részek viselkedése oly módon változik meg, hogy az egész rendszer minőségileg új, a részek tulajdonságaitól eltérő viselkedésmintát követ. Tehát pusztán a részek vizsgálatából nem jósolható meg az egész rendszer viselkedése, a globális tulajdonságok új törvényszerűségeket követnek. Arisztotelészt idézve: „Az egész több, mint a részek összessége.”

A komplex rendszerek a következő tulajdonságokkal bírnak:

- Nagyszámú elem, egység áll kölcsönhatásban egymással.
- Ezek a kölcsönhatások nem lineárisak, nem egyenrangúak.
- Minimális változások is aránytalanul nagy következményekkel járhatnak.
- A rendszer dinamikus: „Az egész több, mint a részek összessége.”
- A rendszereket utólagosan nézve rendezettséget, kiszámíthatóságot figyelhetünk meg, de ez az utólagos felismerés gyakran tévutakra vezet, hisz a rendszerek folyamatosan változnak.
- A rendszerek változásai történhetnek a rendszeren belül, de külső körülmények is módosíthatják a rendszer működését.

A tananyag szempontjából nekünk a legfontosabb komplex rendszer a szervezet lesz, erről majd a későbbi fejezetekben olvashatunk.

3.2. A komplex rendszerek modellezése

A modell egy valóságos rendszer egyszerűsített, a vizsgálat szempontjából lényegi tulajdonságait kiemelő mása. A modell azokat a jellemzőket elhanyagolja, amelyeket a kitűzött vizsgálat szempontjából nem tekintünk meghatározónak. Ezért elég, ha a modell a valódi rendszert csak a meghatározott szempontból vagy szempontokból helyettesíti. Sőt, a vizsgálat szempontjából lényegtelen szempontok figyelembevétele hátrányos is lehet. Összetettebbé válik a modell és így a vizsgálat is, de lényegi információhoz nem jutunk vele.

Egy rendszer matematikai modelljének megalkotásához alapvetően két szélsőséges elméleti módszer kínálkozik, és ne ijedjünk meg a matematikai szótól. Jelen tananyag a fogalmak megértetésére irányul elsősorban, nem a komplex matematikai alkalmazhatóságot célozza meg. Tehát a rendszerek vizsgálatának két elméleti módszere:

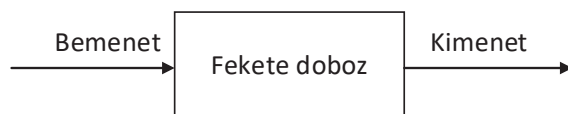
- feketedoboz-módszer,
- fehérdoboz-módszer,
- és létezik egy átmeneti: szürkedoboz-módszer.

Elnevezésük és lényegük nagyon szemléletes, és még szemléletesebbé is tehetjük: A fekete dobozt hívhatnánk sötét doboznak, a fehéret pedig megvilágított doboznak is, a harmadikat meg mondjuk doboznak a félhomályban. Az egyes módszerek vizsgálata után gondolkodjunk el, hogy miért is mondom ezt, viszont semmiképp ne így jegyezzük meg őket, mert nem ezek a megfelelő terminus technicusok.

3.2.1. Feketedoboz-módszer

A black-box modellek lényeges előnye a viszonylagos egyszerűségük. Viszont egyértelműen az a hátrányuk, hogy a paramétereknek, adott esetben, nincs valós fizikai jelentésük. Bizonyos esetekben, az egyszerűségből fakadóan ezek a modellek is nagyon jól alkalmazhatók. Mivel az ilyen a modelleket a vizsgált rendszer kimeneti és bemeneti jellemzői alapján állítjuk elő, input/output-modelleknek is nevezzük őket. A modell felállításához csak kísérletekkel,

mérésekkel lehet információkat szerezni, tehát példákat kell gyűjteni. A példákban szűrjük a közös jellemzőket, kivételeket keresünk. Igyekszünk induktív következtetéseket levonni: általánosítunk. Majd az általánosított törvényszerűség tesztelését végezzük el újabb példákon keresztül, hogy megvizsgáljuk a hipotézisünket, amelyet felállítottunk, mennyire állja meg a helyét a gyakorlatban is.



2. ábra
Feketedoboz-módszer

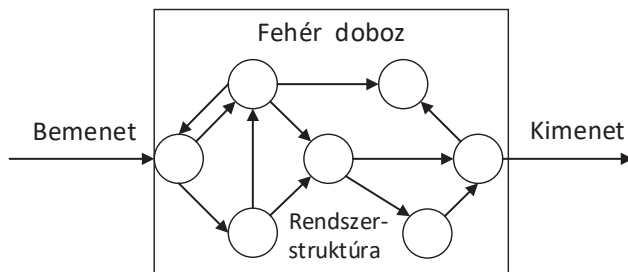
Forrás: a szerző szerkesztése

3.2.2. Fehérdoboz-módszer

A white-box modellek esetében alapvetően a rendszerről vagy folyamatról kapott előzetes információk alapján, fizikai megfontolásokra, törvényszerűségekre támaszkodva történik az analitikus formájú, közvetlen matematikai modell előállítása.

A módszer előnye, hogy a modell fizikai paramétereinek valós tartalma, jelentése van, hátránya viszont, hogy a modell felépítése általában rendkívül bonyolult. Többnyire tervezési, a rendszerről történő részletes információszerzési igény kielégítése esetén alkalmazzuk, azaz a mérnöki gyakorlatban ez fordul elő a leggyakrabban.

Ebben az esetben ismert a modell szerkezete, és az a komplexitása miatt nem módosítható. Vizsgálható vele, hogy a rendszer teljesít-e követelményeket, deduktív következtetések vonhatók le belőle, tehát előfeltevésekből (premisszákból) bizonyos, előre meghatározott módszerekkel következmény (konklúzió) vonható le.



3. ábra
Fehérdoboz-módszer

Forrás: a szerző szerkesztése

3.2.3. Szürkedomboz-módszer

A grey-box megközelítési eljárás lényegében az előző két módszer kombinációja. A valóságban a műszaki, társadalmi tudományok területén legtöbbször ez az eset fordul elő.

Általában egy műszaki probléma megoldása során nem kell teljes egészében a sötétben tapogatóznunk (fényesség van: fehér a doboz!), mindig vannak kapaszkodók, ugyanakkor vannak nem ismert fekete foltok is.

3.3. Műveletek a modellekkel

Amikor a valóság egy adott részéről elkészítettünk egy modellt, akkor még ebből kiindulva különböző változtatásokat eszközölhetünk.

Egy modell definiálása során több feltételezésből is kiindulhatunk. Ezeket rögzíteni kell, és a modell értelmezésekor fontos szerepük van a különböző állítások igazságtartalmának eldöntésekor. Ezek alapján feltételezhetünk a modell számára zárt és nyílt világokat. Ezek lényege, hogy a modell számára ismeretlen állításokat kezeljük. A zárt világ esetén minden olyan állításról, amelyről nem tudjuk, hogy igaz-e, feltételezzük, hogy hamis. A nyílt világ esetén viszont megengedjük egy állításról, hogy igaz, akkor is, ha ez a tény nem ismert. A nyílt világ feltételezés tehát használja az ismeretlen fogalmát (a matematikában leggyakrabban ez az: x), a zárt világban pedig mindent ismertnek tekintünk.¹

Ugyanannak a rendszernek több modelljét is elkészíthetjük. Más-más részleteket hagyunk ki, válogathatunk bele. A modellek részletgazdagsága más és más lehet. Különbséget kell tennünk azonban egy modell részletgazdagítása (vagy részletszegényítése) és megváltoztatása között. Ebben segít, ha megkülönböztetjük a modellt és a környezetét.

Rendszer és környezete: a környezet (vagy kontextus) a rendszerre ható tényezők összessége. A környezet elemeit két csoportba lehet sorolni: releváns környezeti elemek azok a dolgok, amik a rendszerrel közvetve vagy közvetett módon kapcsolatban állnak, míg irreleváns környezeti elem az, ami a rendszerrel nincs kapcsolatban. A környezet segítségével definiálhatjuk, hogy mit jelent a modell részletekkel gazdagítása.

Két művelet tartozik ide:

- finomítás
- és absztrakció.

A finomítás a modell pontosítása, részletekkel gazdagítása, és a lényege, hogy a környezet szempontjából a finomított modell helyettesíteni tudja valamilyen tekintetben az eredeti modellt. Az absztrakció a finomítás ellentétes művelete. A modell részletességének csökkentése, a modellezett ismeretek egyszerűsítése. Szabályos finomítás esetén a megfelelő absztrakcióval visszakapjuk az eredeti modellt.

A továbbiakban nézzük meg, hogy a modellezés a közigazgatásban hol lehet számunkra hasznos.

¹ Zárt világú modell egy olyan rendszer, aminek minden lényegi eleme ismert, például: A magyarországi egyetemek és főiskolák adatbázisa, ami alapján pontosan meg tudjuk mondani, hogy mely településeken vannak és melyeken nincsenek felsőoktatási intézmények. Amikor rákérdezek egy olyan településre, amely nem szerepel az adatbázisban, akkor a feltételezett és a valós válasz is az, hogy ott nincs ilyen intézmény. Nyílt világú modell esetén viszont nem tekinthetem az ismeretlent hamisnak, fenn kell tartanom annak a lehetőségét, hogy az ismeretlen akár igaz is lehet. Egyszerű példa erre egy orvosi adatbázis, ahol feltételezhetjük, hogy a beteg annak ellenére allergiás valamire, hogy az nincs feltüntetve.

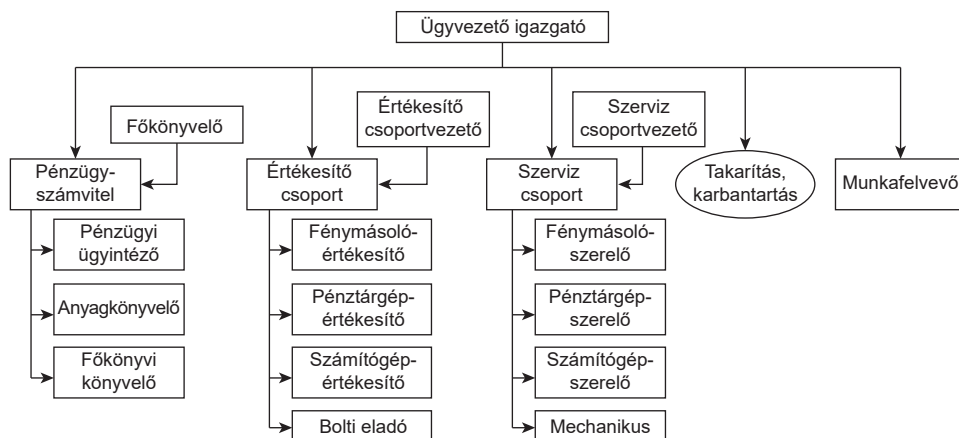
4. A modellezés megjelenése a szervezetekben

A szervezet – a legtágabb értelemben – bármely, emberek közös tevékenysége révén kialakult társadalmi formáció. Jellemzője, hogy rendelkezik valamilyen céllal, és erőforrásait ennek érdekében mozgósítja. A legtöbb szervezet törekszik arra is, hogy hosszú időn keresztül fennmaradjon, s ennek érdekében hatékonyan igyekszik működni. A szervezet különböző erőforrások halmazának rendszere. A szervezetek lehetnek cégek vagy közigazgatási szervek, működésükben rengeteg hasonlóság található.

Nézzünk meg három konkrét területet, amelyen hasznunkra lehet a modellezés a szervezeteinkben. Az első ilyen, amit megnézünk, a szervezeti ábra, a második a döntéstámogatás, a harmadik a projektmenedzsment, a negyedik pedig a folyamatmenedzsment.

4.1. Szervezetmodellezés

A szervezetek strukturális jellemzői (munkamegosztás, hatáskörmegosztás, koordináció és konfiguráció)² és szervezési elvei (centralizáció, decentralizáció) jól modellezhetők. A szakavatott szem egy-egy szervezeti ábráról sok információt le tud olvasni. Mennyire hierarchikus (sok szintje van?) vagy épp lapos (maximum 3-4 szintű) az adott szervezet. A szervezeten belüli munkamegosztás hogyan működik. Tudja azonosítani a rugalmatlan és statikus,³ illetve a dinamikus és rugalmas⁴ szervezeti formákat egyaránt. Ezeknek mind több előnyük és hátrányuk van, és munkaszervezés, menedzsment szempontjából a megváltoztatásuk gyakran nagymértékben növelheti az adott szervezet hatékonyságát.



4. ábra

Példa egy szervezeti ábrára

Forrás: az NKE ÁKK Rendszerelmélet óra keretein belül tartott előadás egyik diájához (5. előadás: Szervezetek modellezése diáor) készült szervezeti ábra

² Ezek részletezése nem a jelen tananyag feladata.

³ Ezek a lineáris, törzsegységi, funkcionális és divizionális.

⁴ Ezek a mátrixos, illetve szintén lehet a divizionális.

Általában a nagyobb vállalatoknál, közigazgatási szervezeteknél tudatosan alakították ki a szervezetek formáját, akik a döntéseket hozták pedig tisztában voltak a lehetséges előnyökkel és hátrányokkal, mégis mindig frissen tartjuk a szervezeti ábrát, pedig nem arra kell, hogy a hibákat, javítási lehetőségeket modellezzük velük. Pusztán áttekinthetővé teszi a működést, az alkalmazottak és vezetők számára is megkönnyíti saját maguk elhelyezését a szervezetben, és könnyebbé teszi a belső kommunikációt is.

4.2. Döntéstámogatás

Szervezeti döntések meghozatalának segítésére is használhatunk modelleket. A jól átlátható és matematikailag leírható, kiszámolható döntési fa és döntési tábla egyaránt hasznos. Ezek használata viszonylag gyorsan elsajátítható, ugyanakkor minél bonyolultabb feladatok megoldására kívánjuk használni őket, annál inkább érdemes valóban hozzáértő kezébe adni a kidolgozásukat. Előnyük azonban, hogy még akár laikus szemmel is használni lehet őket, ha valaki pár mondatban megmagyarázza, mit is látunk.

1. táblázat
Döntési tábla

Példa	Attribútumok										Cél Várjuk-e?
	Alternatíva	Bár	Péntek/ szombat	Éhes	Vendégek száma	Drága	Eső	Foglalás	Konyha	Becsült várakozás	
X1	Igen	Nem	Nem	Igen	Néhány	\$\$\$	Nem	Igen	Francia	0–10	Igen
X2	Igen	Nem	Nem	Igen	Tele	\$	Nem	Nem	Thai	30–60	Nem
X3	Nem	Igen	Nem	Nem	Néhány	\$	Nem	Nem	Burger	0–10	Igen
X4	Igen	Nem	Igen	Igen	Tele	\$	Igen	Nem	Thai	10–60	Igen
X5	Igen	Nem	Igen	Nem	Tele	\$\$\$	Nem	Igen	Francia	>60	Nem
X6	Nem	Igen	Nem	Igen	Néhány	\$\$	Igen	Igen	Olasz	0–10	Igen
X7	Nem	Igen	Nem	Nem	Senki	\$	Igen	Nem	Burger	0–10	Nem
X8	Nem	Nem	Nem	Igen	Néhány	\$\$	Igen	Igen	Thai	0–10	Igen
X9	Nem	Igen	Igen	Nem	Tele	\$	Igen	Nem	Burger	>60	Nem
X10	Igen	Igen	Igen	Igen	Tele	\$\$\$	Nem	Igen	Olasz	10–60	Nem
X11	Nem	Nem	Nem	Nem	Senki	\$	Nem	Nem	Thai	0–10	Nem
X12	Igen	Igen	Igen	Igen	Tele	\$	Nem	Nem	Burger	30–60	Igen

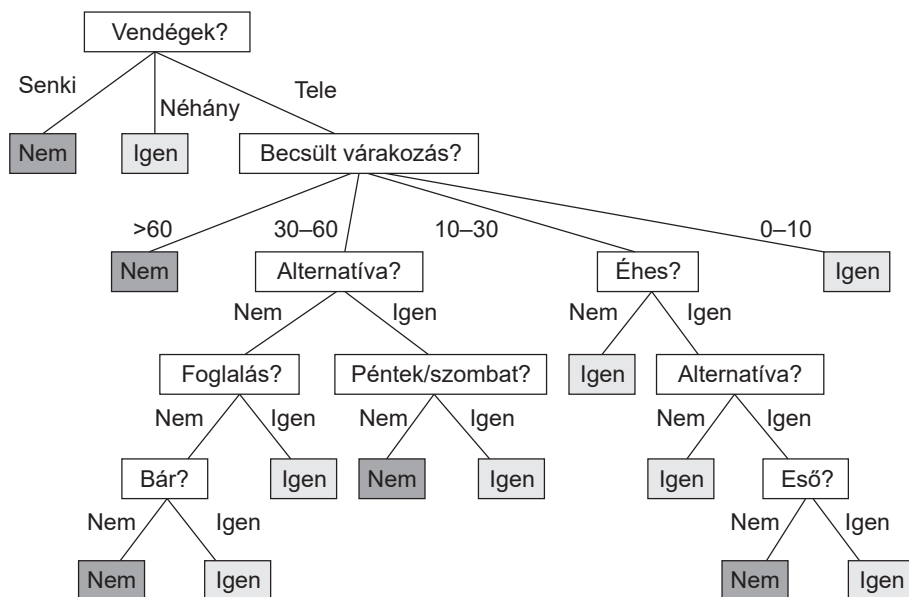
Forrás: a szerző szerkesztése

A fenti ábra egy döntési tábla. Nézzük meg, mit is látunk rajta. A példa egyszerű: Meg akarjuk válaszolni azt a kérdést, hogy várjunk-e. Ezt célpredikátumnak (goal predicate) nevezzük, és ahhoz, hogy megkapjuk azt, hogy Igen vagy Nem (informatikában, matematikában: 1 vagy 0), szükséges különböző attribútumok vizsgálata. Az attribútumokat rendszerint adatgyűjtés vagy adatbányászat segítségével állítjuk elő, persze a jelen példában ez akár kézzel is történhetett, mivel nem több ezer opció közül kell választanunk, több száz attribútum alapján.

Jelen helyzetben a következő attribútumokat, döntési tényezőket használjuk:

1. Alternatíva: van-e a közelben megfelelő alternatívaként kínáló étterem.
2. Bár: van-e az étteremnek kényelmes bár része, ahol várakozhatunk.
3. Péntek/szombat: igaz értéket vesz fel pénteken és szombaton.
4. Éhes: éhesek vagyunk-e.
5. Vendégek: hány ember van az étteremben (értékkészlet Senki, Néhány és Tele).
6. Drága: az étterem mennyire drága (\$, \$\$, \$\$\$).
7. Eső: esik-e odakint az eső.
8. Foglaltság: foglaltunk-e asztalt.
9. Konyha: az étterem típusa (francia, olasz, thai vagy burger).
10. Becsült várakozás: a pincér becsülte várakozási idő (0–10, 10–30, 30–60, >60 perc)

Ahhoz, hogy ez a tábla picit hasznosabb legyen, érdemes átalakítani áttekinthetőbb nézetbe, úgynevezett döntési fává:



5. ábra
Döntési fa

Forrás: a szerző szerkesztése

Erre a problémára rendszerint használt döntési fa az ábrán látható. Vegyük észre, hogy a fa nem használja a Drága és a Konyha attribútumokat, valójában irrelevánsnak tekinti azokat. A példákat a döntési fa a gyökérnél kezdi feldolgozni (a döntési fa gyökere a kezdő elágazás, tehát a legfelső rész: vendégek?), követi a megfelelő ágakat, amíg egy levélhez el nem ér. Például egy Vendégek = Tele és Becsült Várakozás = 0–10 attribútumokkal jellemezhető példa pozitív kimenetet fog eredményezni (azaz várni fogunk egy asztalra).

Ezzel azonban vannak problémák, a jelen döntési fánk elég statikusan működik, és viszonylag merev használhatóságú. Az informatika és a matematika segítségével fel lehet építeni úgy, hogy könnyen alkalmazkodjon megváltozott attribútumok, új szemszög megjelenéséhez is, és valamennyire tudja kezelni a hiányzó adatokat is, de jelen anyag nem adatbányászat és nem is operációkutatás kurzushoz készült, így az ebben való részletesebb elmerülést az Olvasóra bízom.

Ugyanakkor azt látnunk kell, hogy többváltozós döntési helyzetekben jól jön egy döntési fa, mert segít értékelnünk a különböző változókat, és így a számunkra ideális döntést választhatjuk. Az operációkutatás és az adatbányászat más eszközei más-más szituációkban segíthetnek minket matematikailag is logikus és kiszámított döntések meghozatalában. Ezek pedig mind-mind modellek. A valóság egy-egy szituációját modellezzük le, és a modellekben hozott döntésünket meghozhatjuk a valóságban is.

4.3. Projektmenedzsment

A szervezet életében két alapvető tevékenységtípust különböztethetünk meg. Az egyik a projekt, a másik a folyamat.

A szervezet projektjei és folyamatai hasonló kérdések megválaszolásán alapszanak. A projekt általában a Ki(k)? Mit? Hogyan? Milyen erőforrásokkal? Hol? Mennyi idő alatt? Mikorra? Milyen feltétel(ek)el? kérdésekkel operál, és általában az a jó, ha a kezdetektől minél több szereplő lát belőle valamit (a szereplők a vezetőség, a projektben részt vevők, a kivitelezők és az állampolgárok vagy más érintettek képviselői – állampolgárok esetén nem a parlamenti, önkormányzati képviselőkre gondolunk, általában ők vezetőként jelennek meg ugyanis!)

A projekt mindig egyszeri, időben jól elkülöníthető cselekvés, amely valamilyen cél elérése érdekében születik és valósul meg, a folyamat ezzel szemben egy ismétlődő, már-már mindennapos tevékenység. A projektek jellemzői:

- *egyszeri, nem ismétlődő* erőfeszítésről van szó, nem a folyamatosan végzett termelési-szolgáltatási tevékenységekről,
- *egyedi, újszerű*, addig nem ismert vagy létező eredményt állít elő (legalább a szervezet számára újdonságtartalma van),
- *időben behatárolt*, jól definiált kezdő és befejezési időpontja van,
- *a megszokottól eltérő* munkamódszereket és munkaszervezést igényel.

A projektek jellemzőinek figyelembevétele valamiféle jegyzetelést, vagy még inkább menedzsmenteszközöket igényel, mivel egy-egy projekt érinthet több száz embert, több ezer különböző munkafázist, helyesebben: tevékenységet foglalhat magában, és tarthat akár évekig is. Ráadásul a projekteknek meg kell felelniük három elvárásnak: Időben kell elkészülniük a megfelelően hatékonyan felhasznált költségek mellett, és hozniuk kell az elvárt minőséget. Bármelyikben is csúszás, a tervektől való negatív eltérés következik be, valamivel nem számoltunk, vagy elszúrtuk.

Mi mást is alkalmaznánk a projekt felépítéséhez és a benne szereplő döntések meghozatalához, mint modelleket?

4.3.1. CPM – hálótervezés

A projektek idejének meghatározása elég nehéz feladat. Több egymással párhuzamosan futó, olykor-olykor egymást bevárni kényszerülő tevékenység együttes megvalósulása után mondhatjuk, hogy kész a projektünk.

Egyszerű példa: Házat építünk, amíg nincs meg az alapozás, addig nem lehet a falakat sem felhúzni, egyik tevékenységnek előfeltétele tehát a másik. Ezzel szemben a tető cserepezése mellett akár a szobák festése is mehet párhuzamosan, illetve a szobák belső tervezése, a bútorok válogatása szintén párhuzamos tevékenység. Az egész házépítési projektben vannak lényegi csomópontok, kulcsesemények, úgynevezett mérföldkövek, az utolsó ilyen a ház teljes elkészülte, közben meg lehet egy olyan csomópont például, mint a ház berendezhetővé válása.

Saccolgatni lehet, hogy mennyi idő ez az egész, de ha készítünk valamilyen ábrát, modellt, akkor sokkal inkább láthatjuk, hogy mely tevékenységek elkezdésével kell valamire várni, amelyeket lehet párhuzamosan kivitelezni, és így egy pontos számítást tudunk végezni, hogy mikor fejeződik be a projekt. Erre a kérdésre adja meg a választ a kritikus út. A kritikus út, amelyet gyakran a legrövidebb útnak is neveznek, megmondja, ha minden a tervek szerint megy, akkor mikorra végezhetünk leghamarabb a projekttel. A legrövidebb út kifejezés kissé becsapós lehet, ha látunk egy projekttervet, mivel a legrövidebb út a leghosszabb, minden kulcsfontosságú tevékenységet magában foglaló út.

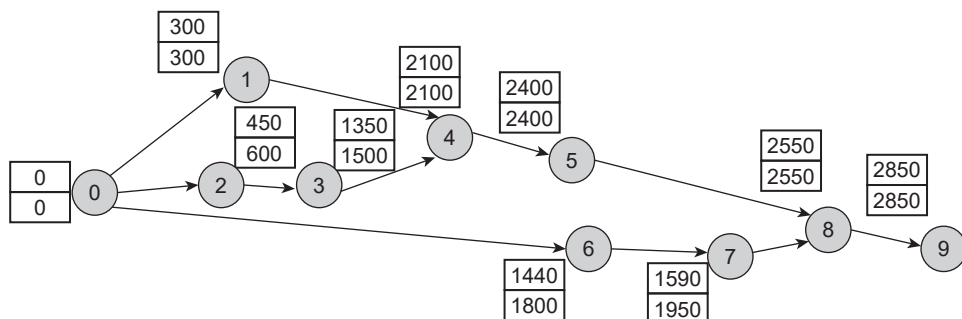
Próbálom egy példával illusztrálni. Jani és Ildi elmennek külön-külön két boltba. A kérdés, mikorra érnek vissza, mert megígérték nekik, hogy kész lesz az ebéd, mire hazaérnek. Mikorra kell elkészítenem az ebédet? Addigra, mire mindketten hazaérnek. Jani 3 külön helyre megy, ahol egyenként 1-1 órát tölt el utazással együtt, tehát 3 óra múlva ér vissza. Ildi csak 2 helyre megy, de 2-2 órát tölt el. Ekkor a legrövidebb útnak Jani vásárlása, a 3 óra tűnik. Az ebédfőzési projektem⁵ szempontjából ugyanakkor nekem nem ez a legrövidebb út, hanem az, amikor mindketten beérnek, tehát Ildi hosszabb ideje a kritikus út! Maradva ennél a példánál, megjelenik itt még egy projektmenedzsment fogalom is, a tartalék, amely nem más, mint a kritikus út és a Jani útja közötti idő, ami egy óra. Ebben a projektben Janinak van 1 órája, amennyit csúszhat a megérkezésével, maradhat tovább nézelődni, vagy indulhat később, a projekt befejezése szempontjából lényegtelen. Amennyiben azonban Jani 1,5 órával később érkezne meg, akkor már csúszik a projekt, és az nem kívánatos. Ildinek nincs tartalék ideje, nála 1 perc késés is már a projekt csúszásával járna.

A példa elég egyszerű és követhető, a nagyobb és valósabb projektek esetén már gondunk lehet a kritikus út meghatározásával. Ehhez használjuk a CPM-hálót.

A *kritikus út módszere* (CPM – Critical Path Method) egy az 1950-es évek végén kifejlesztett technika, amely egy projekt időbeni ütemezését számolja és elemzi, annak „gyenge pontjai” után kutatva. Gyenge pontok azok a lehetséges részfeladatok, amelyeknél előfordul csúszások az egész projekt késését okozzák, ezért különösen veszteségesek és kerülendőek. A projektben a veszteségeknél mindig számolunk azzal, ha időben van csúszás, az anyagi kárral is jár általában (a pénz időértéke miatt egyrészt, másrészt tovább

⁵ Hogy valóban projektnek nevezhessem valami olyat főzők, amit életemben még sohasem, tehát egyszeri, időben behatárolható célorientált tevékenységem.

kell bérelni valamit, egyes embereket tovább kell alkalmazásunkban tartani, szerződések kötbére is képbe kerülhet stb.).



6. ábra

Hálóterv – CPM-ábra

Megjegyzés: 0-tól 1-ig eljutni 300 óra, 1-től 4-ig 1800 óra, így a 4-eshez eljutni összesen 2100 óra. Nézzük meg a másik útvonalat. 0-tól 2-ig eljutni 450 óra, 2-től a 3-ig 900 óra. 3-ból a 4-esig pedig 600 óra. Ezen másik útvonal alapján a 4-esbe eljuthatnánk 1950 óra alatt is, de a 4-esbe csak akkor juthatunk el, ha az 1-es esemény is bekövetkezett, és teljesítettük a tevékenységet. Emiatt keletkezik 150 óra tartalékunk, amit a 0-ás és 2-es esemény közötti tevékenységnél, illetve a 2-es és 4-es közötti tevékenységnél is felhasználhatunk. A fenti szám tehát a legkorábbi kezdést, az alatta lévő pedig a legkésőbbi kezdést mutatja az esemény bekövetkeztének.

Forrás: a szerző szerkesztése

A CPM szerinti projekttervezés lépései:

1. A részfeladatok tisztázása. (Végig kell gondolni, hogy a projekt milyen tevékenységekből áll, az ábrán ezek a számozott köröket összekötő vonalak, a számozott körök események. Maradva a boltos példánál, egy nyíl lehet: bevásárlás az élelmiszerüzletben, a számozott kör pedig esemény: élelmiszer-bevásárlás megtörténte, tehát ha az ábrát nézzük, a 0-ás esemény az elindulás otthonról, az 1-es, hogy Ildi megérkezik az első boltjába, a kettő között van a tevékenység, amely az utazás. Az 1-es és 4-es között pedig a vásárlás maga van, ami szintén időigényes, ezért nem csak egy pont térben és időben.)
2. A részfeladatok közötti összefüggések meghatározása. (Előfeltételek ellenőrzése, az ábrán a nyilakból lekövethető, például 4-es tevékenység csak akkor kezdődhet el, ha az 1-es és a 3-as tevékenység is befejeződött.)
3. A projektdiagram megrajzolása.
4. Minden részfeladat lehetséges kezdeti és befejezési idejének kiszámítása. (Az ábrán ezek munkaórák – erre figyeljünk, általában úgy számolunk, hogy 5 napos munkahetekkel dolgozunk, és 1 munkanap az 8 órából áll maximum, egyes tervezőprogramok 6 órával számolnak, mivel 8 munkaórából általában ennyi a ténylegesen munkával töltött idő. Figyeljünk továbbá arra is, ha hétfőn Ildi és Jani is dolgozik egy projekten, akkor az nem 8 óra munka, hanem 16 óra!)
5. A kritikus út meghatározása (megnézzük azt az utat, ahol már nem tűrünk megcsúszást), az ábrán ez 2850, a Starttól a Finishig való eljutás ideje.

A CPM-háló rajzolása a következőképp történik:

1. Az élek jelentik a tevékenységeket, a csúcspontok pedig az eseményeket: egy-egy esemény azt jelenti, hogy az ebbe a csúcspontba vezető tevékenységek már befejeződtek. Az eseménynek nincs időbeli kiterjedése.
2. A csúcspontból kivezető éleken definiált tevékenységek csak a csúcspontba bevezető tevékenységek befejezése után kezdődhetnek el. A tevékenységeket kapacitásukkal (időtartamukkal) együtt adjuk meg.
3. A projektet megjelenítő hálózat a tevékenységek megelőzési viszonyát mutatja. A projektnek egyetlen kezdőponttal kell rendelkeznie (általában ez lesz az 1-es csúcspont). Ugyancsak egyetlen befejező csúcspont létezhet a hálózatban.
4. Egy tevékenységet csak egyetlen él reprezentálhat. Két csúcspont között legfeljebb egy élt húzhatunk.
5. A hálózat csúcspontjait (az eseményeket) úgy számozzuk, hogy bármely tevékenység végét jelentő csúcs sorszáma mindig nagyobb legyen, mint a tevékenység kezdetét jelentő csúcs sorszáma. (Ennek a feltételnek nem feltétlenül egyetlen számolás felel meg.)
6. A tevékenységi háló a logikai feltételek betartása céljából tartalmazhat fiktív éleket (fiktív tevékenységeket) is, amelyek kizárólag azt a célt szolgálják, hogy a fenti szabályok betartása mellett létezzen lehetséges hálózati reprezentáció. A fiktív élek kapacitása (időtartama) mindig 0 egység. Ez azért szükséges, mert a CPM-hálónak összefüggőnek kell lennie, másképp nehezen értelmezhető.

4.3.2. Gantt-diagram/-ábra

A projektmenedzsment másik kedvelt modellje a Gantt-diagram vagy Gantt-ábra.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Iroda elő-készítése																																
Felszerelés beszerzése																																
Tesztelés tervezése																																
Installálás																																
Rendszer tesztelése																																
Felhasználók képzése																																

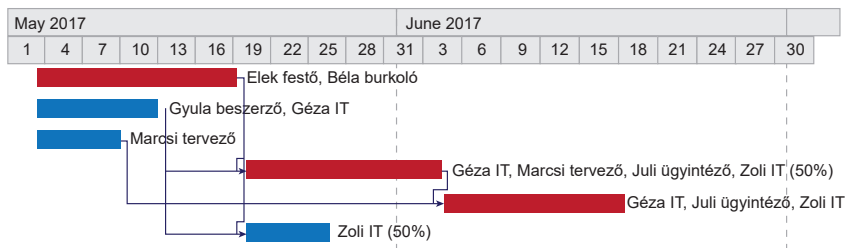
7. ábra

Egy egyszerű Gantt-diagram

Megjegyzés: A számozott részek munkanapokat jelölnek, a sötétebb vörössel jelölt tevékenységek a kritikus utat.

Forrás: a szerző szerkesztése

Lényegében hasonló megoldás a CPM-hez, a fő különbség, hogy vizuálisan jobban átlátható. A Gantt-ábrákat készítő szoftverek (például a Ganttter) egyik nagy előnye, hogy az időegység mellett könnyedén hozzárendelhetünk más erőforrásokat, személyeket is. Továbbá azért is hasznos, mivel jól tudjuk követni rajta, hogy éppen melyik napon kinek mit kell csinálnia, mely tevékenységnek hol kell tartania, ezt a CPM-en nem igazán tudnánk megcsinálni, az elsősorban nem is erre való. A mai Gantt-diagram-készítők már könnyedén számolnak nekünk kritikus utat is, színnel jelölve számunkra azt, így sok projektmenedzser háttérbe szorította a CPM-et a munkája során.



8. ábra

Ganttterben készült Gantt-diagram

Megjegyzés: Jól látható, hogy adott tevékenységekhez hozzárendeltünk személyeket is, hasonlóan látszana, ha pénzt vagy nyersanyagokat sorolnánk fel. Figyelem! Látható, hogy az IT-ról érkezett Zoli egy időben két tevékenységhez is hozzá lett rendelve, a 4. és 6. tevékenységhez, amelyeket most nem tüntettünk fel, de tudjuk, hogy az installálás és a felhasználók képzése. Zoli neve után láthatjuk, hogy 50%, ez arra utal, hogy munkaidejének 50%-át kell az egyik, és 50%-át a másik tevékenység végzésével töltenie.

Forrás: a szerző szerkesztése

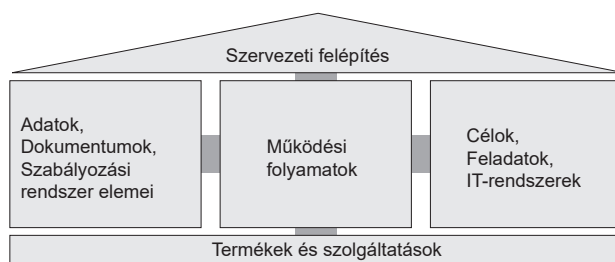
4.4. Folyamatmodellezés

Minden szervezetben vannak folyamatok, ezek a rendszerben végbemenő változássorozatok. Elég sokrétűek lehetnek, azonosításuk azonban nem mindig egyszerű, ennek több oka is van.

A szervezetmodellezés egy komplex megközelítést adja az ARIS-ház. Az ARIS a szervezetet leíró, modellező eszközcsalád, amely a belső működés tervezésében, elemzésében, dokumentálásában nyújt segítséget. Az ARIS szemlélete beivódott a szervezetmodellezés és folyamatmenedzsment gyakorlatába. A belső működés leíró elemeit az alábbi csoportokba oszthatjuk:

- szervezeti felépítés;
- adatok, dokumentumok, szabályozási rendszer elemei;
- célok, feladatok, IT-rendszerek;
- termékek és szolgáltatások;
- működési folyamatok.

Az ARIS egy folyamatközpontú vállalatirányítást tesz lehetővé. Egy-egy folyamatot (például számlázás) különböző eseményekre és tevékenységekre bonthatunk, akár csak a projektmenedzsment során. Az egyes folyamatok gyakran kapcsolódnak egymáshoz, és a vállalat, hivatal több részlegét, osztályát, főosztályát is érinthetik. Az ARIS-szemlélet lényege, hogy hatékonyabban tudjuk kezelni a folyamatainkat, ha azokat állítjuk a középpontba ahelyett, hogy a szervezet egyes részlegeinek szűk rálátásából próbálnánk meg javítani rajtuk.



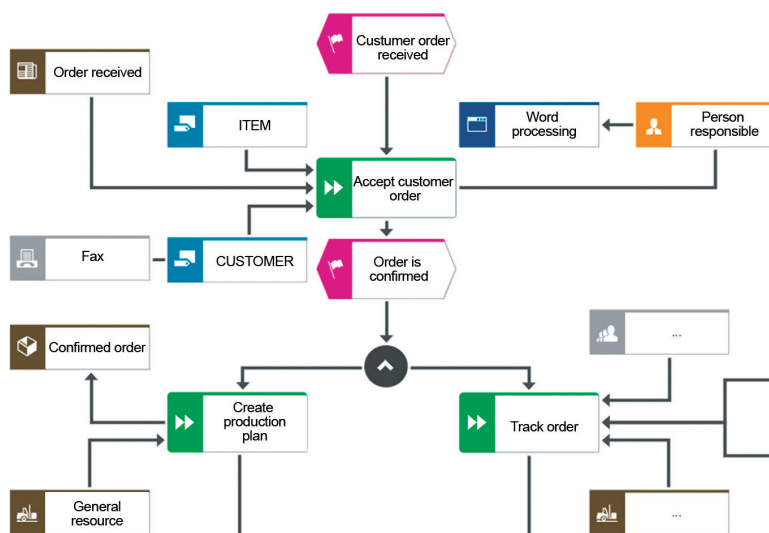
9. ábra

Az úgynevezett ARIS-ház

Megjegyzés: Látható, hogy a középpontban a működési folyamatok vannak.

Forrás: a szerző szerkesztése

A gyakorlatban ez úgy néz ki, hogy veszünk egy folyamatot, és megnézzük, milyen tevékenységekből és eseményekből áll. Az egyes tevékenységekhez hozzárendelhetünk, számítógépes szoftvereket, felelős vezetőket, dolgozókat, vállalati/hivatali részlegeket, adatbázisokat, dokumentumokat stb. Így végigkövetve egy egész folyamatot, jól láthatjuk, hogy mikor, ki, mit, mivel kell hogy megcsináljon. A következő lépés pedig, hogy ahol csak lehet, ott ezeket a lépéseket egységesítsük, előírásokkal csökkentsük a lehetséges hibák számát, illetve rátérhetünk az automatizáció áldott útjára is!



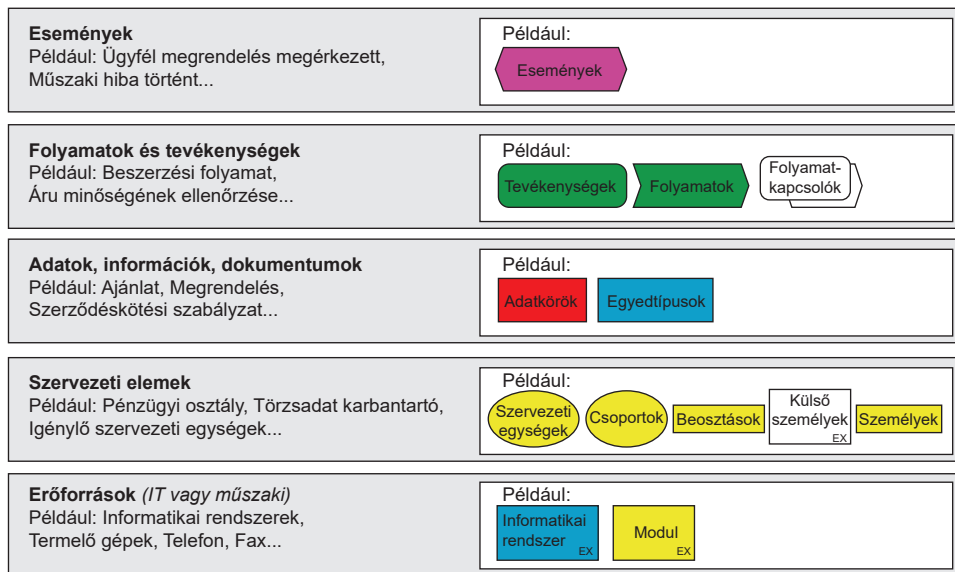
10. ábra

EPC-folyamatmodell az ARIS-ban

Megjegyzés: A zöld nyilakkal jelölt négyzetek folyamatok, a bíbor zászlósok események, minden egyéb pedig hozzájuk kapcsolt dolgok: szoftverek, felelős személyek, egyéb automatizált tevékenységek (például fax), dokumentumok stb. A kis felfelé nyilacska pedig egy logikai kapcsoló, egy vagy-vagy út, jelen esetben a vásárló rendelése megerősítve esemény után látható. Az egyik út arra vezet, hogy le kell gyártani a kívánt terméket, a másik út pedig a termék megkeresése felé (mivel van raktáron, ezért nem kell gyártani).

Forrás: a szerző szerkesztése

A folyamatmenedzsment folyamatmodelljei rendkívül színesek, és változatos jelzésekkel operálnak, ezért általában minden formának jelentősége van, ahogy az ábrán is látható, más-más alakja van egyes elemeknek. A papíron vagy szoftveresen készített folyamatábráknál ezekre különösen érdemes figyelni, ha nem jelzik színekkel és ábrákkal is, hogy miről van szó. A következő ábrán ezekre mutatok példát:



11. ábra

Folyamatok leírásának elemei színekkel, formákkal, elnevezésekkel

Forrás: Szabó Zoltán 2017. tavaszi ARIS-előadása a Budapesti Corvinus Egyetemen

Azonkívül, hogy a szervezet tevékenységeit tekintve átláthatóbban tud működni, ha folyamatmodellekkel felrajzoljuk a tevékenységeket, van egy másik haszna is ezek használatának.

Az olyan komplex rendszerek átalakítása, hatékonyságnövelése, mint egy-egy szervezet, eléggé komplex feladat. A folyamatorientált szemlélet és modellezés segít látni, hogy kik és mik a konkrét érintettek. Ezenkívül nagyon jól lehet ezekkel a modellekkel tervezni, optimalizálni.

A folyamatmenedzsment folyamatoptimalizálás esetén minimum két folyamatábrát készítenek el. Az egyik a már létező, de azért érdemes átnézni és átvizsgálni, hogy a gyakorlatban is úgy néz-e ki, mint ahogy valamikor megrajzolták, ezt a jelenben használatat hívják AS-IS modellnek. Magyarul a jelenleg használatban lévő folyamatmodellnek nevezhetjük. Majd létrehozunk minimum egy TO-BE (leendő) folyamatmodelltervet. Ezeket összevetve be lehet azonosítani a változások helyét, az érintettek körét stb.

5. Összefoglalás

A tananyag jelen fejezetében (komplex rendszerek modellezése és ennek jelentősége) megismerhettük, hogy mi is az a modellezés, milyen célja lehet, milyen típusai, és ezeket mire lehet használni. Hasonlóan jártunk el a komplex rendszerek kifejezéssel is. Megtudtuk, hogy a cégek és közigazgatási szervek egyaránt komplex rendszereket alkotnak.

Megnéztük, hogy milyen színű dobozaink lehetnek a rendszerünk és környezete ismeretének tükrében, illetve hogy milyen műveleteket tudunk elvégezni a komplex rendszerek modelljeivel, és ezek hogyan hathatnak a használhatóságukra.

A tananyag gyakorlatiasabb része pedig a szervezetekben használt néhány modell bemutatásával foglalkozott. Bár a jelen anyagnak nem az a célja, hogy profi projektmenedzsereket és folyamatmenedzsereket képezzen, de betekintést adtunk az ő munkájukba is, hiszen modellekkel dolgoznak. Jól látható, hogy a szervezet mint rendszerelmélet egyik vizsgált tárgya miképpen írható le a gyakorlatban, egyes tevékenységeit hogyan tervezhetjük és követhetjük nyomon, hangsúlyozva, hogy azért a felszínét kapargattuk csak ezeknek a szakmáknak.

A modellezés persze rengeteg más helyen is hasznunkra lehet. A tudomány általánosságban szinte mindenhol, konkrétan az egészségügyben, az oktatásban, a közgazdaságtan stb. terén, de olyan társadalmi problémák és jelenségek megfigyelésénél és vizsgálatánál, mint a népszaporulat, az ételmisszer-ellátottság vagy a környezeti változások modellezése is hasznos. Ezekről jelen anyagban nem írtunk, de ne feledjük el, hogy igen széles körű felhasználása létezik a modelleknek.

Fogalmak

- modell
- modellezés
- statikus modell
- dinamikus modell
- taktikai modell
- stratégiai modell
- szimulációs modell
- leíró modell
- diszkrét modell
- folytonos modell
- determinisztikus modell
- sztochasztikus modell
- komplex rendszerek
- szervezet
- feketedoboz-módszer (black-box)
- fehérdoboz-módszer (white-box)
- szürkedoboz-módszer (grey-box)

- részletgazdagítás
- finomítás
- absztrakció
- döntéstámogatás
- folyamatmenedzsment
- projektmenedzsment
- szervezeti ábra
- döntési tábla
- döntési fa
- célpredikátum
- attribútum
- projekt
- folyamat
- tevékenység
- esemény
- logikai változó
- CPM
- kritikus út
- Gantt-diagram (-ábra)
- ARIS-ház
- folyamatmodell
- AS-IS és TO-BE folyamatmodell

Áttekintő kérdések

1. Gondoljon minél több dologra, amelyeket modellnek nevezhetünk! Mi a közös bennük? Mi jellemző a modellekre?
2. Mire használhatjuk a modellezést? A közigazgatásban vagy a magánszférában hol hasznosítható?
3. Mi a különbség a fekete-, a fehér- és a szürkedoboz-módszerek között? Hozzon rájuk példát is!
4. Részletgazdagítással egy adott modell finomabb lesz? Vagy nem feltétlenül?
5. Milyen modelleket ismer a döntések meghozatalának támogatására? Készítsen el egyet valamely mindennapi döntési szituációjának meghozatalára, például egy nyaralási célpont megválasztására!
6. Mi a különbség a projektek és a folyamatok között? Miben hasonlít a modellezésük, miben térhet el?

Felhasznált irodalom

POKORÁDI, L. (2008): Rendszerek és folyamatok gráfmodellezése. *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 12. évf. 8. Elérhető: <http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2008/cikkek/pokoradi-laszlo.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)

Ajánlott irodalom

- BERÉNYI, L. (2015): *Projektmenedzsment: a projektek szervezetbe illesztése*. Miskolc, Bíbor.
- DARÓCZI, M. (2011): *Projektmenedzsment*. Digitális Tankönyvtár. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Projektmenedzsment/index.html (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- KARAJZ, S. – TÓTH, Z. (2011): *Komplexitáselmélet a közgazdaságtanban*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0049_14_komplexitaselmélet_a_kozgazdasagtanban/3741/index.html (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)
- PETER, N. – RUSSEL, S. (2005): *Mesterséges intelligencia – Modern megközelítésben*. Budapest, Panem.
- SZABÓ, E. (1994): *Rendszer és modell I–II*. Budapest, Tankönyvkiadó.
- SZABÓ, Z. (s. a.): *Business Process Management: 2. Folyamatmodellezési alapok*. Budapesti Corvinus Egyetem.
- SZEPESNÉ STIFTINGER, M. (2010): *Rendszertervezés 5. IR követelménymodell*. Elérhető: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_RSZ5/adatok.html (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- Szerves és szervetlen kémiai molekula- és kristályrácsmodell-készlet (Molekula modellek)* (2018). Elérhető: http://taneszkozok.hu/termek/szerves_es_szervetlen_kemiai_molekula-es_kristalyracs-modell_keszlet.html (A letöltés dátuma: 2018. 02. 10.)
- WINSBERG, E. (2001): Simulations, Models and Theories: Complex Physical Systems and their Representations. *Philosophy of Science*, Vol. 68, No. 3. 442–454. Elérhető: www.jstor.org/stable/3080964 (A letöltés dátuma: 2018. 02. 10.)

Vákát oldal

VII. A hálózatelemzés alapfogalmai – gráfok, centralitás, szomszédosság, hidak és a kis világ

Molnár László

DOI: 10.36250/00734.07

1. A fejezet célkitűzése

A fejezet célkitűzése, hogy megismertesse az Olvasót a hálózatkutatás alapfogalmaival és összefüggéseivel. A rendszerelmélet fontos részét képezi ez a fejezet, hiszen a rendszerek modellezhetők gráfokkal, hálózatokat alkotnak önmagukban is, más rendszerekbe átnyúlva, vagy akár saját magukon belül is találunk hálózatokat.

A fejezet tartalmilag némi egyszerűbb matematikai ismeretet is át kíván adni, mivel a hálózattudomány alapjául szolgáló gráfelmélet bemutatása anélkül nem igazán elképzelhető. Ezeket azonban igyekeztünk példákon keresztül illusztrálni az érthetőséget és a befogadhatóságot célul tűzve zászlónkra. A fejezet a későbbi hálózattudományi és gráfelméletet igénylő tananyagok elsajátításához szükséges elméleti alapot kívánja megadni.

Ezen túlmenően célunk, hogy a 21. század számunkra a hétköznapi életben némileg láthatatlan folyamatait megértessük. Egészen pontosan az okoseszközök által nyújtott rengeteg adatunk felhasználási módját ismerhetjük meg lényegében a fejezet anyagának elsajátítása által, hiszen a modern technológiai vívmányok, kutatások és marketingeszközök is teljesen máshogy néznének ki a hálózatelemzés módszertana és eszköztára nélkül.

Minden lelkesedésemmel csak ajánlani tudom az Olvasónak, hogy ne ragadjon le az alapfogalmak néhol száraz megismerésénél és magolásánál, ez a tudományterület sokkal izgalmasabb ezeknél. A tárgynak és a fejezetnek természetesen az a célja, hogy megismertesse az Olvasót a száraz fogalmakkal is, de sokkal jóízűbben lehet őket fogyasztani, ha a tudományágnak utánanézett a neten. Nagyszerű, színes, érdekes videók, riportok, cikkek születtek már a hálózatiságról, a hálózatok tudományáról, a tananyag elolvasása előtt ajánlok egy kis netes szörfözést! Jó szórakozást előre is!

2. Hálózatkutatás

2.1. Bevezetés

A Magyar Tudományos Akadémia Szociológiai Intézete a következőt írja a hálózatelemzésről: „A digitális technológiák fejlődésével, a mind komplexebb adatstruktúrák kialakulásával, illetve az egyre kifinomultabb elemzői és adat-vizualizációs módszerek megjelenésével ugyanakkor az elmúlt években a társadalmi jelenségek tanulmányozásának újabb és újabb dimenziói váltak lehetővé.” (SÁGVÁRI 2017)

A fenti idézetből két dologra következtethetünk mindenképp. Az egyik, hogy a hálózattudomány manapság is intenzíven fejlődik. A másik, hogy a fejlődése és ebből eredően használhatósága is erőteljesen az informatikai vívmányokra épül. Nevezetesen a Big Data (nagy adat) és a világban exponenciálisan növekvő számítási kapacitás teszi lehetővé, hogy a sejtek, atomok szintjétől a világűr óriási erőinek elemzéséig minden az eddiginél hatékonyabban történhessen. A hálózattudomány pedig megjelenik az egyéni és társadalmi viselkedés vizsgálatában is.

A hálózatelemzést például (csak hogy picit jobban lássuk a jelentőségét):

- az ökológiában a tápláléklánc topológiai jellegzetességei,
- a biokémiában a fehérje-fehérje hálózatok,
- a nyelvészetben a szóasszociációs hálózatok,
- a szociológiában és szociálpszichológiában az emberi kapcsolatok hálózata,
- a tudománymetriában a citációs hálózatok,
- a mérnöki tudományokban az elektromos hálózatok, az úthálózatok,
- a társadalomtudományokban a szabadalmi együttműködési hálózatok struktúrájának vagy a vélemények, beállítódások és a viselkedés társadalmi méretű változásainak elemzésére használják (GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015).

Jelen fejezet, mivel nem kémikusoknak, mérnököknek és informatikusoknak íródott, így igyekszik a különösebben bonyolult matematikai számolásokat kerülni, és helyette általánosságban koncentrálni a hálózattudomány alapfogalmaira, illetve egyik szegmensére, a társadalmi hálózatokra, mert a szerző úgy gondolja, hogy ezek közelebb állnak az Olvasó szívéhez. A hálózatelemzés esszenciájának illusztrálására még egy idézettel készültem, méghozzá a világhírű magyar kutató, Barabási Albert-László tollából: „Lehetséges, hogy a cselekvéseinket irányító szabályok a maguk egyszerűségében felérnek a gravitáció newtoni törvényének prediktív erejével? Ne adj’ Isten, merészkedhetünk-e odáig, hogy megpróbáljuk megjósolni az emberi viselkedést? Korábban az efféle kérdésekre egyetlen válasz létezett: fogalmunk sincs! Ennek következtében ma többet tudunk a Jupiterről, mint a saját szomszédunkról. Valóban, előre tudjuk jelezni egy elektron pályáját, ki-be tudunk kapcsolni géneket, képesek vagyunk robotot küldeni a Marsra, ám tanácstalanul tárjuk szét a kezünket, ha olyan jelenségeket kell előre jeleznünk vagy megmagyaráznunk, amelyekről pedig a legtöbbet illene tudnunk, nevezetesen embertársaink cselekedeteit. Ennek egyszerű oka van. Mindaddig sem adataink, sem eszközeink nem voltak, hogy feltárjuk, valójában hogyan is működünk. A baktériumok nem idegeskednek, ha mikroszkóp alá tesszük őket. A Hold nem perel be, amiért űrhajóval leszállunk a felszínén. Ám egyikünk sem szívesen vetné alá

magát olyan durva beavatkozásoknak, mint amilyenekkel a baktériumokat vagy a bolygókat vizsgáljuk – abból a célból, hogy mindig mindent tudjunk róluk.” (BARABÁSI 2010, 18–19.)

2.2. Hálózatelemzés fogalma

A hálózatelemzés különböző egységek, entitások, egyének között fennálló kapcsolatokat elemez. Elemzi ezeknek a távolságát, a számosságát, csomópontokat keres, illetve igyekszik kiszűrni az esetlegesen zavaró, oda nem illő tényezőket. Az egyének és entitások elég széleskörűen meghatározhatók. Lehetnek személyek, számítógépek, városok, épületek, gépjárművek, sejtek, csillagok, lényegében szinte minden, éppen ezért a hálózatelemzés manapság szinte minden tudományterületen megjelenik, illetve a 21. század technológiai vívmányainak, és legfőképpen az internetnek köszönhetően az életünk legtöbb aspektusában is felhasználják cégek, politikai entitások, a közigazgatás és az egyének is.

A hálózatelemzés módszertana a modellezésre épül, így szinte minden igaz rá, amit a modellezési fejezetben megtárgyaltunk. A legfontosabb, hogy bár a hálózatelemzés a valóságot igyekszik a legpontosabb valójában megragadni, hisz így lehet a leginkább releváns elemzéseket végezni, ennek ellenére esetenként szükséges egyszerűsíteni azt.

A gráf, a hálózat, a modell és a rendszer fogalmakat szinte szinonimaként is használjuk. A valóságban a gráf és a hálózat ténylegesen szinte szinonimaként működnek. A hálózat egy valós rendszer leegyszerűsített modellje. Jellegzetessége, hogy az eredeti rendszer részei csúcsokként, egymáshoz való viszonyuk pedig élekként szerepelnek. A csúcsok és élek pedig gráfokat alkotnak a matematikában. A hálózat sokkal összetettebb, mint egy gráf, csúcsai és élei egyéb tulajdonságokkal is felruházhatók, ráadásul a hálózat általában valóságos rendszereket jelöl.

A hálózatelemzéshez szükséges néhány alapfogalom:

- **Sűrűség:** Egy háló sűrűsége a lehetséges és a létező kapcsolatok arányát jelenti. Egy n elemű hálóban a lehetséges kapcsolatok száma $n \times (n - 1)$. Ha minden lehetséges kapcsolat valóban létezik, azaz mindenki kapcsolatban áll mindenkivel, akkor a sűrűség értéke 1. A „0” sűrűségérték azt jelenti, hogy senki sem áll kapcsolatban senkivel. A sűrűség értéke mindig 0 és 1 közötti szám, amelynek magasabb értékei nagyobb hálózati sűrűséget jeleznek.
- **Központiság:** A központiság legkézenfekvőbb mérőszáma az egyes pontok kapcsolatainak (fokainak) számát viszonyítja az összes kapcsolathoz. Ezt fokszám-központiságnak (degree centrality) vagy közelségnek nevezzük. A hálóban kifejezi egy egyednek a többi egyedtől való távolságát.
- **A közöttség (betweenness):** központiság egészen eltérő megfontoláson alapul: feltételezi, hogy egy szereplő azért sikeres egy hálóban, mert közvetítő szerepben van két csoport között.
- **Sajátvektor (eigenvector):** más néven Bonachich centralitás vagy Bonachich hatalmi mutató. Az eljárás a közelséghez hasonló megfontoláson alapszik, de inkább az egész hálóra van tekintettel, és kevésbé a helyi környezetre. Ezek az előnyök persze csak nagy hálók esetében érvényesülnek, kis hálónál a sajátvektor és a közelség-központiság értékek között minimális a különbség.

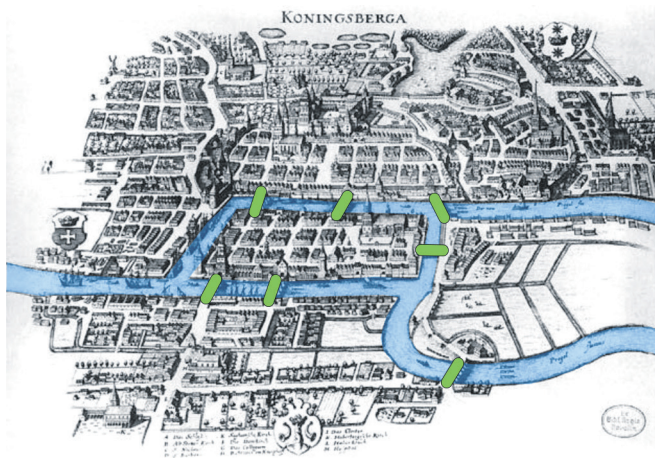
- Strukturális ekvivalencia: A strukturális ekvivalencia-számítás a közel azonos kapcsolati helyzetben lévő szereplők azonosítására, és ezáltal a hálózat komplexitásának redukálására használható. Két szereplő strukturálisan ekvivalens, ha azonos kötései vannak a többi hálózati szereplővel.

3. Gráfok és hálózat

Bár a hálózatkutatás számára katalizátorként hat a modern technológia nyújtotta adatbőség és adatbányászati módszerek, nagyjából 300 évvel ezelőttre datálhatjuk a megjelenését. A hálózatok megértéséhez, összefüggéseinek vizsgálatához szükségünk van a matematikában megjelenő gráfelméletre, aminek történelme és kialakulása egyben a hálózatelemzés történelme és kialakulása is.

3.1. Königsberg/Kalinyingrád

A matematikában és a tudománytörténetben egyaránt a königsbergi hidak problémájával kezdődik a gráfelmélet bevezetése. Königsberg egykoron Poroszország egyik történelmi városa, ma Kalinyingrád néven Oroszországnak az anyaországtól távol eső exklávéja. A városban élt és dolgozott egy különleges karakterű ember, Leinhard Euler, akinek a nevéhez kötődik a hidak problémájának megoldása, amelyet 1736-ban bizonyított.



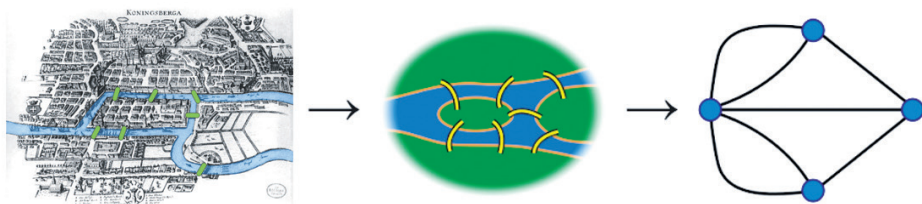
1. ábra

Königsberg térképe Euler idejében, kiemelve a Prégel folyó és a hidak elhelyezkedése

Forrás: Königsbergi hidak problémája, 2016

A városban hét híd ívelt át a várost átszelő Prégel folyón úgy, hogy ezek a folyó két szigetét is érintették. Állítólag a königsbergi elit tagjai rendszeresen sétálgattak vasárnaponként a hidakon egy olyan útvonalat keresve, hogy mindegyiken csak egyszer haladjanak át, és egyúttal visszaérjenek a kiindulópontba. Azzal a kérdéssel fordultak Eulerhez, vajon ez lehetséges-e.

Euler a problémát a gráfelmélet nyelvén fogalmazta meg. Modellezte a valóságot, és meghatározta a csomópontokat (a folyó partjai és a szigetek), amelyekbe befutnak az élek (a hidak), létrehozva egy gráfot. Euler észrevette, hogy a problémát az így létrehozott gráf csomópontjainak a fokszámára lehet visszavezetni. A csomópont fokszáma alatt az adott csomópontához csatlakozó élek számát értjük.



2. ábra

A valós helyzet, annak modellezése és gráfja

Forrás: Königsbergi hidak problémája, 2016

A konkrét esetben a hidak elhelyezkedése alapján megalkotott gráfban három pontnak 3 a fokszáma, egynek pedig 5. Euler azt bizonyította be, hogy akkor és csak akkor létezik egy adott gráfban a hidakon pontosan egyszer végighaladó séta, ha minden csomópont fokszáma páros.

A fenti feltételnek eleget tevő összefüggő gráfokat ma már zárt Euler-gráfnak nevezük, az élek sorozatát, amelyeken a bejárás megvalósul, pedig Euler-vonalnak, illetve egy zárt Euler-vonalnak. A fenti feltételnek megfelelő bejárást zárt Euler-sétának hívjuk. Mivel a königsbergi hidak grájában több páratlan fokszámú csúcspont is található, ezért Euler eredményéből következik, hogy nem lehet bejárni a königsbergi hidakat a fent megkövetelt módon. Az alapfelismerés, hogy a probléma megoldásának a kulcsa a hidak, illetve pontosabban az egy partszakaszhoz kapcsolódó hidak számában, nem pedig ezek konkrét elhelyezkedésében keresendő, a topológiai szemlélet legkorábbi megjelenésének is tekinthető (GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015).

A bizonyításból két fontos állítást kell belátnunk, az első, hogy bizonyos problémák megoldása sokkal egyszerűbb, ha gráfként ábrázoljuk őket. A második, hogy be kell látnunk, hogy akármennyire találékonyak vagyunk, nem találunk megfelelő utat a königsbergi hidak problémájára, mert az, hogy van-e ilyen út, az a gráf tulajdonsága, ami jelen esetben nemleges választ ad. A hálózatok működését az ilyen tulajdonságok korlátozhatják, vagy épp segíthetik.

Érdekesség, hogy napjainkban – igaz, csak speciális módon – bejárhatjuk a fenti feltételek mentén a hidakat, már amelyik megmaradt belőlük.

3.2. Kapcsolat a hálózatokkal – élek, csúcsok, foksám

Korábban megbeszéltük, hogy a gráfok és a hálózatok szinte szinonimák. A hálózattudomány és a gráfelmélet egyes fogalmai megfeleltethetők egymásnak (hálózat = gráf, csomópont = csúcs, kapcsolat = él). Hogy bonyolítsuk, a gráfelmélet fogalmait használja a hálózat kutatás is, amikor a hálózatokat matematikailag ábrázolja.

A hálózattelmélet fontos fogalma a csomópontok száma (jelölése: N) és az élek száma (jelölése: L). Az előbbi hidas problémában $N = 4$ és $L = 7$. Teljes gráfnak nevezzük azt a gráfot, ahol minden pont kapcsolódik az összes többi ponthoz. Egyszerű példa erre egy iskolai osztály, ahol mindenki mindenkinek az osztálytársa.

A hálózat élei lehetnek:

- irányítottak és
- irányítatlanok.

Irányított élekről beszélünk, ha van valamiféle egy irányba mutató logika a kapcsolatban. Például egy telefonhívás esetén a két csomópont (személy) közötti él irányított, mivel az egyik személy a hívó a másik a hívott.

Irányítatlan élekről beszélünk, ha nincs egy irányba mutató logika a kapcsolatban, a két csomópont oda-vissza irányban kapcsolódik egymáshoz. Például ilyen egy osztálytársi kapcsolat. Jani és Ildi osztálytársak. Ez mindkét irányból nézve igaz, hisz ha Janinak osztálytársa Ildi, akkor Ildinek is osztálytársa Jani. Ennyire egyszerű.

A hálózat irányított (digráf), ha minden éle irányított, következésképp irányítatlan, ha minden éle irányítatlan. Természetesen vannak olyan hálózatok, amelyek irányítottság szempontjából vegyesek.

Fontos fogalom továbbá a foksám (jele: k). A foksám a csomópontok kapcsolatainak (éleinek) számát jelöli. A Königsbergi példa alapján az egyes pontjaink foksámjai: $k_1 = 5$, $k_2 = 3$, $k_3 = 3$ és $k_4 = 3$ (a sorrend igazából itt mindegy, a k_3 is lehetne akár az 5).

A hálózattudományban fontos jellemző egy-egy hálózat foksáma, illetve átlagos foksáma (jele: $\langle k \rangle$). Irányítatlan hálózatban a foksámot a pontok foksáma összegének kettővel való osztása adja meg, mivel minden él kétszer jelenik meg bennük. Matematikai jelölés:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N k_i$$

Az irányítatlan hálózatban az átlagos foksám az él számának kétszerese (mivel minden pontba befut egy-egy él, tehát egy él megjelenik A pont éleként is, illetve B pont éleként is, ha kettejüköt összeköti) osztva a csomópontok számával, tehát:

$$\langle k \rangle = \frac{2L}{N}$$

Bonyolultabb egy fokkal a helyzetünk, ha irányított hálózat foksámát szeretnénk megkapni, mivel itt figyelniük kell, hogy az adott él bejövő vagy kiejövő. A bejövő foksám jele k_i^{be} , ez az i -edik pontba mutató kapcsolatok számát adja meg, míg a kiejövő foksám, k_i^{ki} , az i -edik csomópontból más pontokba mutató kapcsolatok száma.

$$k_i = k_i^{be} + k_i^{ki}$$

Viszont némileg egyszerűbb a dolgunk, amikor az irányított hálózat átlagos foksámára vagyunk kíváncsiak. Itt ugyanis az élek számát (L) egyszerűen elosztjuk a csomópontok számával (N).

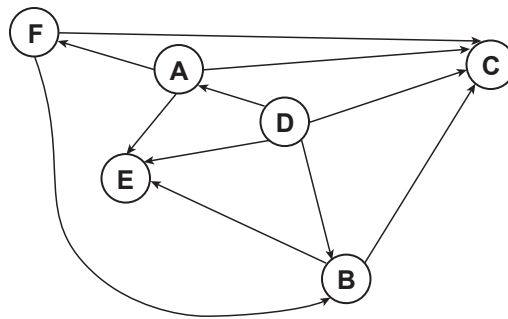
A másik fontos tulajdonsága egy hálózatnak a foksámeloszlás (jele: p_k), ami annak a valószínűségét adja meg, hogy a hálózatban egy véletlenszerűen kiválasztott pontnak éppen k legyen a foksáma. Mivel a p_k -k valószínűségek, így összegüknek 1-nek kell lennie!

A foksámeloszlás fontos szerepet játszik a hálózatok elméletében a skálafüggetlen hálózatok felfedezése óta. A legtöbb hálózati tulajdonság kiszámolásához ugyanis szükségünk van erre az értékre. A foksámeloszlás alakja erősen hat jó néhány hálózati jelenségre is (például hálózat robusztussága vagy vírusok terjedése) (BARABÁSI 2016).

Fontos látnunk, hogy a gráfok önmagukban nem feltétlen hasznosak hálózatelemleti szempontból. A hálózatelemzés akkor sikeres, ha a csomópontokat és a kapcsolatokat körültekintően határozzuk meg, és van megválaszolandó kérdésünk. Lehet egy tökéletesen felépített gráfom, például minden A betűvel kezdődő települést összekötök egymással, és minden B kezdőbetűjűt is összekötök egymással stb., akkor is kapok egy jól meghatározott hálózatot, de sok értelme nem lenne elemezni, mert a kezdőbetűk alapján nem lesz semmilyen érdemi kapcsolat közöttük, mégis nagyszerű gráfok.

3.3. Szomszédosság és szomszédossági mátrix

A szomszédosság az egyik legfontosabb tulajdonság a hálózatelemzés során, hisz ha nincs szomszédosság, akkor nincsenek lényegében elemezhető adataink sem. A szomszédosság fogalmának megértéséhez használjunk egy egyszerű szociogramot. A szociogram a személyes kapcsolatok hálózatának grafikus ábrázolása. A 3. ábrán egy egyszerű szociogramot láthatunk.



3. ábra
Egyszerű szociogram

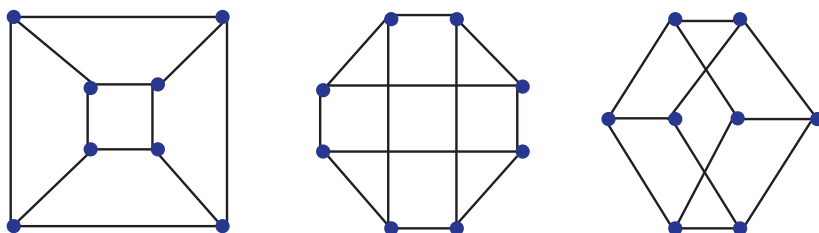
Forrás: GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015

A hálózat csúcspontjait jelen esetben egyének alkotják, neveik helyett betűket használtunk. Az egyes személyek közötti relációkat nyilván a vonalak ábrázolják. Két pontot akkor tekintünk szomszédosnak, ha azok között legalább egy reláció van közvetlenül. A szomszédosság nem függ az ábrán való távolságtól, így gráfelméleti szempontból, ha Budapest és New York között van egy kapcsolat, akkor szomszédosnak mondhatjuk őket.

Sokszor nemcsak a kapcsolatok léte adhat nekünk információkat, hanem azoknak a hiányára is érdemes koncentrálnunk. A szomszédosság vizsgálatának másik fontos eleme, hogy a közvetlen hatásokat mutatja be (vagyis a gráfon belüli út hossza ekkor 1), de ettől függetlenül közvetetten hathat egymásra két nem szomszédos pont (ekkor a gráfon belül a két pont közötti út hossza 1-nél nagyobb).

A gráfelmélet rendkívül jó eszköz számunkra a szociológia területén népszerűvé vált hálózati kapcsolatok és struktúrák elemzésében, az úgynevezett kapcsolatháló-elemzésben (SNA – social network analysis). A gráfok jól modellezik a valós kapcsolatokat, viszont az ábrázoláskor érdemes figyelni arra, hogy a hossz mellett a pontok elhelyezkedése sem hordoz különösebb információt.

Ha két gráf látszólag különböző, akkor is megtörténhet, hogy ugyanazt fejezik ki. Ekkor azt mondjuk, hogy a két gráf izomorf. Két gráfot akkor nevezünk izomorfoknak, ha pontjaik és éleik kölcsönösen egyértelműen és illeszkedéstartóan megfeleltethetők egymásnak. Két izomorf gráf teljesen eltérően ábrázolható, de a pontok elhelyezkedése nem módosítja a jelentést, maximum megkönnyíti vagy megnehezíti annak értelmezését.



4. ábra

Izomorf gráfok

Megjegyzés: Máshogy ábrázoltam őket, de éleik, csomópontjaik száma, illetve fokszámuk is megegyezik, ha számozással jelölném az egyes pontokat, akkor pedig a szomszédosság egyezősége is látszana

Forrás: GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015

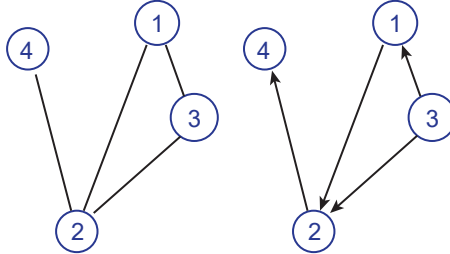
A szomszédosságot érdemes valamilyen módon ábrázolnunk, hisz a hálózatelemzésnél fontos ismernünk ezeket, és nem feltétlen jó, ha mindig, minden ábrán egyesével keresgetjük őket. Ennek egyik alapvető eszköze a szomszédossági mátrix, amelyet manuálisan is könnyű elkészíteni, de számítógépek algoritmusok segítségével kitűnően tudják alkalmazni több millió szomszédosság elemzésénél is.

A szomszédossági mátrix, ahogy a neve is mutatja, egy mátrix. A mátrixok pedig sorokból és oszlopokból állnak. A szomszédossági mátrixok négyzetes mátrixok, tehát $N \times N$ -es mátrixok, ami azt jelenti, hogy ugyanannyi soruk és oszlopuk van. Nem véletlen, hisz a szomszédosság kétirányú.

A mátrix elemei a következők:

$A_{ij} = 1$, ha él mutat a j -edik pontból az i -edik pontba.

$A_{ij} = 0$, ha nem mutat él a j -edik pontból az i -edik pontba.



5. ábra

Két gráf, a bal oldali irányítatlan, a jobb oldali irányított

Forrás: a szerző szerkesztése

Nézzünk egy példát az 5. ábra gráfjai alapján. Sejtjük, hogy az irányítottság bonyolítja az életünket.

Kezdjük a bal oldali, irányítatlan gráffal.

$A_{12} = 1$, mert él mutat a 2-es pontból az 1-esbe.

$A_{14} = 0$, mert nem mutat él a 4-es pontból az 1-esbe.

Ugyanígy felírható a többi pont is vizsgálat után.

Nézzük most meg az irányított gráfot, tehát a jobb oldalit, ahol nyilak jelzik a kapcsolat irányát.

$B_{12} = 0$, mert az 1-es pontból megy él a 2-esbe, de a 2-esből nem megy az 1-esbe!

$B_{14} = 0$, az irányítottság nem változtatott azon, hogy a 4-es és az 1-es között nincs szomszédosság.

$B_{21} = 1$, mivel él mutat az 1-es pontból a 2-esbe.

A kapott eredmények alapján fel lehet írni a következő mátrixokat behelyettesítve a 0-ás és 1-es értékeket a következő általános alakú mátrixba, ami jelen esetben 4×4 -es:

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} \end{pmatrix}$$

Így a következő mátrixokat kapom:

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & \mathbf{1} & 1 & 0 \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{1} \\ 1 & \mathbf{1} & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{1} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Illetve:

$$B_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \mathbf{1} & 0 \\ 1 & 0 & \mathbf{1} & 0 \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 0 & 1 & \mathbf{0} & 0 \end{pmatrix}$$

A két kapott mátrixban félkövérrel, illetve piros betűszínnel jelöltem egy fontos dolgot, ez nem más, mint a szomszédossági mátrix egyik hasznossága. Egy-egy pont fokszámát ki tudom nyerni belőle, ha a megfelelő oszlopot vagy sort nézem. Az A mátrix esetén, amely az irányítatlan hálózatomat mutatja, a 2-es pont fokszámát kapom meg, ami $k = 3$. Onnan tudom ezt, hogy a mátrix 2. sorában (de nézhetem a 2. oszlopot is) lévő számjegyek összege: $1 + 1 + 1 = 3$.

Természetesen itt is más a helyzet, ha irányított gráfról beszélünk, tehát ha a B szomszédossági mátrixot nézzük. Ennek a mátrixnak most a 3-as pontja fokszámát szeretném megtudni. Mivel irányított, ezért tudjuk, hogy kétféle fokszáma van, egy bejövő fokszáma és egy kijövő. A bejövőt úgy kapom meg, hogy nézem a megfelelő sort: $0 + 0 + 0 + 0 = 0$. A kijövő fokszámot pedig úgy, hogy nézem a megfelelő oszlopot, tehát: $1 + 1 = 2$. Ha ránézünk az ábrára, láthatjuk is, hogy a 3-as pontból két él vezet ki másik pontokra, míg 0 él vezet be hozzá.

A gráfelmélet ezen eszköze hasznos matematikai modellek készítésénél és kisebb hálózatok elemzéséhez (informatikával támogatva nagyobbakhoz is), ugyanakkor van vele egy nagy probléma, méghozzá az, hogy a valóságos hálózatok általában ritka hálózatok. A ritka hálózatok attól ritkák, hogy a lehetséges élek maximális száma és a valós élszám között gyakran hatalmas a különbség. ($L \ll L_{max}$)

Ez azt jelenti, hogy a szomszédossági mátrixban az információval igazán bíró 1-esek elég ritkák a 0-ákhoz képest. Egy óriási szomszédossági mátrixot, mint például a World Wide Web, amely egybilliónál is több webdokumentumot tartalmaz ($N > 10^{12}$), nem igazán éri meg felrajzolni (még géppel sem), mert rengeteg felesleges tárhelyet pazarolnánk, illetve számítási kapacitást is lekötne. Ezért a hálózatkutatásban a szomszédossági mátrix ritka, a valós hálózatoknak elegendő ugyanis csak a kapcsolatait tárolni (a 0-tól különböző A_{ij} elemeket).

Érdemes még megemlíteni azt is, hogy a gráfokban kialakulhatnak hurkok. Hurok akkor keletkezik, ha egy hálózatbeli elem kölcsönhatásba kerül önmagával, tehát van olyan él, amely saját magát köti össze saját magával. A szomszédossági mátrixunkban ilyen esetben előfordulhat, hogy a mátrix főátlójában (a bal felső elemtől a jobb alsó elemig tartó) az adott pont önmaga metszeténél nem 0-át kapunk, hanem 1-et, vagy más számot, a hurokélek számától függően. A figyelmes olvasó felkaphatja a fejét, hogy más számot is kaphatunk? Hát persze, nem feltétlen kell az informatika kettes számrendszerében maradnunk a szomszédossági mátrixban sem...

3.4. Súlyozott hálózatok

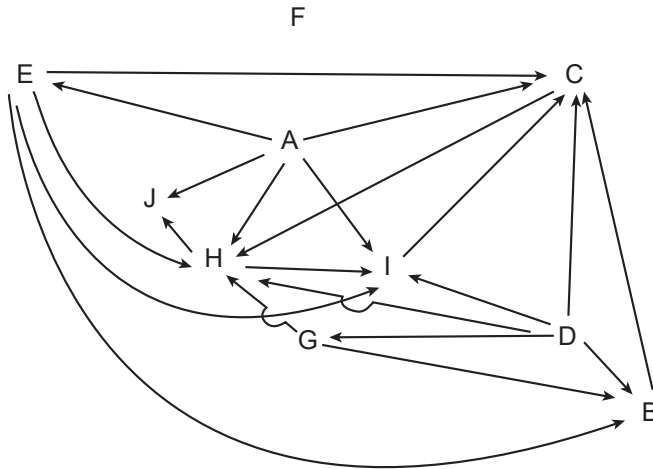
Az utóbbi példa olyan hálózatot mutatott be, amelyben a kapcsolatok mind azonos súlyúak voltak, vagyis $A_{ij} = 1$ volt. A valóságban és a hálózatelemzés alkalmazási területén azonban

súlyozott hálózatokat kell vizsgálni. A súlyozott hálózatokban minden (i, j) kapcsolatnak van w_{ij} súlya. Telekommunikációs hálózaton kapcsolat lehet egy beszélgetés, míg súlya lehet a beszélgetés hossza. Érthető azt hiszem, hogy 2 beszélgetés között adatelemzés szempontjából érdemes különbséget tennünk, ha az egyik 1 perces, a másik 1 órás. A szomszédossági mátrix elemei megadják a súlyozottságot. $A_{ij} = w_{ij}$.

Sokszor a súlyozottság értékét nehéz kiszámítani, és gyakran nem is pontos értéket kapunk, sok torzító tényező léphet fel, például egy telefonbeszélgetés hossza lehet egyedi eset, okozhatja akár rossz térerőből vagy háttérzajból fakadó értetlenség stb. Éppen ezért csak közelítőleg vizsgáljuk a súlyozottságot, és inkább igyekszünk súlyozatlan hálózatokat elemezni, de azért mindig figyelembe kell venni, hogyan módosíthatják a súlyok a hálózat tulajdonságait.

3.5. A hálózatok morfológiai jellemzői

Az eddigi fogalmaink bővítése érdekében vegyünk egy újabb hálózatot, egy bonyolultabb, irányított gráfot sok-sok nyíllal, ráadásul egy F ponttal, amely kapcsolat nélkül lebeg a semmibe, ezzel egy nem összefüggő gráfot teremtve nekünk. Ez a gráf különböző cégek közötti pénzügyi tranzakciók irányát mutatja.



6. ábra

Vállalatok közötti pénzügyi tranzakciók szociográfiája

Forrás: SZÁNTÓ 2005

Egy tetszőleges irányított gráfban a hálózati pontok $N(N-1)/2$ számú páirjai között a gráfok három különböző típusa fordulhat elő:

1. kölcsönös;
2. aszimmetrikus
3. és hiányzó.

Kölcsönös (szimmetrikus) kapcsolatok esetén a nyilak két irányba (mindkét szereplő felé) mutatnak. Az ábrán például a H és az I között. Egyirányú (aszimmetrikus) kapcsolatok esetén megkülönböztethetjük a küldő és a fogadó alanyt. A nyilak ilyenkor a küldő alany felől a fogadó felé mutatnak (például a D küldőtől a G fogadó felé). Összességében ábránkon egy kölcsönös, húsz aszimmetrikus és huszonnégy hiányzó kapcsolat van feltüntetve.¹

A két szereplő alkotta párok (diádok) esetén az összefüggőség (onnectedness) fogalma mutatja meg, hogy milyen különböző lehetőségek vannak két tetszőleges pont között a közvetlen kapcsolódásra:

- 0. fokon összefüggő pontok, amelyek között nem létezik semmiféle kapcsolat;
- 1. fokon összefüggő pontok, amelyeket irányítás nélküli gráf köt össze egymással;
- 2. fokon összefüggő pontok, amelyeket az egyik irányban irányított gráf köt össze egymással;
- 3. fokon összefüggő pontok, amelyeket mindkét irányban irányított gráf kapcsol egymáshoz.²

Ábránkon a B és I 1. fokon összefüggő pontok C-n vagy D-n keresztül (az őket összekötő út hossza: 2); továbbá, 2. fokon összefüggő pontok C-n és H-n keresztül (az őket összekötő út hossza: 3). A H és I viszont (szomszédos) 3. fokon összefüggő pontok.

A fentiek alapján a teljes gráf szintjén az összefüggőség fogalmának jelentése az alábbi módon körvonalazható. A gráf:

- erősen összefüggő, ha a pontjai alkotta valamennyi diád 3. fokon összefüggő;
- egyoldalúan összefüggő, ha a pontjai alkotta valamennyi diád 2. fokon összefüggő;
- gyengén összefüggő, ha a pontjai alkotta valamennyi diád 1. fokon összefüggő; s végül
- nem összefüggő (disconnected), ha van legalább egy olyan pontja, amelyet nem fűz semmiféle kapcsolat a gráf többi pontjához.

A 6. ábra a már említett F pont miatt nem összefüggő. Tekintsünk el ettől a ponttól, ekkor egy gyengén összefüggő gráfot kapunk.

Ha egy összefüggő gráfban található olyan pont, amelynek elmozdítása olyan gráfot eredményez, amely már nem tekinthető összefüggőnek, akkor nagy valószínűséggel mondhatjuk, hogy a szóban forgó ponttal jelölt szereplő közvetítő szerepet tölt be a hálózat két részhalmaza között. Az ilyen pontot nevezzük *töréspontnak* (cut point). (Egy pont eltávolítása magának a pontnak és kapcsolatnak az egyidejű „törlését” jelenti.) *Hidnak* viszont azt a kapcsolatot (relációt) nevezzük, amelynek az elmozdítása megszünteti egy gráf összefüggő jellegét.

3.6. A hálózatok további jellemzői

A hálózatok további fontos jellemzője az egymásbaágyazottság. Ez azt jelenti, hogy a hálózatok egymásba épült rendszerek, és a vizsgálat, nézőpont szintjétől függ, hogy ebből éppen

¹ TAKÁCS 2011.

² SZÁNTÓ 2005.

mit látunk. Az egymásbaágyazottság nagyon gyakran a kölcsönös előnyök révén jön létre, vagyis a szimbiózis vezérli. A hálózatok ilyen integrációjához az szükséges, hogy az alhálózatok hosszabb időn keresztül stabilak legyenek. Sokszor előfordul, hogy a szimbiózisban élő alhálózatok megtartják eredeti önállóságuk egy részét, és az általuk alkotott főhálózat moduljaiként élnek tovább. Modulok több hálózatban megfigyelhetők. A modulok között a kapcsolatok viszonylag ritkábbak, és az egyes modulok csomópontjai igen gyakran csak egy vagy több elemen át tudnak érintkezni egymással (GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015).

A következő ismerv a gyengekapcsoltság. A gyenge kapcsolatok olyan kölcsönhatások, amelyeknek kicsi az affinitása, kicsi a valószínűsége, és rövid ideig tartanak. Ugyanakkor ezek azok a kapcsolatok, amelyek a kisvilágosság kialakulásához szükségesek. A hálózatokban az elemek nem egyformák, és a közöttük fennálló kapcsolatok is lehetnek erősek és gyengék egyaránt. A valós hálózatokban nemcsak a kapcsolódási fokok, a térbeli megoszlás, az időbeli viselkedés, hanem a kapcsolatok erőssége is skálafüggetlen eloszlást mutat. Ez azt jelenti, hogy valós hálózatokban az erős kapcsolatok mellett mindig ott vannak a gyengék is, ráadásul a legtöbb hálózatban sokkal több gyenge kapcsolatot találunk, mint erőt. A gyenge kapcsolatok az egymásbaágyazottságot is „áthatják” (GALAMBOSNÉ TISZBERGER 2015).

4. Hálózatelemzés a gyakorlatban

4.1. Mekkora a világunk? Kicsi.

Az emberek közti interakciók a valós és online térben egyaránt vizsgálhatók tudományosan. Magyarország és a világ egyik legelismertebb hálózatkutatója, Barabási Albert-László munkássága pedig segít nekünk abban, hogy még inkább megérthessük az összefüggéseket például az online kommunikáció terén.

A hálózatok egyik eleme a kapcsolatok száma. 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. A látszólag véletlen hálózatoknak hitt emberi hálózatokat Barabási elemzi, és arra jut, hogy a valós világunkban meglévő hálózatok – akár a sejtjeinké, akár az emberi kapcsolatainké – azonban nem véletlen hálózatok, viszont a véletlenhálózat-modell jó néhány számszerű előrejelzéssel szolgálhat, ha valós hálózatokat elemzünk (BARABÁSI 2016), így a segítségével például végig lehetne követni a hírek terjedését is.

Karinthy Frigyes 1929-ben írt először egy novellájában a „*hat lépés távolságról*” (*Facebook users average 3.74 degrees of separation*, 2011). Stanley Milgram harvardi szociológus 1967-ben állította: a társadalomban két személy tipikusan öt-hat kézfogásra van egymástól, és ezt nevezzük manapság a tudományosan is elismert hatlépésnyi távolságnak. Vagyis, bolygónk hatmilliárd lakosa ellenére, „kis világban” élünk. Az internet is egy kisvilágot jelöl Barabási kutatásai alapján, két weblap közti klikkelések tipikus száma 19, a több mint milliárd lap ellenére. Ezt hívja ő 19 lépésnyi távolságnak (BARABÁSI 2006).

Ebből világosan látszik, hogy az emberek alkotta véletlen hálózatokban és az interneten fellelhető lapok alkotta hálózatokban egyaránt röviden bejárható utakat kell megtennie egy-egy üzenetnek, ha el akar jutni egy másik emberhez vagy oldalhoz. Olyannyira, hogy az olyan elkülönült részegységeken az internetnek és a társadalomnak, mint a Facebook

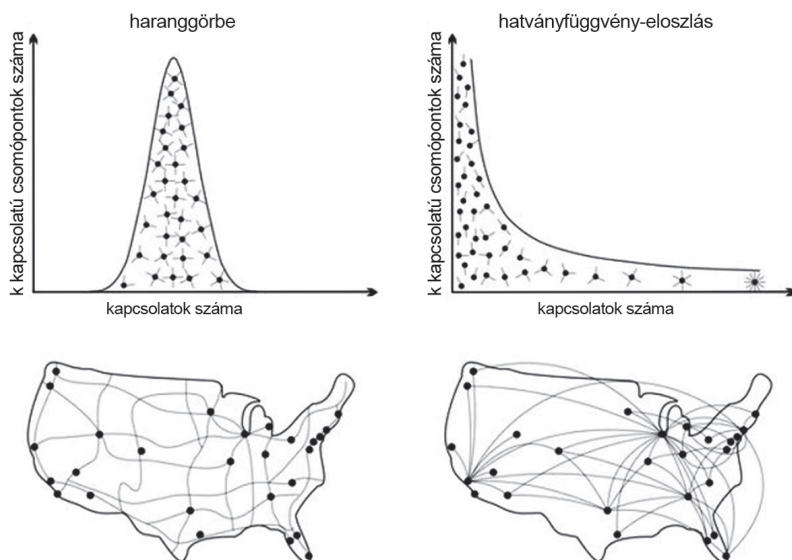
közösségi oldal, ez a szám 2011-ben csupán 3,74 lépésre szűkül (4 lépés távolság) (*Facebook users average 3.74 degrees of separation*, 2011).

Az internet úgynevezett *skálafüggetlen* hálózat, amely központi csomópontokból (központok), azokhoz kapcsolódó csomópontokból és kapcsolatokból áll. A 7. ábra jól szemlélteti a véletlen hálózatok és a skálafüggetlen hálózatok közti különbséget.

A bal oldali térképen az USA főbb autópályáinak hálózatát láthatjuk, amely egy véletlenszerű hálózat csomópontokkal, amelyek a városok, és kapcsolatokkal, amelyek az autópályák. Nincsenek több száz autópályás városok, ahogy olyanok se, amelyek ne kapcsolódnának az úthálózathoz.

A jobb oldali térképen a légi közlekedés hálózatát láthatjuk, ami már egy skálafüggetlen hálózat. Itt a repülőterek a csomópontok, és a kapcsolatok a közvetlen járatok. A legtöbb repülőtér kicsi, néhány járat használja, de vannak olyan nagy és fontos középpontok (például Chicago), amelyek több kisebb csomópontot kötnek össze egymással.

A különbség abban áll, hogy a véletlen hálózatoknál ahhoz, hogy egyik városból a másikba, több más pontot is érintenünk kell, míg a skálafüggetlennél gyakran elegendő egy középpontot érintenünk ahhoz, hogy bárhova eljussunk. Lényegében lerövidítve még inkább az utat (BARABÁSI 2016).



7. ábra

Véletlenszerű hálózat (bal oldali ábrák) kontra skálafüggetlen hálózat (jobb oldali ábrák)

Forrás: VÁSÁRHELYI 2011

Számunkra ez azért is lehet fontos, mert az interneten vannak olyan középpontok a közösségi oldalakon például, úgynevezett véleményvezérek, akik sokkal jobban le tudják rövidíteni a távolságainkat, amelyek amúgy sem túl hosszúak. Létrejönnek az úgynevezett ultrakis világok (BARABÁSI 2016).

Az ilyen véleményvezér személyek, oldalak pedig kiemelt helyet tölthetnek be a közígazgatás egyes hivatalainak megítélésében, vagy valamilyen hír, közlendő terjedésében, hisz ha ők osztanak meg ilyen tartalmakat, sokkal gyorsabban és sokkal több emberhez eljutnak. Fontos lehet még ez az álhírek, politikai propaganda vagy reklámok, kiemelten a vírusvideók terjedése esetén is. Ennek a jelenségnek a gazdasági és társadalmi aspektusait sem szabad alábecsülnünk.

4.2. A világ skálafüggetlen vagy véletlen hálózatokból áll?

Barabási Albert-László egyik felfedezése, hogy a természetben előforduló hálózatok jelentős része nem véletlenszerű hálózat, hanem skálafüggetlen. A világhálót kutatva véletlenszerű eloszlást vártak a kutatók, de megdöbbentő módon ez nem igazolódott, kiderült, hogy más matematikai modell írja le a világhálót, akár a weboldalak, akár a számítógépek kapcsolatait vizsgálták.

Korábban a hálózatelemzés azon alapult, hogy a hálózatok véletlenszerűen jönnek létre. Ez azonban a komplex hálózatokra nem igaz: sem a szociális háló, sem például az élő anyag biokémiai rendszere nem véletlenszerű. Sőt Barabási és kutatócsapata megállapította azt is, hogy a természetben nem léteznek véletlenszerű hálózatok.

A kapcsolatokat egy jól meghatározott matematikai törvény, a skálafüggetlen eloszlás magyarázza. A legfőbb különbség a véletlenszerű és a skálafüggetlen hálózatok között a rengeteg kapcsolattal rendelkező, úgynevezett erősen kapcsolt csomópontok jelenléte az utóbbiakban.

A hálózatelemzés gyakorlati jelentősége leginkább abban rejlik, hogy rengeteg dolog megjósolható általa, rengeteg jelenség pedig utólagosan rendszerbe helyezhető. Barabási egyik kísérlete alapján egy embert bizonyos ideig megfigyelve és adatokat gyűjtve a viselkedéséről megjósolható, korcsoporttól függetlenül, hogy pár hét múlva pénteken este 8 órakor hol lesz épp. Lassan beköszönt a gondolatbűnözés orwelli rémképe? Nem valószínű azért, de mindenképpen fontos fél szemmel a hálózatelemzés fejlődésére figyelni.

5. Összefoglalás

A gráfelmélet egy viszonylag fiatal területe a matematikának. A hálózattudomány teljes potenciáljában pedig egy nagyon friss és jelenleg dinamikusan fejlődő ága. A teljes megértéséhez és használatához szükség van adatbázis-kezelési ismeretekre, némi matematikai, statisztikai és esetleg programozói tudásra. Ami pedig ennél is fontosabb talán, sok-sok adatra. A fejezetnek nem volt célja egyiket sem megadni az olvasó számára, helyette elméleti megalapozást szerettünk volna nyújtani. Tekintsük át, hogy mit tanulhattunk meg.

Megismerkedtünk kedvcsinálónak pár példával, hogy hol használják a hálózatelemzést, illetve a hálózatelemzés néhány alapfogalmával is, úgymint a sűrűség, a központosság, a közöttség, a sajátvektor, a strukturális ekvivalencia.

Felidézttük a gráfelmélet születését a Königsberg egykori és mai hídjainak példáján keresztül, majd szintén ezt a példát felhasználva a gráfok legalapvetőbb fogalmait ismerhetjük meg. Megnéztük néhány egyszerűbb képlet segítségével a gráfok és hálózatok alapvető

tulajdonságait, majd egy hosszabb fejezet erejéig a szomszédosság fogalmát ecsetelgettük, hisz anélkül nem nagyon tudnánk hálózatokat elemezni.

Megvizsgáltuk, milyen morfológiai jellemzőkkel bírhatnak egyes hálózatok az alapfogalmak szintjén, és egy példán keresztül be is mutattuk ezeket. Végül pedig a véletlen és a skálafüggetlen hálózatokat vizsgáltuk meg, és a kisvilág-jelenséget tisztáztuk, csakhogy megtudjuk, hogy a világ legbefolyásosabb, leggazdagabb, legboldogabb, legsikeresebb embereitől alig pár ismerős távolságra vagyunk. Igaz, a világ legkevésbé befolyásos, éhező, szenvedő nincstelenjeitől szintén ugyanekkora távolságra állunk.

A hálózattudomány nagyon izgalmas téma. A jelen tankönyvbe nem tudunk belesűríteni ezernyi izgalmas felhasználási módot és a tudományos, valamint a laikus közönség számára egyaránt izgalmas összefüggést és érdekességet, ami a gyakorlatban már most képes lenne kimozdítani a világunkat a sarkából. Ismétlem a fejezet eleji önmagam: minden lelkesedésemmel csak ajánlani tudom az Olvasónak, hogy ne ragadjon le az alapfogalmak néhol száraz megismerésén és magolásán, ez a tudományterület sokkal izgalmasabb, nézzen utána a neten, nagyszerű videók, riportok, cikkek születtek már a hálózatiságról, hálózatok tudományáról.

Fogalmak

- hálózatelemzés
- Big Data
- gráf, hálózat
- csúcsok, csomópontok
- élek, kapcsolatok
- sűrűség
- központiség
- közöttség
- sajátvektor
- strukturális ekvivalencia
- Königsbergi hidak
- Euler
- Euler-gráf
- Euler-séta
- csomópontszám
- élek száma
- teljes gráf
- irányított él / irányított (digráf) hálózat
- irányítatlan él / irányítatlan hálózat
- fokszám
- átlagos fokszám
- fokszámeloszlás
- skálafüggetlen hálózatok
- szomszédosság
- szomszédossági mátrix

- szociogram
- út
- kapcsolatháló-elemzés (SNA – social network analysis)
- izomorf gráfok
- négyzetes mátrix
- bejövő és kijövő fokszám
- ritka hálózatok
- hurok
- főátló
- súlyozott hálózat
- gráfkapcsolatok
- összefüggőség
- diádok
- töréspont
- híd
- centralitás
- egymásbaágyazottság
- gyengekapcsoltság
- kis világ
- „x” lépés távolság

Áttekintő kérdések

1. Mi mindenre lehet használni ön szerint a hálózatelemzést? Próbáljon keresni olyan példát, amelyre biztosan nem!
2. A hálózatelemzés alapfogalmaival próbálja meg jellemezni környezetének valamelyik hálózatát, például az ön szociális hálóját vagy az internetet stb.!
3. Azt tudjuk, hogy a Königsbergi hidakra eredeti formájukban nincs megoldás. Módosítsa úgy az ábrát, hogy megoldható legyen a feladat!
4. Rajzoljon fel egy egyszerű szociogramot, például két-három film színészeivel (legalábbis a legfontosabbakkal), akik közül pár legalább két filmben közösen játszik. Ezután vizsgálja meg az így készült gráfot! Készítse el a szomszédossági mátrixát!
5. Az előző kérdésben elkészült hálózatát vagy a 3.3. fejezet szociogramját elemezze a hálózatok morfológiai jellemzői alapján!
6. Próbálja ki valamelyik kisvilág-elméletet! Próbáljon eljutni egy olyan ismert személyhez ismerőseinek ismerősein keresztül, aki önnek valamiért nagyon kedves, de Önnek nem közvetlen ismerőse, és elsőre nem is jut eszébe olyan személy, aki konkrétan ismerné! A feladat kissé időigényes lehet, de annál izgalmasabb!

Felhasznált irodalom

- BARABÁSI, A.-L. (2006): A hálózatok tudománya: a társadalomtól a webig. *Magyar Tudomány*, 11. sz. 1298. Elérhető: www.matud.iif.hu/06nov/03.html (A letöltés dátuma: 2017. 11. 24.)
- BARABÁSI, A.-L. (2010): *Villanások – a jövő kiszámítható*. Budapest, Nyitott Könyvműhely.

- BARABÁSI, A.-L. (2016): *A hálózatok tudománya*. Budapest, Libri.
- Facebook users average 3.74 degrees of separation* (2011). BBC Technology. Elérhető: www.bbc.com/news/technology-15844230 (A letöltés dátuma: 2017. 11. 26.)
- GALAMBOSNÉ TISZBERGER, M. (2015): *A hálózatok kutatás módszertani vizsgálati lehetőségei – szakirodalmi összefoglalás*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem.
- Königsbergi hidak problémája* (2016). Wikipedia.hu. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6nigsbergi_hidak_prob%C3%A9ma (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- SÁGVÁRI, B. (2017): *Hálózatelemzés*. MTA Társadalomtudományi Kutatóközpont – Szociológiai Intézet. Elérhető: <http://szociologia.tk.mta.hu/halozatelemzes> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- SZÁNTÓ, Z. (2005): A társadalmi kapcsolatháló-elemzés szociometriai gyökerei. In LETENYEI L. szerk.: *Településkutatás szöveggyűjtemény*. Budapest, TeTT Könyvek. 649–662. Elérhető: www.socialnetwork.hu/cikkek/7%20Iszantohalo.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- TAKÁCS, K. (2011): *Kapcsolatháló elemzés; Társadalmi kapcsolatháló elemzése*. Digitális Tankönyvtár. Elérhető: www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010_2A_08_Kapcsolathalo_elemzes_szerk_Takacs_Karoly/index.html (A letöltés dátuma: 2018. 02. 13.)
- VÁSÁRHELYI, O. (2011): *Bevezetés a hálózatok világába II. – Skálafüggetlen hálózatok és marketing*. Elérhető: http://piackutatas.blog.hu/2011/03/21/bevezetes_a_halozatok_vilagaba_ii_skalafuggetlen_halozatok_es_marketing (A letöltés dátuma: 2017. 11. 26.)

Ajánlott irodalom

- BARABÁSI A.-L. (2003): *A hálózatok Achilles-sarkai*. Kérdező: BODOKY T. Elérhető: http://magyar-narancs.hu/belpol/a_halozatok_achilles-sarkai_barabasi_albert-laszlo_fizikus-63795 (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- KÜRTÖSI, Z. (2002): *A társadalmi kapcsolatháló elemzés módszertani alapjai*. Elérhető: www.social-network.hu/cikkek/modszertan_osszefoglalol.htm (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)
- POKORÁDI, L. (2008): Rendszerek és folyamatok gráfmodellezése. *Szolgálati Tudományos Közlemények*. 12. évf. Elérhető: <http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2008/cikkek/pokoradi-laszlo.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)

VIII. A hálózattudomány és az internet kapcsolata

Beláz Annamária

DOI: 10.36250/00734.08

1. A fejezet célkitűzése

A fejezet célja az előző fejezetben megismert, a hálózattudományban használt alapfogalmak kontextusba helyezése. A fejezet áttanulmányozása során a hallgatók megismerkednek a véletlen hálózatokkal, a kisvilág-elmélettel, valamint a skálafüggetlen hálózatokkal. Megvizsgáljuk, hogy ezek az elméletek alkalmasak-e a valódi hálózatok leírására. Bemutatjuk az internet és a hálózattudomány közötti összefüggéseket.

2. Véletlen hálózatok

A véletlen hálózatok bevezetéséhez nem szolgálhatna jobb példa, mint amelyet Barabási Albert-László, a hálózattudomány atyja használ számos publikációjában. Nézzük hát!

Tegyük fel, hogy egy partit szervezel, s a meghívott közel száz vendégből kezdetben senki sem ismeri a másikat. A megnyitót követően a vendégeket borral, sajttal és szendvicsekkel kínálad. Hamarosan azt fogod tapasztalni, hogy a vendégeid körülbelül harminc-negyven 2-3 fős csoportban beszélgetnek, hiszen a találkozás és mások megismerése olyan emberi vágy, amely mindig összehozza az embereket. Most említsd meg az egyik vendégnek, például Katinak, hogy a sötétzöld címkézetlen üvegben egy ritka, jó évjáratú bor van, sokkal jobb, mint a vörös címkéjű üvegben, de kérd meg, hogy ezt az értesülést csak az ismerőseivel ossza meg. Talán biztonságban érzed a drága borod, mert Katinak még csak néhány emberrel sikerült eddig találkoznia.

A vendégek időközben elkerülhetetlenül elunják magukat, ha túl hosszú ideig ugyanazzal az emberrel beszélgetnek, így továbbmennek, hogy csatlakozzanak egy másik csoporthoz. Egy külső megfigyelő talán semmi különöset nem venne észre a beszélgető csoportokat látva. Mégis a vendégeket, akik korábban találkoztak, láthatatlan szálak kötik össze. Ennek köszönhetően szövevényes utak alakulnak ki azok között is, akik még nem találkoztak. Például Kati és János nem ismerik egymást, de mind a ketten találkoztak már Zolival, így Katitól Jánosig Zolin keresztül vezet az út. A felcímkézetlen jó bor titka lassan elterjed az egész társaságban, eljut Katitól Zoliig, Zolitól pedig Jánosig.

Biztos lehetsz benne, hogy ha mindenki ismerné a másikat a vendégeid közül, akkor csak a jó bort fogyasztanák. Csakhogy 99 másik emberrel találkozni időigényes feladat.

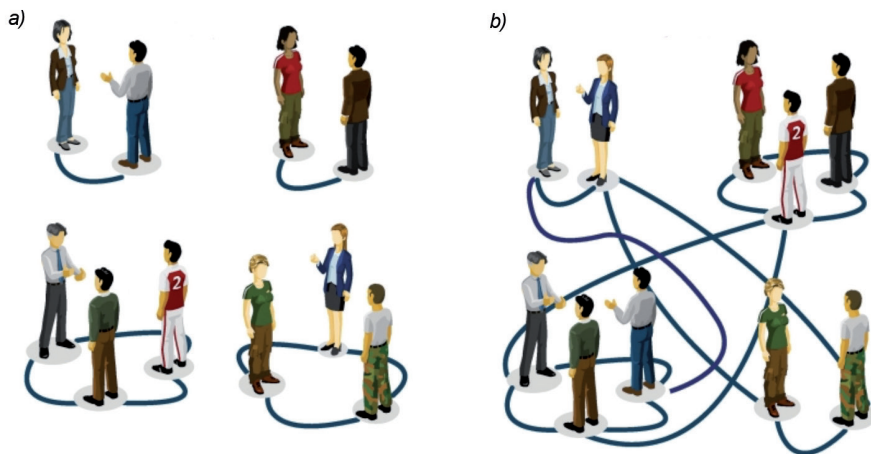
Még ha csak 10 percre is tart egy ilyen beszélgetés, ez a folyamat 16 órát venne igénybe! Mivel a partik ritkán nyúlnak ilyen hosszúra, joggal számíthatunk arra, hogy a parti végére marad néhány üveggel a jó borból.

De ne is reménykedj ebben! Ebből a fejezetből kiderül, hogy miért. Megvizsgáljuk, hogy a parti ismeretségi hálózata a klasszikus hálózatkutatásban használt véletlen hálózat modelljét veszi fel. A véletlen hálózatok elmélete alapján pedig elég csupán minden vendégnek legalább 1 másik vendéggel találkoznia ahhoz, hogy a jobb bor titka rövid idő alatt mindenkihez eljusson.

2.1. A véletlenhálózat-modell

2.1.1. A véletlen hálózatok története

A koktélparti példában bemutatott szituáció a részét alkotja egy olyan problémának, amellyel az előző fejezetben foglalkoztunk. Ez nem más, mint az Euler által felfedezett gráfelmélet. Az 1. ábrán látjuk a) a parti kezdetén kialakult, egymástól elszigetelt beszélgető csoportokat, majd b) a vendégek elvegyülése után kialakuló ismeretségi hálózatot. Ebben a hálózatban a vendégek a gráf *csúcspontjai*, a találkozások során pedig kapcsolatok, azaz *élek* jönnek létre a csúcsok között. A találkozások véletlenül alakultak ki, így keletkezett a parti során egy ismeretségi hálózat, azaz egy *gráf*.



1. ábra

Ismeretségi hálózat kialakulása egy partin, véletlen megismerkedések folytán

Forrás: BARABÁSI 2017

Észszerű megoldásnak tűnhet, de valójában felfoghatatlanul nagy kihívást jelent minden hálózatot gráfokra leegyszerűsíteni, hiszen hogyan találunk közös alapot egy sejt, az internet, egy baráti kör, vagy az egész társadalom ábrázolására? Nyilvánvaló, hogy a pontok közötti kapcsolatok létrejöttét más és más szabályok irányítják ezekben a hálózatokban.

Erdős Pál (1913–1996) és Rényi Alfréd (1921–1970) magyar matematikusok vállalkoztak a lehetetlennek tűnő feladat megoldására. 1959–1968 között megjelent nyolc tanulmányukban egyesítették a valószínűségszámítást, kombinatorikát és a gráfelméletet, ezzel megalapozva a matematika új tudományágát: a véletlen hálózatok elméletét. Tőlük függetlenül, de ugyanabban az időszakban Edgar Nelson Gilbert is létrehozta a véletlen hálózatok modelljét.

2.1.2. A véletlenhálózat-modell: Erdős–Rényi-hálózat

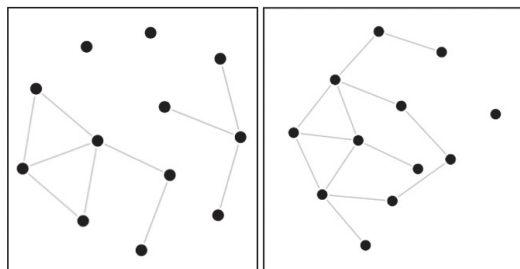
Az előző fejezetben láthattuk, viszonylag egyszerű a csomópontokból és élekből álló hálózatokat modellezni. A fő kérdés, hogyan létesítsünk kapcsolatokat a csomópontok között, ha szeretnénk visszaadni a valóságos hálózatok komplexitását. A valóságban létező hálózatok eltérő szabályrendszer alapján jönnek létre. Ahhoz, hogy közös keretben vizsgálhassák ezeket az összetett gráfokat, Erdős és Rényi szándékosan figyelmen kívül hagyta a köztük levő különbségeket. A valóságban előforduló hálózatok legtöbbször nem kiszámítható, szimmetrikus a szerkezete, inkább véletlenszerűnek tűnnek.

A véletlen hálózatok elmélete ezért a hálózatok létrehozása és jellemzése során azok nyilvánvaló véletlenszerűségét veszi alapul. Azaz egy hálózat modellezése során a legészszerűbb, ha a kapcsolatokat (éleket) véletlenszerűen hozzuk létre a csomópontok között.

Egy véletlen hálózat N megjelölt csomópontból áll, és minden csomópontpár között egyforma, p valószínűséggel áll fenn kapcsolat. Edgar Nelson Gilbert vezette be ezt a $G(n, p)$ modellt, amelyben az N számú csomópontból képezhető párok mind p valószínűséggel vannak összekötve. A véletlen hálózatok alapgondolata tehát a teljes egyenlőség, minden pontnak pontosan ugyanakkora esélye van arra, hogy megkapjon egy élt, mint a másinak.

Egy véletlen gráfot, azaz véletlen hálózatot a következő lépéseket követve hozhatunk létre:

- Végül N különálló csomópontot!
- Válassz ki két csomópontot, majd állíts elő egy számot 0 és 1 között! Ha a szám nagyobb, mint p , akkor helyezz el egy kapcsolatot a két csomópont között, ha nem, hagyd őket összekötetlenül.
- Ismételd meg a 2. lépést minden további, azaz $N(N-1)/2$ csomópontpárral!



2. ábra

Példák véletlen hálózatokra

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. ábra látványosan szemlélteti a véletlenséget, hiszen két hálózat látható ugyanazzal az $N = 12$ és $p = 0,15$ paraméterekkel. Hiába ugyanazok azonban a paraméterek, a hálózatok, s bennük a kapcsolatok száma különbözik egymástól (az első esetben a kapcsolatok száma $L = 10$, a második esetben $L = 13$).

2.1.3. A véletlen hálózat kialakulása

Térjünk most vissza a koktélpartihoz, és alkalmazzuk a példára a fentiekben kifejtett véletlen hálózatok elméletét. Induljunk ki a sok egymást nem ismerő, elszigetelt vendégből. Helyezzünk el éleket a vendégek (pontok) között, így jelezve a véletlen találkozásokat. Mi fog történni? Ha csak néhány élt, azaz kapcsolatot helyezünk el, akkor néhány pont párt fog kapni, még több él elhelyezésével elengedhetetlen, hogy néhány párt összekapcsoljunk, így csoportok képződnek.

Tovább folytatva a kapcsolatok alkotását, úgy, hogy minden pontra *legalább egy él* jusson, megtörténik a csoda: az összes pont egy komplex hálózat részévé válik. Létrejön az úgynevezett *óriáscsoport*.

Az óriáscsoport egy olyan pontokból és élekből álló gráf, amelyben egy tetszőleges pontból elindulva, az élek mentén haladva bármely másik tetszőleges ponthoz eljuthatunk. A matematikában ezt a jelenséget az *óriáskomponens* megjelenésének nevezzük.

Ahhoz, hogy óriáskomponens létezessen, a hálózatban található minden csomópontnak legalább egy másik csomóponttal kell kapcsolódnia (azaz $\langle k \rangle = 1$). Vajon egy valódi hálózat teljesíti az óriáskomponens létezésének feltételét, és ha igen, valóban magában foglalja az összes csomópontot? A továbbiakban erre a kérdésre keressük a választ!

2.2. Kis világok – „Hatlépésnyi távolság”

Mindegyikünk egy nagy csoportnak, egy világméretű ismertségi hálózatnak a része, amelyből egyetlen ember sem marad ki. Bár nem ismerünk személyesen mindenkit ezen a világon, biztos, hogy bármelyik kettő ember között van elérési útvonal ebben a hálózatban. A szociológusok úgy becsülik, hogy név szerint kétszáz–ötszáz embert ismerünk. Ez mindenképp több, mint az óriáskomponens megjelenéséhez szükséges 1. Következésképpen az emberi társadalom, s ehhez hasonlóan más hálózatok is nem csupán egyszerű hálók, amelyekben minden pont között csak egyetlen kapcsolat van, hanem szövevényes, sűrű hálózatok.

„Ezen a bolygón mindenki hatlépésnyire van a másiktól. Hat lépés távolságra.” (GUARE 1990) Ismerősen hangzik ez a felvetés? A köztudatban régóta él a *kisvilág*-jelenség, más néven a „hat lépésnyi távolság” vagy *six degrees of separation*. A hálózattudományban ez azt jelenti, hogy bármely tetszőlegesen kiválasztott két csomópont között *kicsi/rövid* távolság van.

2.2.1. Milgram kisvilág-kísérlete

A kisvilág-jelenség bemutatására elsőként Stanley Milgram amerikai szociálpszichológus tett kísérletet. Az ismeretségi hálózatok bemutatására és két tetszőlegesen kiválasztott személy közötti átlagos távolság megmérésére irányult a kísérlete, amely a következőképpen állt össze.

Milgram Massachusetts államban kiválasztott két „csomópontot”, egy bostoni tőzsdeügynököt és egy sharoni teológushallgatót. Ezután véletlenszerűen kiválasztott személyeknek küldött levelet két másik városba (Wichita, Omaha). A levél röviden tartalmazta a kutatásának célját, valamint az egyik „csomópont” fényképét, nevét, címét, valamint egyéb fontos adatokat. Arra kérte a címzetteket, hogy küldjék tovább a levelet annak a barátjuknak, családtagjuknak vagy ismerősüknek, akik szerintük a legnagyobb valószínűséggel ismerik a „csomópontot”. Természetesen, ha a levél első címzettjei ismerték a célszemélyt, nekik kellett a levelet visszajuttatni Milgram részére. A kiküldött 296 levélből végül 64 érkezett vissza. Volt, amelyhez csupán 1, míg más levelekhez 11 közvetítőre volt szükség. Ezeknek az ismeretségi láncoknak a fényében Milgram arra a következtetésre jutott, hogy a közvetítők átlagos száma 5,5, azaz nagyon kicsi.

Milgram kísérlete óta számos kutató bebizonyította, hogy a kisvilág-jelenség nem csak az emberi kapcsolatokra, hanem minden hálózatra jellemző. De jogosan vetődik fel a kérdés, hogy miért van ez így, mi magyarázza a kicsi távolságok létét?

Egy egyszerű számítással választ tudunk adni erre a kérdésre. Vegyünk egy véletlen hálózatot, amelyben a csomópontok átlagos fokszáma $\langle k \rangle$. Ez azt jelenti, hogy egy pontból 1 lépéssel másik pontot érhetünk el, azaz

- $\langle k \rangle$ számú csomópont esik egy kapcsolatnyira $d = 1$
- $\langle k \rangle^2$ számú csomópont esik két kapcsolatnyira $d = 2$
- $\langle k \rangle^3$ számú csomópont esik három kapcsolatnyira $d = 3$
- $\langle k \rangle^d$ számú csomópont esik d kapcsolatnyira.

Ebből következik, hogy ha k nagy, akkor még kis d érték esetén is az elért pontok száma igen nagy lehet. Néhány lépésen belül akár az összes pontot elérhetjük a hálózatban. A kisvilág-jelenséget tehát könnyen matematikai képletté alakíthatjuk, amelynek segítségével, ha tudjuk a véletlen hálózatban a pontok számát, könnyen kiszámítható a távolság nagysága:

$$\langle d \rangle \approx \frac{\log N}{\log \langle k \rangle}$$

Fontos megjegyeznünk, hogy ha egy hálózatban N csomópont van, akkor k^d nem lépheti túl az N -et. Azaz $k^d = N$.

A fenti képlet alapján a kis távolság a logaritmikus tagnak köszönhető. Valójában egy igen nagy szám logaritmusa is mindig egészen kicsi, például az egymilliárd tízesalapú logaritmusa 9.

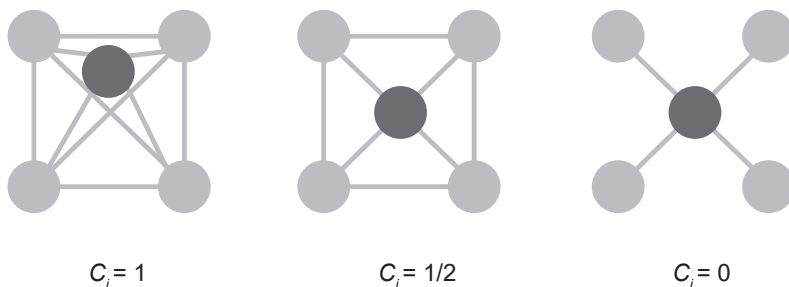
2.2.2. Watts–Strogatz- (kisvilág-) modell

A kisvilág-érzést gyakran az idézi elő, amikor kiderül, hogy egy azelőtt még sosem látott személy ismeri valamelyik barátunkat, családtagunkat. De mekkora annak az esélye

a véletlenhálózat-modell alapján, hogy két barátunk ismerje egymást? Pontosan ugyanakkora, mint annak, hogy a legjobb barátunk ismeri az USA elnökét, egy velencei gondolást vagy egy kínai gyári munkást. Nyilvánvaló, hogy a társadalmunk nem így működik. A mindennapjaink során csoportoknak vagyunk a részei, így elkerülhetetlen, hogy a barátaink, a családtagjaink és a kollégáink ismerjék egymást.

A hálózatokban egy csomópont vizsgálata során, ha tudjuk egy csomópont fokszámát, az még nem mond el semmit arról, hogy a szomszédjai között milyen kapcsolat van. Ismerik egymást, vagy teljesen elkülönülnek egymástól, mennyi kapcsolatuk van? Ennek a kérdésnek a megválaszolására vezette be Duncan Watts és Steven Strogatz a klaszterezettségi (csomósodási vagy csoporterősségi) együtthatót.

A klaszterezettségi együttható megadja, hogy a hálózat valamely csomópontjának a szomszédjai milyen sűrűséggel kapcsolódnak egymáshoz. A csomósodási együttható mindig 0 és 1 közé eső szám, ahol a 0 azt jelenti, hogy a kiválasztott pont szomszédos csomópontjai között nincs kapcsolat, az 1 pedig azt jelenti, hogy a szomszédok teljes gráfot alkotnak.



3. ábra

Klaszterezettségi együttható: a 4 fokszámú csomópont C_i klaszterezettségi együtthatója a szomszédok három különböző elrendezésében

Forrás: BARABÁSI 2017

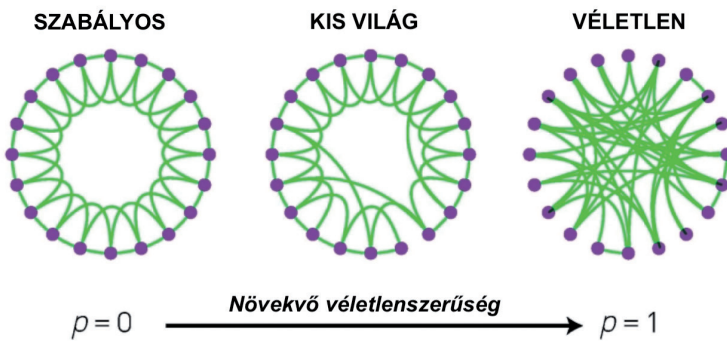
Watts és Strogatz megállapította, hogy a véletlenhálózat-modell nem írja le megfelelően a valóságos hálózatokat, mert azokban nagy a klaszterezettségi együttható, és rendelkeznek kisvilág-tulajdonsággal. Az általuk kidolgozott modell a szabályos gráfok és a véletlen hálózat közé esik. Míg a szabályos rácsban magas fokú a klaszterezettségi együttható, de nem alakul ki kisvilág, addig a véletlen hálózatokban a csomóponterősség alacsony, de meg van benne a kisvilág-tulajdonság.

Watts és Strogatz modelljét a következőképpen írhatjuk le:

- Vegyünk N számú csomópontot, amelyek egy kör mentén helyezkednek el.
- Minden csomópont össze van kapcsolva a közvetlen és a második szomszédjával, tehát minden csomópontnak kezdetben 4 kapcsolata van. Ez azt jelenti, hogy a klaszterezettségi együttható magas. $\langle C \rangle = 3/4$
- Ezután p valószínűséggel átkötünk minden élt egy véletlenszerűen kiválasztott új csomópontoz.

- Ennek eredményeként megmarad a magas klaszterezettség, de a véletlenül kiválasztott hosszú élek jelentősen lerövidítik a csomópontok közötti távolságot, így kialakul a kisvilág-tulajdonság. (Ha $p = 1$, akkor minden élt átkötünk egy új csomóponthoz, így visszakapjuk a véletlen hálózatot.)

Mit jelent ez a modell a gyakorlatban? Képzeljük el, hogy Zsolt és Péter jó barátok, egymás szomszédjaiként ugyanabban a faluban nőttek fel, jártak iskolába. Zsolt egy nap úgy dönt, hogy elutazik egy személyhez Brazíliába, akit az interneten ismert meg. Hogyan fog eljutni oda? Valószínűleg nem házról házra és faluról falura fog utazni, hanem inkább felhívja Pétert, aki néhány éve Brazíliavárosba költözött, és megkéri, hogy segítsen az új baráti körén keresztül kapcsolatot találni ehhez a személyhez.



4. ábra

Szabályos, kisvilág- és véletlenhálózat-modell összehasonlítása

Forrás: BARABÁSI 2017

Összefoglalva tehát, a kisvilág-jelenség nem csak az emberek képzeletében vagy a köztudatban létezik, könnyen megérthető ez a jelenség a véletlenhálózat-modell segítségével. Napjaink társadalmában mindenkinek vannak távol élő ismerősei, nem hiányoznak a hosszú kapcsolatok a hálózatunkból. Számos hálózat rendelkezik kisvilág-tulajdonsággal, azonban a következőkben látni fogjuk, hogy a valós hálózatok gyakran eltérnek az imént ismertetett képlettől.

2.3. A véletlen hálózat kritikája

Ahogy a 2.1.2. pontban kifejtettük, a véletlen hálózatokban a pontok teljesen egyenlők. Vetítsük ki ezt a gondolatot a 7,5 milliárd főből álló emberi társadalomra. Ha igaz lenne a véletlen hálózatok elmélete, akkor minden ember teljesen átlagos lenne, nagyjából ugyanannyi ismerőssel. Egy ilyen világban ugyanakkora eséllyel lenne egy magyar középiskolás diák legjobb barátja egy kínai gyári munkás vagy egy közép-afrikai gyapottermesztő, mint saját osztálytársai. Léteznének iskolák, vállalatok vagy államok, ha a társadalomban élő emberek teljesen véletlenszerűen lépnének kapcsolatba egymással?

A hálózatoknak szükségképpen van szervező elve, nem létezhetnek egy teljesen véletlenszerű folyamat eredményeként. Erdős és Rényi azonban soha nem próbálta megalkotni a hálózatok kialakulásának általános elméletét, nem törődtek azzal, hogy modelljük hűen tükrözi-e a valós hálózatok komplexitását. A véletlenhálózat-modell azonban jó viszonyítási alapul szolgál a valóságos hálózatok tulajdonságainak vizsgálatához. Milyenek tehát a valódi hálózatok, és hogyan írhatjuk le őket?

3. Skálafüggetlenség

A világ szükségszerűen eltér a véletlenhálózat-modelltől, az átlagostól, ezt illusztrálja, hogy a biológia leggyakrabban használt fogalma a diverzitás, azaz sokféleség, változatosság. A különböző tudományterületeknek megfelelően beszélhetünk bio-, genetikai, kulturális, vallási, társadalmi vagy akár politikai diverzitásról.

Mit jelent a sokféleség a hálózatokban? A csúcspontok nem lehetnek egyforma jelentőségűek, hanem eltérnek a kapcsolataik számában. A valóságos hálózatokban sok kicsi fokszerű és néhány kivételesen magas fokszerű csomópont megjelenését figyelhetjük meg. A valóságos hálózatok nem véletlenül alakulnak ki, rendező elvük a *skálafüggetlenség*.

3.1. Középpontok

A skálafüggetlen hálózatok és a véletlen hálózatok között a legfontosabb különbséget a fokszámeloszlás adja. Ahogyan az előző fejezetben láthattuk, a fokszámeloszlás annak a valószínűségét mutatja meg, hogy egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontnak pontosan k legyen a foksza, azaz k számú kapcsolattal rendelkezzen.

Egy N pontból álló hálózatban a fokszámeloszlás: $p_k = \frac{N_k}{N}$

Véletlen hálózatokban annak a valószínűségét, hogy egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontnak pontosan k legyen a foksza, három tényező szorzata adja. A tényezők alapján a fokszámeloszlás a binominális eloszlást követi. A binominális eloszlás és a Poisson-eloszlás ugyanazt a mennyiséget írja le, és sok közös tulajdonságuk is van, ezért a véletlen hálózatokban a számítások egyszerűsítése miatt inkább a közelítő értéket adó Poisson-eloszlást használjuk. A Poisson-eloszlás képe az úgynevezett haranggörbe, amelyben a pontok nagy része egy átlagos értéktartományban mozog, és ritkán találunk szélsőségeket. (Gondoljunk az emberek átlagmagasságára! Ez Magyarországon a férfiaknál 175, a nőknél 165 cm. Ritkán fordul elő, hogy ennél lényegesen magasabb vagy alacsonyabb személyekkel találkozunk.)

A Poisson-eloszlás a következő egyenlettel számítható ki:

$$p_k = e^{-\langle k \rangle} \frac{\langle k \rangle^k}{k!}$$

Ezzel szemben a skálafüggetlen hálózatok a hatványfüggvény-eloszlást követik. A hatványfüggvény-eloszlást más néven Pareto-eloszlásnak nevezzük, Vilfredo Federico Damaso Pareto olasz származású közgazdász, politológus után. Pareto megfigyelte, hogy Olaszországban a lakosság kis része, néhány igen gazdag ember keresi a legtöbb pénzt, míg a lakosság nagy részének alacsony a jövedelme. Ezt a megfigyelést összekapcsolta a hatványfüggvénnyel.

Leírta, hogy a bevételek nagyjából 80%-a a lakosság körülbelül 20%-ához kerül (80/20-as szabály).

Miért foglalkozunk a hatványfüggvény-eloszlással? Véletlen hálózatokban közel azonos a csomópontok fokszáma, azonban a skálafüggetlen hálózatokban kialakulnak kiemelkedően nagy fokszámú középpontok. A középpontok kialakulása nem csak egy lehetőség, megjelenésük biztos, sőt minél nagyobb egy hálózat, annál nagyobb lesz a középpontok fokszáma. Nem lehet minden csomópont középpont is egyben. A hatványfüggvény-eloszlás megmutatja, hogy a csomópontok 80%-a kis fokszámú lesz, olyanok, mint amilyenekkel a véletlen hálózatokban találkozunk. Következésképpen a középpontok a hálózat csupán 20%-át teszik ki.

Nézzünk most gyakorlati példákat a középpontok létezésére. Elsőként gondoljunk a saját baráti körünkre. Mindannyiunknak vannak olyan ismerősei, akik zárkózottabbak, nehezen ismerkednek, így kevés kapcsolatot alakítanak ki az életük során. Vannak olyanok, akik beleillenek a szociológusok által becsült átlagba, és nagyjából 200–500 személyt ismernek név szerint. És vannak azok a barátok, akiknek mindenhol akad egy ismerősük, több ezer barátjuk van a közösségi oldalakon, és különleges adottságuk van ahhoz, hogy kapcsolatot teremtsenek. Ezek a személyek a társadalomban az összekötők, azaz középpontok (hubok).

De a középpontok létezése nem csak az emberi társadalomra jellemző. Gondoljunk a világon található összes repülőtérre. Ha a légi közlekedés rendszere a véletlen hálózat modelljét követné, az azt jelentené, hogy ugyanolyan fontosságú lenne a JFK, a Kisinyovi és a Balatonfőkajári repülőtér. Természetesen tudjuk, hogy ez nem így van. A világ legforgalmasabb 10 repülőtere (Los Angeles, London, Hong Kong, Párizs, Chicago, Dubai, Atlanta, Peking, Dallas, Tokió) bonyolítja le az éves utasforgalom 80%-át. A kicsi repülőtereket csupán néhány társaság használja, viszont a légi közlekedés hálózatában a nagy repterek fontos középpontként kötik össze egymással ezeket a kisebbeket.

3.2. A skálafüggetlenség jelentése

Egy hálózat akkor skálafüggetlen, ha fokszámeloszlása hatványfüggvénnyel írható le. De mit is jelent pontosan a skálafüggetlenség?

A véletlen hálózatokban a Poisson-eloszlással leírt fokszámeloszlás csúcsa azt mutatja meg, hogy a csúcspontok nagy részének ugyanannyi kapcsolata van, és ritkák az átlagtól eltérő pontok, tehát a pontok fokszámának van egy jellemző nagysága, egy skálája, amelyet könnyen elképzelhetünk és kiszámíthatunk egy tetszőlegesen kiválasztott pont segítségével.

Ezzel szemben a hatványfüggvény-eloszlásnak nincsen csúcsa, nem találunk átlagos pontot. A kevés számú, kiemelkedően sok kapcsolattal rendelkező csomóponttól a sok alacsony számú kapcsolattal rendelkező pontokig a csomópontok hierarchiáját figyelhetjük meg. A folytonos hierarchiában nincs lehetőség arra, hogy rábökjünk egy adott pontra, és azt mondjuk, hogy az összes többi pont ehhez az egyhez meglehetősen hasonlít. Ezekben a hálózatokban nincsen egy belső skála vagy tipikus pont, ezért nevezzük a hatványfüggvény-eloszlású hálózatokat skálafüggetlen hálózatnak.

3.3. Barabási–Albert-modell

3.3.1. Univerzalitás

1999-ben fedezte fel Albert Réka, Hawoong Jeong és Barabási Albert-László a web skálafüggetlenségét. Egy crawler (keresőmotor) számítógépes program segítségével feltérképezték a világháló egy részét. A crawlerprogram feladata, hogy a web bármely pontjáról (adott URL-halmazról) elindulva megvizsgálja az adott oldalt, kigyűjti az oldalon található hivatkozásokat (URL-eket), és letölti a hivatkozott oldalt, végül megvizsgálja a hivatkozott oldalról továbbmutató linkeket, majd a folyamat kezdődik előről, ennek eredménye a web térképe.

Barabási és kutatócsoportja természetesen nem az egész világháló feltérképezését tűzte ki célul, „csupán” a Notre Dame Egyetemen működő 300 ezer dokumentumból és 1,5 millió hivatkozásból álló *nd.edu* tartományt vizsgálta. A különböző oldalak hivatkozásai alapján ekkor fedezték fel a középpontok létezését, a web skálafüggetlenségét.

A skálafüggetlen hálózat felfedezése óta számos valós hálózatról bebizonyosodott, hogy skálafüggetlen, többek között: telefonhálózat, anyagcsere, nyelvészet, közösségi oldalak, közlekedés. A bizonyítékok alapján kijelenthetjük, hogy a valós hálózatok jellemzően skálafüggetlenek, tehát a skálafüggetlen hálózatok univerzálisak.

Ez nem azt jelenti, hogy minden egyes valós hálózat skálafüggetlen. Sok fontos hálózat nem rendelkezik a skálafüggetlenség tulajdonságával, mivel a csomópontok kapcsolódási száma ezekben a hálózatokban korlátozott, így nem alakulhatnak ki középpontok. Ilyen hálózatokat figyelhetünk meg az anyagtudományban. Például a szénatom a legegyszerűbb olyan atom, amely négy elektronja révén négy másik atommal képes erős kovalens kötést létesíteni. Bárhogyan is rendezzük a szénatomokat, sohasem lesz négynél több a kapcsolataik száma.

3.3.2. Ultrakis világok, növekedés, preferenciális kapcsolódás

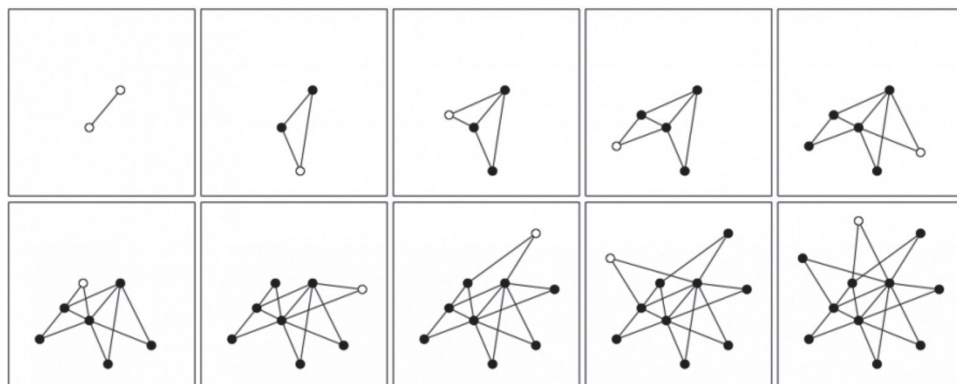
A bizonyítékok alapján látjuk, hogy a skálafüggetlen hálózatok univerzálisak, de ha meg akarjuk érteni, hogyan lehet az egymástól teljesen eltérő valós hálózatok felépítése ennyire hasonló, meg kell vizsgálni a skálafüggetlenséget létrehozó folyamatokat.

Barabási és kutatócsoportja két fontos tulajdonságát fedezte fel a skálafüggetlen hálózatnak, amelyek alapján határozottan elkülönülnek a véletlenhálózat-modelltől.

1. A hálózatok új csomópontok hozzáadásával növekednek.
A valóságos hálózatok N folyamatos növekedésével jönnek létre, míg a véletlenhálózat-modellben az N (csomópontok) száma állandó.
2. Az új csomópontok inkább a több kapcsolattal rendelkező csomópontokhoz (középpontokhoz) kapcsolódnak.

A valóságos hálózatokban az új csomópontok a magasabb fokszámmal rendelkező csomópontokhoz igyekeznek kapcsolódni, ahogyan az 5. ábrán látható. Az üres körök a hálózathoz kapcsolódó új csomópontokat jelölik. Ebben a modellben a legrégebbi csomópontok rendelkeznek a legtöbb kapcsolattal, ezt a jelenséget nevezi az üzleti élet első belépők előnyének.

A Barabási–Albert-moddell szemben a véletlen hálózatokban minden csomópontnak közel azonos a fokszáma, a kapcsolatok pedig véletlen módon jönnek létre.



5. ábra

A Barabási–Albert-moddell által leírt fejlődés

Forrás: BARABÁSI 2017

A középpontok megjelenése és szerepe a hálózatban azt jelenti, hogy valójában nem kis világok léteznek, hanem *ultrakis világok*, azaz a középpontok miatt lesznek a skálafüggetlen hálózatokban a távolságok rövidek, és ezek a távolságok mindig rövidebbek, mint egy ugyanolyan nagyságú véletlen hálózatban.

Összefoglalva: a „hat lépés távolság” lerövidült annak következtében, hogy a skálafüggetlen hálózatokban szinte minden esetben az utak a kiterjedt kapcsolatrendszerrel bíró középpontokon haladnak keresztül. Ráadásul a hálózatok sosem statikusak, hanem dinamikusak, szerkezeti felépítésük nem választható el az időbeli fejlődésüktől. Növekednek, új pontok jelennek meg, amelyek igyekeznek népszerűség alapján kapcsolódni egymáshoz, egy-egy új pont mindig igyekszik a kiterjedt kapcsolatrendszerű hubhoz kapcsolódni.

4. Az internet mint hálózat

Joseph C. R. Licklider, az MIT professzora és kutatója már évek óta a számítógépek és emberek közötti kapcsolatot vizsgálta, amikor 1962 augusztusában egy memorandumsorozatban kifejtette először az „Intergalaktikus Hálózat” névre keresztelt koncepcióját. Licklider elképzelte a globálisan összekapcsolt számítógépek olyan hálózatát, amelyhez bárki bármikor hozzáférhet, az adatok tárháza várja, valamint programokat tölthet le. Később részt vett az ARPANET kifejlesztésében kutatótársai, Robert Taylor és Lawrence Roberts mellett. Roberts visszaemlékezéseiben a következőt mondta: „Licknek volt egy zseniális ötlete az ún. intergalaktikus hálózatról [...] Nem volt elképzelése hogyan kéne megépíteni ezt, hogyan valósulhatna meg mindez. Ő csak tudta, hogy ez nagyon fontos. Szóval leült velem szembe, és meggyőzött, hogy ez fontos. És meggyőzött, hogy valósítsam meg.”

Licklider koncepciója szellemiségében nagyon hasonlít a mai világhálóhoz. A világháló ma olyan hálózat, amelyen a csomópontok az egyes *dokumentumok*, a kapcsolatok (élek) pedig az egységes erőforrás-azonosítók (*URL-ek*). A hálózaton való navigálást a *hiperlinkek*, azaz ugrópontok segítik. Nem véletlen, hogy a magyar és angol nyelvben egyaránt a világháló megnevezésének részét alkotja a háló kifejezés (világháló, angolul 'web'). Fontos megjegyezni, hogy a web és az internet különálló hálózatok. A web információs hálózat, ezzel ellentétben az internet infrastruktúra, csomópontjai az egyes számítógépek vagy routerek, kapcsolatai pedig a fizikai vagy vezeték nélküli összeköttetések (optikai kábelek, Wi-Fi, Bluetooth).

A web az egybilliónál több dokumentumával az emberek által valaha is létrehozott legnagyobb hálózat. Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy mennyire fontos szerepet játszik a világháló a hálózattudományban. Nemcsak a mérések tesztkörnyezeteként szolgál, hanem a hálózati sajátosságok felfedezésében is kiemelkedő jelentősége van.

A fejezet következő részében megvizsgáljuk az internetet a hálózattudomány szempontjából. Elemezni fogjuk a működését az alkalmasság és a robusztusság szempontjából.

4.1. Alkalmasság

A világháló egy folyamatosan változó rendszer. Weblapok jelennek meg, szolgáltatások válnak a semmiből népszerűvé, míg mások talán évek óta léteznek, mégis csak egy szűk réteg ismeri őket. Tudjuk, hogy a web skálafüggetlen hálózat, s ennél fogva középpontok találhatók benne. De mi alapján dől el, hogy egy pont középpont lesz, vagy sem?

Ahogy a 3.3.2. pontban megvizsgáltuk, a skálafüggetlen hálózatokra jellemző, hogy folyamatosan új csomópontok jelennek meg, és ezek a pontok igyekeznek a legtöbb kapcsolattal rendelkező csomópontokhoz kapcsolódni, így a korábban létrejött csomópontok elsőbbséget élveznek, valószínűleg több kapcsolattal rendelkeznek, mint új társaik. De önmagában a tény, hogy egy pont korábban jött létre, elegendő ahhoz, hogy hubbá váljon?

Az emberi társadalomban egyes személyeknek megvan a képességük arra, hogy közvetítővé váljanak. Hasonló folyamatot látunk a világhálón is. Egyes weboldalaknak megvan a képességük arra, hogy magukhoz láncolják a látogatóikat. Így alakul ki, hogy melyik hírportált olvassuk rendszeresen, melyik közösségi oldalon lesz felhasználói fiókunk, és melyik keresőmotort használjuk, ha információra van szükségünk.

Ezt a képességet *alkalmasságnak* (fitnesznek) nevezzük. A weboldalak, s általánosabban a skálafüggetlen hálózat csomópontjai eltérő alkalmasságúak, ebből látható, hogy annak a pontnak lesz nagyobb a fokszáma, amelynek nagyobb az alkalmassága.

4.2. Robusztusság

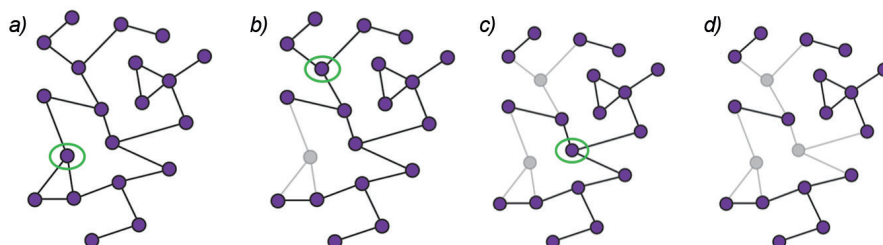
Az internet a valaha létrehozott legnagyobb hálózat, de nem mentes a meghibásodásoktól, zavaroktól. A természetben és a társadalomban előforduló rendszereknek van egy figyelemre méltó képessége: működésüket nagyobb zavarok nélkül változatlanul fenn tudják tartani még akkor is, ha néhány alkotóelem meghibásodik, sőt egyes rendszerek öngyógyulásra is képesek.

A robusztusság az internet infrastruktúra-tervezésekor a mérnökök legfőbb célja, hiszen olyan kommunikációs hálózatot kell tervezni, amely az alapfeladatait még a részegységei esetleges meghibásodásakor is képes megfelelően ellátni.

4.2.1. Hibatolerancia

Egy hálózat hibátűrő képességének vizsgálatához azt kell megfigyelnünk, hogyan változik a hálózat úthossza, ha néhány csomópontot a kapcsolataival együtt eltávolítunk. A robusztusság matematikai vizsgálatában a perkolációelmélet van a kutatók segítségére.

Egy csomópont meghibásodása vagy hiánya nem vezet a hálózat összeomlásához, hanem a fennmaradó csomópontok közötti távolság növekszik. Ez annak köszönhető, hogy kieshetnek olyan élek, amelyek biztosítják a hálózat összekapcsoltságát. A 6. ábra bemutatja, hogy milyen hatással van a hálózatra, ha abból fokozatosan eltávolítunk csomópontokat (a zöld körrel jelzett pontokat). Amikor még csak egy pontot távolítunk el [a] ábra], még nem történik komoly probléma, az útvonal hossza változik, de a hálózat összefüggő marad. Azonban, ha további csomópontok hibásodnak meg, a hálózat kikerülhetetlenül szétredezik, a c) ábrán láthatjuk, hogy kettő kisebb csoport vált le a hálózatról, a d) ábrán pedig teljesen izolált csoportokat találunk.



6. ábra

Csomópontok meghibásodásának hatása a hálózatra

Forrás: BARABÁSI 2017

A véletlenhálózat-modellben a csomópontok számának hibája egyenes arányosságban áll a fennmaradó csomópontok közötti kommunikáció lassulásával. Mivel minden csomópontnak közel azonos számú kapcsolata van, mindegyik egyenlő mértékben járul hozzá a hálózat átmérőjéhez (átmérő: a legrövidebb utak leghosszabbika), így bármely csomópont eltávolítása ugyanakkora kárt okoz.

Ezzel szemben a skálafüggetlenhálózat-modellben a növekvő hibaszint ellenére a hálózat átmérője változatlan marad, így a hálózat csomópontjai közötti kommunikáció fennmarad, még akkor is tökéletesen el tudja látni az alapvető feladatait, ha a csomópontok akár 5%-a megsemmisül.

A skálafüggetlen hálózatok robusztussága az óriáskomponens létezésével és az egyenlőten fokszámeloszlással magyarázható. A véletlenszerű csomópont-meghibásodások esetén

az óriáskomponens semmilyen esetben sem tűnik el, mivel a csomópontok többsége kevés kapcsolattal rendelkezik, így azok meghibásodása nem jár súlyos veszteségekkel. A skálafüggetlen hálózatokban csak néhány kiemelkedően nagy csomópontot találunk, így annak a valószínűsége, hogy a véletlen folytán ezen összekötők esetében lépjen fel valamilyen hiba, igen csekély.

Igazán figyelemre méltó a robusztusság jelensége az internet esetében. Az internet skálafüggetlen hálózat, tehát a számítógépekből és routerekből álló infrastruktúra szokatlanul robusztus a véletlen meghibásodásokkal szemben, kicsi az esélye annak, hogy a fő csomópontok essenek ki a működésből. Hasonlóképpen a világháló működésében annak a valószínűsége, hogy egy helyi önkormányzat, egy egyetem vagy egy kisvállalat honlapja meghibásodik, nagy, de a teljes web fennmaradására nincs különösebb hatással. Ugyanakkor, ha egy középpont esik ki (például google.com, facebook.com vagy amazon.com), akkor a hálózat topológiája súlyosan sérül. De mi a helyzet akkor, ha egy meghibásodás nem véletlenül történik?

4.2.2. Támadástűrés

A skálafüggetlen hálózatokban nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy mennyire fontos szerepet játszanak a középpontok. Mivel a középpontok teremtik meg a kisvilág-jelenséget, így ha azok megsemmisülnek, a hálózat egymással kommunikálni képtelen, elszigetelt csoportokra bomlik szét.

Normális körülmények között annak a valószínűsége, hogy a csomópontok meghibásodása a középpontoknál kezdődjön meg, nagyjából nulla. Pontosan ezért a legnagyobb fokszámmal rendelkező csomópontok egymás utáni meghibásodása egy célzott támadás képét mutatja. Egy szándékos támadásnál a támadó fél célja, hogy a lehető legnagyobb csapást mérje a hálózatra, így az megállíthatatlanul összeomlik, megsemmisül. A legegyszerűbben ezt úgy lehet megtenni, ha a támadó sorban eltávolítja az összekötőket. Ehhez ismernie kell a hálózat felépítését, valamint tudnia kell, hogyan támadhatók meg a középpontok.

Annak ellenére, hogy a skálafüggetlen hálózatok meglehetősen robusztusak egy véletlen támadással szemben, látnunk kell, hogy a célzott támadás esetén nagyon törékenyek. Az internet mint hálózat szempontjából ez egy nagyon rossz tulajdonság, megmutatja, mennyire sebezhető szándékos támadás esetén. Egy ilyen támadási forgatókönyvet ír le Kovács László és Krasznay Csaba kutatók sokszor idézett cikke, a Digitális Mohács, amelyben a szakértők bemutatják, hogy számtalan kritikusinfrastruktúra-elem mennyire könnyen támadható. Bár részletezik a támadás lépéseit, alapvetően látnunk kell, hogy ezek a rendszerek nagyrészt azért támadhatók, mert skálafüggetlenek.

Természetesen nem felejtkezhetünk el arról, hogy a legtöbb valós hálózatban sokféle ellenőrző és visszajelző rendszer működik, amelyek segítenek a hálózatnak túlélni egy meghibásodást. Az internet protokolljai is úgy lettek megtervezve, hogy eltereljék a forgalmat a meghibásodott útválasztóktól, így fenntartsák a pontok közötti kommunikációt.

5. Összefoglalás

A fejezet áttekintést nyújtott a hálózattudomány alapjairól, a véletlen hálózatok elméletéről, a skálafüggetlenségről és az internetről mint hálózatról.

Megvizsgáltuk a véletlenhálózat-modellt, amely segített megérteni, hogyan modellezhetjük a valós életben előforduló komplex rendszereket. Megtanultuk a véletlen hálózat létrehozásának módszerét és alapvető tulajdonságait, és láttuk azt is, hogy a véletlen hálózat miért nem alkalmas a valós hálózatok leírására. Magyarázatot kaptunk arra, honnan ered a kisvilág-jelenség, és mit is jelent pontosan.

Megtanultuk, hogy a skálafüggetlenség azt jelenti, hogy egy adott hálózatban nem találunk tipikus vagy átlagos pontot, ezeknek a hálózatoknak nincsen egy belső skálája. A hálózatok fokszámeloszlása a hatványfüggvény-eloszlást követi, a pontok így kapcsolataik száma alapján egy hierarchikus rendbe tagozódnak. A csomópontok között találunk sok viszonylag kevés kapcsolattal rendelkező pontot és néhány kiemelkedően magas kapcsolattal rendelkező csomópontot, amelyeket középpontoknak vagy huboknak nevezünk. A skálafüggetlen hálózat további jellemzői: a folyamatos növekedés, az univerzalitás és az ultrakisvilág-tulajdonság.

A fejezet utolsó részében megvizsgáltuk, hogy az internet mint skálafüggetlen hálózat milyen tulajdonságokkal rendelkezik. Láttuk azt, hogy milyen tulajdonság segít a weblapoknak középpontokká válni, valamint azt, hogy az infrastruktúra a véletlen támadásokkal szemben kifejezetten robusztus rendszer, ám a célzott támadások esetén nagyon sérülékeny lehet.

Fogalmak

- véletlen hálózat
- óriáscsoport
- kis világ
- ultrakis világ
- klaszterezettségi együttható
- Watts–Strogatz-modell
- Poisson-eloszlás
- Pareto-elv / hatványfüggvény-eloszlás
- skálafüggetlenség
- középpont, hub
- univerzalitás
- Barabási–Albert-modell
- fejlődő hálózat
- alkalmasság
- robusztusság

Áttekintő kérdések

1. Kik alkották meg a véletlen hálózatok elméletét?
2. Sorolja fel a véletlen hálózatok létrehozásának lépéseit!
3. Mi az óriáskomponens, és mi szükséges a megjelenéséhez?
4. Mit jelent a „hatlépésnyi távolság”?
5. Írja fel a kisvilág-jelenség matematikai képletét!
6. Mit jelent a klaszterezettségi együtttható, és milyen szerepe van a hálózatok vizsgálatában?
7. Alkalmas a véletlenhálózat-modell a valódi hálózatok leírására? Válaszát érvekkel támassza alá!
8. Mi a középpont, és milyen szerepet játszik a hálózatban?
9. Mit jelent a skálafüggetlenség? Milyen jellemzői vannak a skálafüggetlen hálózatoknak?
10. Mit jelent az alkalmasság a weboldalak tekintetében?
11. Magyarázza meg, hogyan reagálnak a véletlen és a skálafüggetlen hálózatok a véletlen meghibásodásokra!
12. Mi a különbség a skálafüggetlen hálózatok robusztusságában véletlen meghibásodás és szándékos támadás esetén? Miért?

Felhasznált irodalom

- BARABÁSI, A.-L. (2017): *A hálózatok tudománya*. Budapest, Libri.
- GUARE, J. (1990): *Six degrees of separation: A play*. New York, Vintage.

Ajánlott irodalom

- ALBERT, R. – JEONG, H. – BARABÁSI, A.-L. (1999): Internet: Diameter of the world-wide web. *Nature*, Vol. 401, No. 6749. 130–131.
- ALBERT, R. – JEONG, H. – BARABÁSI, A.-L. (2000): Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, Vol. 406, No. 6794. 378.
- BACKSTROM, L. – BOLDI, P. – ROSA, M. – UGANDER, J. – VIGNA, S. (2012): Four degrees of separation. In *Proceedings of the 4th Annual ACM Web Science Conference*. ACM. 33–42.
- BALÁZS, G. (2017): Hálózat kutatás és nyelvtudomány. *Magyar Nyelvőr*, 141. évf. 1. sz. 20–32.
- BARABÁSI, A.-L. (2003): *Behálózva. A hálózatok új tudománya*. Budapest, Magyar Könyvklub.
- BIANCONI, G. – BARABÁSI, A.-L. (2001): Competition and multiscaling in evolving networks. *EPL (Europhysics Letters)*, Vol. 54, No. 4. 436–442. DOI: <https://doi.org/10.1209/epl/i2001-00260-6>
- BOLLOBÁS, B. – RIORDAN, O. (2004): The diameter of a scale-free random graph. *Combinatorica*, Vol. 24, No. 1. 5–34. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fs00493-004-0002-2>
- BRODER, A. – KUMAR, R. – MAGHOUL, F. – RAGHAVAN, P. – RAJAGOPALAN, S. – STATA, R. – TOMKINS, A. – WIENER, J. (2000): Graph structure in the web. *Computer Networks*, Vol. 33, No. 1–6. 309–320. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fs1389-1286%2800%2900083-9>
- ERDŐS, P. – RÉNYI, A. (1959): On random graphs, I. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, Vol. 6. 290–297.

- ERDŐS, P. – RÉNYI, A. (1960): On the evolution of random graphs. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad.*, Vol. 5. 17–61.
- GOLDENBERG, J. – LIBAI, B. – MULLER, E. (2001): Talk of the Network: A Complex Systems Look at the Underlying Process of Word-of-Mouth. *Marketing Letters*, Vol. 12, No. 3. 211–223. DOI: <https://doi.org/10.1023%2Fa%3A1011122126881>
- KEVICZKY, L. (2000): Az internet rövid története. Az információs társadalom. In DEMETROVICS, J. – KEVICZKY, L. szerk.: *Magyarország az ezredfordulón (Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. VII. Közlekedés, hírközlés, informatika fejlesztése)*. Budapest, MTA. 211–229.
- KORONVÁRY, P. (2009): *Rendszertan: elektronikus bevezető jegyzet a ZMNE hallgatói és a helyi önkormányzatok vezetői számára*. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- KOVÁCS, L. – KRASZNAY Cs. (2010): Digitális Mohács: Egy kibertámadási forgatókönyv Magyarország ellen. *Nemzet és Biztonság*, 3. évf. 1. sz. 44–56.
- LICKLIDER, J. C. R. (1960): Man-computer symbiosis. *IRE transactions on human factors in electronics*, Vol. 1, No. 1. 4–11.
- LICKLIDER, J. C. R. (1963): *Memorandum For: Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network*. Elérhető: www.kurzweilai.net/memorandum-for-members-and-affiliates-of-the-intergalactic-computer-network (A letöltés dátuma: 2018. 02. 10.)
- MAHONEY, J. – RUESCHEMEYER, D. (2003): *Comparative Historical Analysis in the Social Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- MUNK, S. (2010): Hálózatok fogalma, alapjai. *Hadmérnök*, 5. évf. 3. sz. 176–186.
- SOLOMONOFF, R. – RAPOPORT, A. (1951): Connectivity of random nets. *Bulletin of Mathematical Biology*, Vol. 13, No. 2. 107–117. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fb02478357>
- TRAVERS, J. – MILGRAM, S. (1969): An experimental study of the small world problem. *Sociometry*, Vol. 32, No. 4. 425–443. DOI: <https://doi.org/10.2307%2F2786545>

Vákát oldal

IX. Az ökoszisztémák fogalma és jelentősége az információs társadalomban

Beláz Annamária

DOI: 10.36250/00734.09

1. A fejezet célkitűzése

A fejezet célja az előző fejezetekben használt alapfogalmak és elvek kontextusba helyezése. A fejezet áttanulmányozása során a hallgatók megismerkednek az információs társadalom jelentésével, felépítésével, működésének elveivel. Megvizsgáljuk, hogy a korábban kifejtett elméletek alkalmasak-e az információs társadalom leírására, valamint bemutatjuk a közigazgatás, az infokommunikációs technológiák gyártásáért és fejlesztéséért felelős szervezetek és az egyéni felhasználók szerepét az információs társadalom alakításában.

2. Az információs társadalom fogalma, modelljei

Hírolvasás közben nap mint nap találkozhatunk a következő szóösszetételekkel: „az információs társadalom kihívásai”, „az információs társadalom lehetőségei”, „az információs társadalom jogra gyakorolt hatása”. De mit jelent pontosan az információs társadalom, és miért fontos beszélnünk róla? Ezekre a kérdésekre keressük a választ a fejezet első részében.

2.1. A fogalom jelentése: információ, társadalom

Tegyük fel, hogy minden ismerősünket megkérdezzük arról, mi az információs társadalom. Biztosak lehetünk abban, hogy annyi különböző választ fogunk kapni erre a kérdésre, ahány emberrel beszéltünk. Általánosságban azt a választ kaphatnánk, hogy *egy olyan emberi kapcsolatrendszer, amelyben az információ, valamint az infokommunikációs technológiák kiemelt szerepet játszanak*. Miért lehetséges ez? Valójában az információs társadalom kifejezésnek nincs egy széles körben elfogadott tudományos definíciója, hiszen a definíció változik kortól és kontextustól függően.

Kézenfekvőnek tűnhet, hogy az információs társadalom kifejezés jelentését abból a két szóból próbáljuk meg összeállítani, amely a szóösszetételt alkotja. Ezek alapján, ha ismerjük az információ és a társadalom szavak jelentését, valamint figyelembe vesszük,

hogy az információs társadalom kifejezés jelzős szerkezetet alkot, azaz a társadalom valamely tulajdonságáról van szó, megtaláljuk a pontos meghatározást. Lássuk tehát a két szót külön-külön!

2.1.1. Információ

Az információtudományban az információ fogalmának komplex megközelítéseivel találkozhatunk, a fejezetben azonban nem ezekből indulunk ki, célunk, hogy minél egyszerűbb meghatározást találjunk. A *Pallas Nagy Lexikon* IX. kötete szerint az információ „latin kifejezés, amelynek jelentése: értesítés, tudósítás, tudatás”. Az *Idegen szavak és kifejezések szótárában* pedig a következőt olvashatjuk: „1. felvilágosítás, tájékoztatás, hírközlés. 2. Értesülés, adat, hír. 3. Hír a kibernetika elméletében: az anyag tulajdonságának visszatükröződése jel formájában.”

További definíciók ismertetése nélkül is elmondható, hogy az információ ismeretekkel, adatokkal, tanulással, hírrel és a kommunikációval kapcsolatban álló kifejezés. Bizonyos esetekben ezekkel azonosítható (tudás, hír), máskor ezek tárgya (ismeretközlés, kommunikáció). Az információ értelmezéséhez az adat, a tudás és a kommunikáció hármasa emelhető ki. Az összefoglaló táblázat bemutatja, hogyan lehet ezeket a kifejezéseket összekapcsolni.

1. táblázat
Az információ fogalma

	MEGFOGHATATLAN	MEGFOGHATÓ
ENTITÁS	Információ mint tudás TUDÁS	Információ mint dolog ADAT, dokumentum, rögzített tudás
FOLYAMAT	Információ mint folyamat INFORMÁLTÁ VÁLNI	Információfeldolgozás, adatfeldolgozás, dokumentumfeldolgozás, tudás – „tervezés”

Forrás: BUCKLAND 1991

2.1.2. Társadalom

Az információ fogalmának meghatározása után a társadalom definiálásához forduljunk ismét az értelmező szótárakhoz segítségért! Egy társadalomtudományi szakszótárban talán a következőket olvashatnánk: „Az emberi kapcsolatok teljessége.” A *Magyar nyelv értelmező szótára* pedig ezt írja a társadalom címszó alatt: „Az emberek közötti viszonyok összessége, amelyet az anyagi javak termelésének meghatározott módja és meghatározott közösségi viszonyok jellemeznek a történelmi fejlődés valamely fokán.”

A fentiek alapján egy közösség vizsgálatakor akkor mondhatjuk, hogy társadalomról beszélünk, ha megvizsgáljuk, mennyire egységes politikai, gazdasági, nyelvi, kulturális és földrajzi tekintetben, továbbá figyelembe vesszük, hogyan teremtenek kapcsolatot a tagok egymás között.

2.1.3. Információ + Társadalom?

Most, hogy ismerjük az információ és a társadalom kifejezések jelentését, könnyen megalkothatjuk az információs társadalom fogalmának meghatározását. A két szó jelentése alapján tehát, *egy olyan társadalmat jelent, ahol az információ és az azzal kapcsolatos jelenségek a korábbinál fontosabb, központi szerepbe kerülnek, így meghatározzák az emberi kapcsolatokat.* Ez a meghatározás azonban két problémát hordoz magában. Egyrészt felületes, segítségével nem jutunk közelebb az információs társadalom megértéséhez. Másrészt jogosan merül fel a kérdés, hogy a definíció alapján más, korábbi társadalmakat miért nem nevezünk információs társadalmaknak, hiszen információ nélkül nem működhet egyetlen emberi társadalom sem.

Valójában minden társadalomban szükség van információra, de egyik korábbi emberi társadalmat sem neveztek sem kortárs elemzők, sem történészek információs társadalomnak. Ennek az az oka, hogy egyetlen társadalmat sem határozott meg olyan mértékben az információ (közlés, kezelés, feldolgozás, elemzés, tárolás, áramlás), mint napjaink társadalmát. Sok teoretikus és szakértő alkotott már különböző információs társadalom definíciókat, de ezek mind előfeltételezéseken alapulnak azzal kapcsolatban, hogy az élet mely területén okoz jelentős változást az információ központi elemmé válása. Így találkozhatunk erőforrás-alapú, tevékenység-központú, technológiacentrikus, iparági, politikai, emberközpontú, valamint komplex-globális meghatározásokkal egyaránt.

A fentiek alapján tehát eljutunk ahhoz a felismeréshez, hogy nem célszerű egy adott definícióhoz ragaszkodnunk, sokkal inkább a lehetséges vizsgálati szempontok alapján különböző modelleket állíthatunk fel az információs társadalom tartalmának feltárására.

2.2. Információtársadalom-modellek

A következő pontokban látni fogjuk, hogyan emelik ki az egyes modellek az információs társadalom egy-egy jellemzőjét. Az információs társadalom egy komplex rendszer, ennélfogva a modellek teoretikus, elemzési célokat szolgálnak, a valóságban azonban nem létezhetnek egymástól függetlenül.

2.2.1. Az információ-központú modell

Az első modell az információ és a hozzá kapcsolódó szolgáltatások szerepét hangsúlyozza a társadalomban. A legfontosabb érték az információ, adat, amely magában foglalja az információ termelését, az egyének információhoz való egyenlő hozzájutását és a digitális írástudás képességét. Az információ-központú modellben azok a legfontosabb szereplők, akik képesek létrehozni és használni az információt.

Az infokommunikációs technológiáknak (IKT) és a széles körű internetelésnek köszönhetően sosem látott mennyiségben termelődik információ minden nap. A friss statisztikák alapján¹ a világ népességének 51,8%-a rendelkezik internet-hozzáféréssel, ez több mint 990%-os növekedés 2000 óta. Az interneten eltöltött időn túl a naponta létrehozott adatok mennyisége és változatossága az, ami igazán kiemelkedő. Nézzünk meg néhány adatot!

A Facebook jelenleg 2,13 milliárd regisztrált felhasználót számlál, percenként 510 ezer kommentet írnak, 293 ezer státuszfrissítést és 136 ezer fotót tesznek közzé. Hasonlóképpen az internetezők 1,3 milliárd Twitter-fiókot regisztráltak, és naponta 500 millió tweetet tesznek közzé, ez megtöltene egy 10 millió oldalas könyvet. A YouTube közösségi videómegosztó oldal szintén 1,3 milliárd regisztrált felhasználóval rendelkezik. A felhasználók minden percben 300 órányi videót töltenek fel, és a napi több mint 30 millió látogató közel 5 milliárd videómegtekintést hajt végre, ez egymilliárd órányi videónézést jelent.

2.2.2. A társadalomelméleti/szociológiai modell

A második modellben az információs társadalom vizsgálatakor arra helyezzük a hangsúlyt, hogyan változott a társadalmi berendezkedés a korábbi időszakok társadalomstruktúrájához viszonyítva. Az információs társadalomban szükség van az információra és az információt közvetítő közegre, azonban ennek a két elemnek a megléte mit sem ér, ha nincs egy olyan felhasználói réteg, akik:

1. *készek* megvásárolni és otthonukban fogyasztani az új információs és tudásjavakat (birtokolnak és rendszeresen használnak IKT-eszközöket),
2. *képesek* befogadni az információt, azaz rendelkeznek az információ feldolgozásához szükséges kognitív képességekkel és digitális írástudással.

Ezek a szempontok bemutatják, hogy az információs társadalomban a korábbiaktól eltérő, új típusú polgárokkal találkozunk. A digitális kor szülöttei (úgynevezett digitális bennszülöttek) számára természetes a számítógépek, a közösségi oldalak, az azonnali üzenetküldő szolgáltatások jelenléte. Ez a generáció másképp látja a világot, és máshogyan gondolkodik, mint az őket megelőző nemzedékek tagjai (digitális bevándorlók, akiket az új technológiai vívmányok felnőttkorukban értek).

Az információs társadalom kialakulásával együtt járt az információs digitális kultúra megjelenése és megerősödése. Ennek legfontosabb területe az egyének *személyes információs kultúrája* (Personal Information Culture), amely magában foglalja az egyén ismereteit, képességeit, amelyek révén célzott és irányított önálló tevékenység végzése formájában képes információs szükségleteinek optimális kielégítésére az IKT-eszközök használata által.

¹ Az adatok 2017. december 31-i felmérések alapján készültek. Forrás: www.internetworldstats.com (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)

2. táblázat

A személyes információs kultúra rétegei

Információs írástudás – Alapfokú információs műveltség	Alapvető számítástechnikai ismeretek, billentyűzetkezelés, operációs rendszer ismerete, alapvető felhasználói programok kezelésében való jártasság, információértelmezés, -elemzés, -értékelés és -feldolgozás, alapvető digitális biztonsági kérdések és feladatok ismerete.
Középfokú információs műveltség	Az alapfokú feladatok/tevékenységek gyorsabb, hatékonyabb ellátása, a digitális eszközök használata beleolvad a mindennapi tevékenységekbe (munka, kikapcsolódás, kapcsolattartás), a felhasználó természetesen, könnyedén oldja meg ezeket a feladatokat, folyamatosan bővítve digitális kompetenciáinak körét (például: vizuális írástudás, médiaműveltség, tájékozódás az online és offline térben, digitális játékok ismerete, online pénzügyi feladatok ellátása, e-kormányzattal kapcsolatos tevékenységekben való jártasság).
Felsőfokú információs műveltség	Az információs világnézet, a három szint közül ezt a szintet nem vagy csak kevésbé lehet tanítani. Ezen a szinten az egyén tisztában van a digitális identitásával, céljaival és motivációival, érti saját helyét a digitális világban, átlátja a digitális világ komplex rendszerét és alkotó módon viszonyul hozzá. A technológia használata során átgondoltan cselekszik, keresi a választ a következő kérdésekre: miért szükséges az adott eszköz, milyen kockázatai vannak az adott technológia használatának, milyen használati szabályok vannak és mit kell tudni azokon felül, milyen etikai kérdéseket vet fel az adott szituáció.

Forrás: a szerző szerkesztése

Ahhoz, hogy személyes információs kultúrával rendelkezzenek az állampolgárok, további tényezőkre van szükség. Többek között: egyenlő hozzáférés a technológiához; szociális biztonság; olyan életkörülmények és környezet, amely elősegíti az egyéni fejlődést; a munkaerő újszerű megközelítését (felértékelődik a felhalmozott tapasztalati és tudástőke szerepe).

2.2.3. Technológiai-gazdaságelméleti modell

A harmadik megközelítési modell a technológia fejlődésének és a fejlődés következményeként bekövetkező gazdasági változásoknak, az információgazdaság kialakulásának vizsgálatából fakad.

Az információs társadalom ebből a megvilágításból azért jött létre, mert a társadalmi együttélés minden színterén elterjedtek, és egyre fontosabb szerepet játszanak az infokommunikációs technológiák. A technológiai-gazdasági megközelítés szempontjából számos kérdés vetődik fel. Ilyenek lehetnek: milyen jelentős infokommunikációs technológia terjedt el az elmúlt években? Hogyan jönnek létre ezek a technológiák? Arra használjuk az új technológiákat, amire kitalálták őket, vagy új felhasználási módok kapcsolódnak hozzájuk? Milyen a felhasználók attitűdje az új technológiák felé?

Az információgazdaság középpontjában az új típusú technológiák, a magas bevétel és az új típusú szolgáltatások állnának, mint az e-kereskedelem, online reklám, online tartalomszolgáltatás, elektronikus ügyintézés és minden egyéb szolgáltatás, amely megfelel az információs társadalom tagjai elvárásainak.

A gazdasági változás megjelenik a foglalkozásszerkezet változásában is. Az információs társadalomban felértékelődnek a munkavállalók infokommunikációs kompetenciái, központi szerepet töltenek be az információs munkakörök, elkerülhetetlenné vált a számítógépek használata, a digitalizáció. Folyamatosan érezhető a konvergencia a távközlés, a média és a számítástechnika között, sőt további területek forrnak egybe a hálózatosodásnak köszönhetően.

2.2.4. Tudástársadalom-modell

A társadalomtudományban vita tárgyát képezi az a felvetés, hogy az információs társadalom mellett létezik-e az úgynevezett tudástársadalom, s amennyiben igen, milyen szignifikáns különbség található a kettő között. A vizsgálatok eredménye az, hogy a két fogalom, az információ és a tudás nem létezhet egymás kizárásával. Az információ fogalmának vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a tudás az információ négy aspektusának egyike. Az egyének belső megfoghatatlan entitása, amely az adatok kommunikáció útján való megszerzésével, valamint az információfeldolgozás folyamatának segítségével realizálódik. A tudás szubjektív.

Az első modellben azt láthattuk, hogy az információs társadalom központi eleme az információ létrehozása és használata. Ezzel szemben a tudástársadalom-modell azt állítja, hogy az információ révén megszerzett és internalizált explicit (szavakkal leírható) és implicit (megfoghatatlan, számokkal nem kifejezhető) tudás összessége játszik kulcsszerepet a társadalom működésében. Míg az előbbi a világban globálisan keringő információ általános bőségére, utóbbi arra a kézzelfogható gazdaságra utal, amelyet a tudás teremt. Ebben a gazdaságban kézzelfogható az a szegénység, amelyet a tudástársadalomban a tudás hiánya okoz. Ezzel összefüggésben a tudástársadalomban kiemelkedő szerepe van az egyéni és szervezeti tudásnak, a tanulásnak és a tudásmenedzsmentnek.

3. Az információs társadalom fejlődése

Az információs társadalommal foglalkozó irodalomban sok szakértő azt állítja, hogy az információs társadalom egy a távoli jövőben megvalósuló kategória, jelenleg egy „átmeneti” időszakban élünk. Mások éppen ellenkezőleg, azt a tényt bizonygatják, hogy információs társadalomról már a 18–19. század fordulója óta beszélhetünk, ezért nem kérdéses, hogy napjaink társadalma is információs társadalom, csak annak az infokommunikációs technológiák fejlődésének köszönhetően egy modernbb változata.

Azonban az információs társadalom egy kronologikus sorrendben értelmezhető történeti fogalom. Egy olyan társadalmi minőségre utal, amelyet az előző állapotokhoz viszonyítva nem kérdéses, hogy napjaink társadalma már elért. Tekintsük át most röviden az információs társadalom fejlődését!

3.1. Az információs társadalom korszakai

3.1.1. Kezdetek

Az információs társadalom kifejezés elsőként Japánban születik meg Kisho Kurokawa építész és Tadao Umesao történész-antropológus beszélgetései nyomán. Írásban először egy tanulmány címeként szerepel (*Az információs társadalmak szociológiája*, 1964), 1971-ben már rendszerező szótár jelenik meg az információs társadalmakról. Az első angol nyelvű (information society) forrás Yoneji Masuda nevéhez köthető, aki egy később nyomtatásban is megjelenő konferencia-előadás keretében használja a kifejezést.

Ez nem azt jelenti, hogy az angolszász szakirodalomban ne lett volna az 1970-es évek előtt tudományos előzménye az információs társadalomnak. Számos írás született az információs társadalom mint új gazdasági, politikai és társadalmi jelenség leírására, de ezek a tanulmányok úgynevezett előzményszavakat használtak, mint: *posztindusztriális társadalom*, *automatizáció*, *harmadik szektor* vagy *fehérgalléros forradalom*. Közös jellemzőjük ezeknek a fogalmaknak, hogy az új berendezkedést egy adott gazdasági-társadalmi jellemzőjén keresztül, és nem komplex módon próbálták meg leírni.

A posztindusztriális társadalom kifejezést Ananda K. Coomaraswamy és Arthur J. Pentty alkotta meg 1914-ben. Céljuk az volt, hogy kifejezésre juttassák, a közel 200 év alatt kifejlődött ipari struktúrák jelentős lebomlásra és átalakulásra esnek át. A szerkezeti változásokban megfigyelhető a termeléssel szemben a szolgáltatások (harmadik szektor) növekvő fontossága, szerepe. A termelés alapjául szolgáló technológia is változóban volt, fokozatosan megjelent az automatizáció, a tömegtermelés, később pedig a számítógépes forradalom.

A társadalom változásának leírását az egyén felől az agymunka 1890 körüli fogalmának megjelenése indította el. Hasonlóképpen divatossá vált az intelligencia kifejezés használata annak nyomatékosítására, hogy a kétkezi gyári munkások mellett nagy számban megjelent és növekedni kezdett a tudásukat jövedelemmé fordító szellemi tevékenységet végző (fehérgalléros) társadalmi csoportok száma.

Az 1960-as évek végétől az 1980-as évek elejéig úgy tűnt, hogy a posztindusztriális társadalom fogalma lesz a leginkább megfelelő az új komplex társadalmi-gazdasági változások leírására. Azonban ez a fogalom sem bizonyult alkalmasnak arra, hogy teljeskörűen leírja az új gazdasági tevékenységeket, a tudás és az oktatás felértékelődő szerepét és a társadalmi rétegek átrendeződését. Továbbá a posztindusztriális társadalom fogalomnak egy másodlagos jelentése is volt, a posztkapitalizmus, azonban a kapitalista berendezkedés lényegében nem változott. Így az előzményszavak végül az 1980-as évek folyamán egybeolvadtak az információs társadalom gyűjtőfogalmába, amely gyorsan átkerült a politikai, sajtó, valamint a köznapi nyelvhasználatba.

3.1.2. Átlépés az információs társadalomba

A szakirodalomban nincsen közmegegyezés azzal kapcsolatban, hogy pontosan mely időpontra datálható az országok belépése az információs társadalomba, például bizonyos szakértők az Egyesült Államok átlépését az 1950-es, mások csak a 1960-as évek végére teszik. Pontos dátumokat nem tudunk az országok mellé illeszteni, hogy mikortól részesei

az információs társadalmak új világának, azonban a 3. táblázatban bemutatott szempontok alapján képesek vagyunk egy hozzávetőleges időpontot megállapítani. A táblázatban szerepelnek a társadalom működése szempontjából fontos rendszerelemek, kategóriák, az információs társadalomba történő átbillenés jellemzői, valamint a jellemzők szakirodalomban használt metaforái.

3. táblázat

Az információs társadalom alapkategóriái, ezek mérhetősége és metaforái

Alap kategória	Mérés és átbillenési pont	Metafora
Termelés (Gyártás)	Az információs szektorhoz tartozó, információ- és tudásterméket gyártó vállalkozások aránya a többi szektorhoz képest (relatív, amikor ez a legnagyobb szektor vagy abszolút, amikor 50% feletti dominancia).	<i>Információipar, tudásipar, információgazdaság, tudás gazdaság, mesterséges intelligencia</i>
Foglalkoztatás	Az információs és tudásszektorban foglalkoztatottak száma és aránya a többi szektorhoz képest (relatív vagy abszolút dominancia).	<i>Fehérgallérosok, tudásosztály, informatikai bennszülöttek, immateriális dolgozók</i>
Munka	A végzett tevékenység jellege szerint hányan és milyen mélységben foglalkoznak „hivatás-szerűen” információs tevékenységgel.	<i>Szimbólumfeldolgozók, intelligencia, agymunkás</i>
Erőforrás és technológia	Az információ és a tudás belép a hagyományos erőforrások és tőkeformák mellé.	<i>Szellemi és humántőke, vállalati információs és tudásvagyon</i>
Jövedelem és vagyon	Nemzetállami szinten a GNP, az egyén szintjén a havi kereset mértéke.	<i>Jóléti állam</i>
Fogyasztás	A vásárolt információs és kulturális javak, eszközök és szolgáltatások aránya a fogyasztói körben, különös tekintettel a médiatartalmakra.	<i>Fogyasztói társadalom</i>
Iskolázottság	A felsőfokú végzettségűek (diplomások) aránya a társadalmon belül.	<i>Tanuló társadalom</i>
Megismerés	A megismerés mérhető dimenzióiban elért eredmények és nagyságrendek.	<i>Élethosszig tartó tanulás, tudományos forradalom</i>
Konfliktuskezelési mód és hatalom-technika	A hagyományos hadviselési formák felcserélése, a gazdasági érdekütközések információs síkra terelése (üzleti hírszerzés, innovációs verseny). A társadalom „demokráciaállapota”, a kontroll típusai és közvetítői.	<i>Információs hadviselés, kiberháború, üzleti intelligencia, kockázattársadalom, kontrollválság</i>
Összekapcsoltság	A kölcsönös összekapcsoltság (mobiltelefon és internet penetráció).	<i>Behálózott társadalom</i>
Világkép, logikai keret	Az információközpontú világkép megjelenése, globális rendszerszint, mint értelmezési keret, jövőorientált gondolkodásmód.	<i>Globális falu, technokultúra, információs civilizáció</i>

Forrás: Z. KARVALICS 2007

A táblázatban található feltételek fokozatos teljesítésével a világ fejlett országai sorban léptek át az információs társadalmak világába, majd fejlődtek tovább. Hozzá kell tennünk, hogy az indikátorok a technológiai fejlődésnek köszönhetően nem állandó kategóriák. Például: az összekapcsoltság mérésére az 1950-es évek végén a vezetékes telefonellátottság, napjainkban a mobilpenetráció mértéke az iránymutató.

Becslések szerint elsőként az Egyesült Államok az 1960-as évek elején, Japán és a fejlett európai országok az 1970-es évek során, a fejlettebb ázsiai országok pedig az 1990-es évek elején váltak információs társadalmakká. Az Európai Unióhoz később csatlakozó közép- és kelet-közép-európai országok, köztük Magyarország esetében ez az átbillenés az ezredforduló környékén történt meg. Ugyanakkor Afrika, Latin-Amerika és Ázsia egyes területein ma még nem beszélhetünk információs társadalomról, azonban a technológiai fejlődésnek köszönhetően ezeken a területeken is megjelent az információs társadalom egy-egy fő jellemzője.

A globális információs társadalom kialakulása ahhoz a feltételhez kötődik, hogy a fejlettebb országok mutatói képesek legyenek ellensúlyozni a fejlődő országok alacsonyabb indikátorait. Szükség van arra, hogy a fejlődő országokban az urbanizált térségekben elinduljon a változás, ami kihatással lesz a vidéki, fejletlenebb területekre. Hasonlóképpen a fejlett információs társadalmak rohamos technológiai fejlődése magával vonja majd az alacsonyabb fejlettségi szintű országok gyors technológiai-gazdasági-társadalmi átalakulását.

3.1.3. A fejlett információs társadalom

Megvizsgáltuk, hogy a világ számos területén már évtizedekkel ezelőtt megtörtént az információs társadalomba történő átlépés, azonban ezeken a területeken a fejlődés azóta sem állt meg. Ennek köszönhetően számos teoretikus javasolta a „fejlett információs társadalom” fogalmának bevezetését.

A fejlett információs társadalom szerkezetben az infokommunikációs technológiák jelentik a legfontosabb fizikai erőforrásokat, míg az emberi tudás, a humántőke a legjelentősebb gazdasági jószág. Az információs kultúra egyúttal digitális kultúra is. Ezekre a társadalmakra jellemző a magasfokú összekapcsoltság, a közel 100%-os mobil- és internetpenetráció, a sűrű hálózati rendszerek, az egyének magas fokú digitális kompetenciái, egyúttal a minél kisebb digitális szakadék. Az állam jogszabályokkal és iránymutatásokkal aktívan alakítja az információs társadalmat, és maga is élen jár az innovációban. Szerepet vállal az új technológiák fejlesztésében, az állampolgárok elvárásainak köszönhetően a bürokratikus szervezet és eljárásrendszert felváltja a rugalmas és innovatív e-közigazgatási szolgáltatások kora.

Az információs társadalom kialakulásának összefoglalásául tekintsük át még egyszer az ipari és információs társadalmak közötti különbségeket. A 4. táblázatban összefoglaltuk a fő rendszerelemeket és azok jellemzőit.

4. táblázat

Az ipari és az információs társadalom jellemzőinek összehasonlítása

		Ipari társadalom	Információs társadalom
Innovációs technológia	Mag	Gőzgép (erő)	Számítógép és IKT (memória, számítás, vezérlés)
	Alapvető funkció	A fizikai munkaerő helyettesítése, kiegészítése	A szellemi munkaerő helyettesítése, kiegészítése
	Termelőerő	Anyagi termelőerő	Információs termelőerő (az optimális cselekvésválasztás képessége)
Társadalmi-gazdasági szerkezet	Termékek	Hasznos javak és szolgáltatások	IKT, információ, ismeretek, kompetenciák
	Termelő központ	Korszerű gyár (gépek, berendezések)	Információs közmű (adatbankok, hálózatok)
	Piac	Új világrészek, gyarmatok, fogyasztói vásárlóerő	Ismeretek határának kitolódása, információs tér
	Húzó iparágak	Gyáripar (gépgyártás, vegyipar)	Intellektuális információs ipar
	Ipari szerkezet	Elsődleges és másodlagos szektor	Mátrixrendszer (elsődleges, másodlagos és harmadlagos szektor)
	Gazdasági szerkezet	Ártermelő gazdaság (munkamegosztás, a termelés és a fogyasztás szétválasztása)	Szinergikus gazdaság (közös termelés, megosztott hasznosítás)
	Társadalmi-gazdasági alapelv	Ártörvény (a kínálat és a kereslet egyensúlya)	Célok törvénye (szinergikus előrcsatolás)
	Társadalmi-gazdasági alany	Vállalat (magánvállalat, közösvállalat, harmadik szektor)	Önkéntes közösségek (helyi és információs csoportosulások)
	Társadalmi-gazdasági rendszer	A tőke magántulajdona, szabad verseny, profitmaximalizálás	Információs infrastruktúra, társadalmi előnyök elsőbbsége
	Társadalmi forma	Osztálytársadalom (központi hatalom, osztályok, ellenőrzés)	Funkcionális társadalom (sok központú)
	Nemzeti cél	GNW (nemzeti összjólet)	GNS (nemzeti összelégedettség)
	Kormányzati forma	Parlamentari demokrácia	Részvételi demokrácia
	A társadalmi változás ereje	Munkásmozgalmak, sztrájkok	Lakossági mozgalmak, bírósági eljárások
	Társadalmi problémák	Munkanélküliség, háborúk, fasiszmus	Jövősokk, terrorizmus, magánélet megsértése
	Legmagasabb foka	Magas szintű tömegfogyasztás	Magas szintű ismeret, információtermelés
Értékek	Értékrend	Anyagi, fiziológiai igények kielégítése	Idő értéke
	Etikai szabályok	Alapvető emberi jogok	Önfegyelem, társadalmi hozzájárulás
	A kor szelleme	Reneszánsz (ember felszabadítása)	Globalizmus (ember-természet egyensúlya)

Forrás: MASUDA 1980

3.2. Az információs társadalom fejlődése Magyarországon

3.2.1. Korszakok

Magyarországon az információs társadalomba történő átlépés az ezredforduló környékén ment végbe, azonban nem volt minden előzmény nélküli ez a változás. 1968-ban megalakult a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság. 1983-ban az oktatás fejlesztése érdekében a kormány elindította az iskola-számítógép programot, majd 1986-ban a gazdaságélénkítés elősegítésére elfogadta az Elektronikai Gazdaságfejlesztési Programot. 1987-ben a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság kezdeményezésére elindult az Információs Infrastruktúra Fejlesztési (IIF) program. Az 1990-es évektől pedig a civil szféra, a szakmai közeg és kormányzati szereplők több dokumentumot dolgoztak ki az információs társadalom stratégiai fejlesztéséhez.

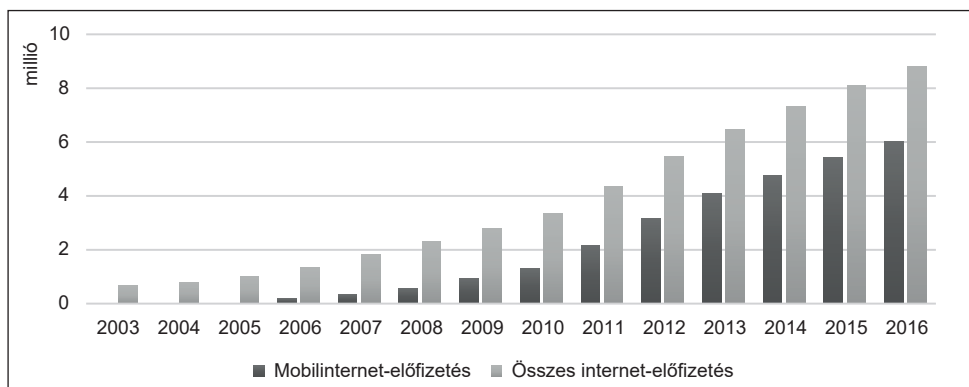
Az 1990-es évektől kezdve a technológia- és infrastruktúra-fejlesztés szempontjából öt nagyobb szakaszt különböztethetünk meg:

1. 1990–1995: Az informatika hőskorszaka
2. 1995–2000: Modemes korszak
3. 2000–2005: A web 1.0 kora
4. 2005–2010: A széles sávú internet kora
5. 2010–napjaink: Poszt-PC korszak

Az infrastrukturális fejlődés mögött alapvető változásokat figyelhetünk meg a társadalomban. Korábban hazánkban is a digitális kultúra a hagyományos kultúra mellett létezett annak leképeződéseként, napjainkra azonban a digitális kultúra alakítja a viszonyokat. Ennek lenyomatát láthatjuk a média átalakulásától kezdve a mindennapi tevékenységek digitalizálódásáig.

Példaként lássuk az *1. ábrán* látható lakossági internethasználati adatokat. Az ezredfordulót követően az internetezés egyre fontosabb médiummá vált, a korábban megszokott rádió és televízió mellett. 2003-ban a magyar lakossági internet-előfizetések száma több mint 660 ezer volt, ez a szám 2016-ra több mint 8,8 millió, nem számítva a 6 milliónál is több mobilinternet-előfizetést. Ezek szerint, míg az ezredfordulón a lakosság körülbelül 9%-a fért hozzá a világhálózathoz az otthonában, napjainkra ez a szám 87% körül alakul. Érdeemes megfigyelni azt is, hogy az internethasználat a 2010-es évektől kezdve rohamosan levált a korábbi hordozóeszközéről, a személyi számítógépről.

Az információs társadalom hazai fejlődését egyszerűen le tudjuk követni, ha megvizsgáljuk a terület fejlesztésére alkotott jogi-stratégiai dokumentumokat. A következő pontban ezeket vizsgáljuk meg részletesebben.



1. ábra

Mobilinternet-előfizetések száma az összes internet-előfizetéshez viszonyítva 2003–2016

Forrás: a szerző szerkesztése, adatok forrása: KSH

3.2.2. Az információs társadalomra vonatkozó hazai stratégiák

Az információs társadalom fejlődésének első két szakaszában számos, elsősorban az infrastrukturális fejlesztéseket szolgáló stratégiai dokumentumot fogadtak el. Többek között:

- Nemzeti Informatikai Stratégia – 1995
- Az információs társadalom kormányzati teendői – 1998
- Magyar Válasz az Információs Társadalom kihívásaira – 1999
- Tézisek az Információs Társadalomról – 2000
- Magyar Informatikai Charta – 2000

A harmadik fejlődési szakasztól kezdődően a gazdasági és társadalmi viszonyok egyre szélesebb körére vonatkozó stratégiai dokumentumokat és cselekvési terveket dolgoztak ki.

- Széchenyi-terv – Nemzeti Információs Társadalom Stratégia – 2001
A NITS a Széchenyi-terv Információs Társadalom- és Gazdaságfejlesztési Programjára épült, tulajdonképpen az első kormányzati szintű stratégia volt. A koncepció az információs társadalom kiépítését az ember, eszköz és tartalom fejlesztésének hármásán keresztül célozta meg.
- Magyar Információs Társadalom Stratégia – 2003
A MITS 10–15 évre szóló, az információs fejlesztések hosszú távú startégiája volt. Célként fogalmazta meg, hogy: „Magyarországon 10 éven belül tudás alapú gazdaság, modern információs társadalom, állam és önkormányzat alakuljon ki.” A stratégia átfogó, rendszerszemléletű volt, cselekvési területei kitertek a gazdaság, közigazgatás, kultúra, oktatás, egészség, környezetvédelem, széles sávú infrastruktúra, hozzáférés, digitális írástudás, jogi szabályozás és a kutatás-fejlesztés területeire.

- E-Kormányzat 2005

A MITS részeként létrehozott e-Kormányzat 2005 Stratégia célja, olyan megbízható működést garantáló infrastruktúra kiépítése, amely egységes logikai és biztonsági rendszerben teszi lehetővé az állampolgárok számára a mindennapi ügyeik távolról történő intézését. A stratégia megvalósításának részeként jött létre az Elektronikus Kormányzati Gerinchálózat, valamint a Központi Elektronikus Szolgáltató Rendszer.

- Nemzeti Szélessávú Stratégia – 2005–2013
- Tudomány-, Technológia- és Innovációpolitikai Középtávú Stratégia – 2006
- E-Közigazgatás Stratégia – 2006, 2010

A jelenleg is zajló ötödik korszak meghatározó stratégiai dokumentuma a Digitális Nemzet Fejlesztési Program, más néven Digitális Jólét Program (fő stratégiai dokumentuma a Nemzeti Infokommunikációs Stratégia 2014–2020). A DJP kijelölte a hazai informatikai és távközlési szektor fejlesztésének főbb pontjait, és a digitális ökoszisztéma elemeinek összehangolt fejlesztését irányozta elő.

A digitális ökoszisztéma elemei a DJP rendszerében:

- digitális gazdaság,
- elektronikus szolgáltatások,
- infokommunikációs infrastruktúra,
- felhasználók, állampolgárok.

A Digitális Magyarország főbb céljai:

- széles sávú internet lefedettségének növelése;
- a helyi közösségek, valamint a teljes magyar lakosság összetartozásának erősítése a digitális technológia segítségével;
- az állami szolgáltatások fejlesztése;
- az ország versenyképességének növelése a digitális szolgáltatások és készségek fejlesztése által;
- az életminőség javítása az IKT-alkalmazások, szolgáltatások elterjedésének elősegítésével.

4. Az információs társadalom működése

Az előző két részben áttekintettük az információs társadalomra vonatkozó alapvető elveket. Megvizsgáltuk, milyen modellek mentén beszélhetünk az információs társadalomról, mikor, valamint általánosságban és Magyarországon hogyan alakult ki. Most arra keressük a választ, hogy az információs társadalomnak kik a szereplői, milyen elvek, jogszabályok mentén működik?

4.1. Hogyan épül fel? Rendszer vagy hálózat?

4.1.1. Rendszer

A tudományos gondolkodásban a 19. század végétől kezdve a társadalmat olyan rendszernek, rendszerszerű együttesnek tekintették, amelyben az alkotórészek kölcsönösen függnek egymástól és az egésztől. Az egész több, mint az alkotórészek összessége, hiszen a részek az egészhez való viszonyukban nyerik el funkciójukat, jelentésüket. A rendszerszemléletű megközelítésben a funkcionalitás szempontjából megkülönböztetjük a gazdasági, állami, jogi, politikai, érdekképviseleti, kulturális, reprodukciós, kommunikációs, a civil szféra és a magánélet alrendszerait.

Az információs társadalmat is felfoghatjuk rendszerként, sőt a korábban megvizsgált modellek (információ-központú, szociológiai és tudástársadalom) egy része is rendszerként viszonyul az információs társadalomhoz. Ebben az esetben a rendszer egészét áthatja az információ fontossága, és alapvető az összes alrendszerben az IKT-infrastruktúra léte. Amikor azt vizsgáljuk, hogy egy adott állam fejlődése meghaladta-e már az információs társadalomba történő átbillenési pontot, tulajdonképpen a társadalom egyes alrendszereiben, ökoszisztémáiban keressük az információ és technológia helyét, szerepét.

4.1.2. Hálózat

Ha az információs társadalom technológiai-gazdasági modelljét helyezzük előtérbe, akkor az információs társadalomra nem rendszerként, hanem hálózatként, úgynevezett hálózati társadalomként tekintünk. Miért? A hálózati társadalom kifejezés az 1990-es években vált ismertté Manuel Castells spanyol szociológus munkásságának köszönhetően. Castells szerint a hálózati társadalom olyan berendezkedés, amelyben a működés alapja az infokommunikációs technológia és infrastruktúra, ugyanis a társadalomban a számítógépes hálózatok segítségével hoznak létre, gyűjtenek, továbbítanak és dolgoznak fel adatokat, információt. Ahogyan a hálózattudománnyal foglalkozó fejezetekben láttuk, a hálózatokban összekötők, nagy jelentőségű csomópontok (közeppontok) jönnek létre. Így az információs társadalomban is léteznek ilyen csomópontok, kiemelkedő fontosságú személyek, vállalatok, internetes felületek. A hálózatelmélet segít megérteni azt a folyamatot, amelynek során az elmúlt évtizedekben kialakult az egyének, gazdasági szervezetek és állami szféra interkonnektivitása és digitalizálódása.

4.2. Felhasználók – az információs társadalom állampolgára

Az információs társadalom szociológiai modelljénél megvizsgáltuk, hogy ebben az új berendezkedésben új típusú polgárokkal találkozunk. Ők azok, akik *készek* megvásárolni és fogyasztani az új információs javakat, és *képesek* befogadni, értelmezni és feldolgozni az információkat.

Az információs társadalom állampolgára tehát felhasználója és fogyasztója az új technológiának, így elengedhetetlen, hogy rendelkezzen alapfokú információs kultúrá-

val. A felhasználók aktívan alakítják az információs társadalom berendezkedését, hiszen a technológiai piac legnagyobb csoportját alkotják. Mivel napi szinten használják a hálózatokat, készülékeket és szolgáltatásokat, az információs társadalom többi csoportjának első számú érdeke a felhasználók megnyerése, hiszen a technológia területén egy új eszköz vagy szolgáltatás csak akkor lesz sikeres, ha a felhasználók kellően nagy táborát sikerül elérnie, és a felhasználók támogatják az újítást.

A felhasználók tekintetében nem hagyhatjuk figyelmen kívül a digitális megosztottság kérdését. Egyrészt a *használat minősége* (ki mit csinál és mit képes végrehajtani a világháló használatakor) válik a megkülönböztetés dimenziójává. Ennélfogva az információs társadalomban a felhasználók között mindig jelen lesz a digitális megosztottság az eltérő képességeknek, kompetenciáknak köszönhetően. Másrészt a felhasználók *szokásai* is fontos szerepet kapnak az információs társadalomban. Vannak olyan személyek, akik ritkán és keveset használják az internetet, csak néhány oldalt látogatnak rendszeresen. Ezzel szemben találkozhatunk olyanokkal, akik szinte online élik az életüket. Jelen vannak több közösségi oldalon, online végzik a munkájuk, magánéletük, kommunikációjuk, szórakozásuk, sőt akár a közügyeik intézését is.

4.3. Az állami-jogi rendszer

Az információs társadalom kialakulása hatással van az állami-jogi berendezkedésre. Új szabályozási igény alakult ki, új szolgáltatások bevezetése vált szükségessé, ennélfogva az információs társadalomban szükség van az információs társadalom jogáról is szót ejteni.

5. táblázat

Az információs társadalom jogának értelmezési dimenziói

Az információs társadalom joga	
Tág értelmezés	Az információs társadalomban felmerülő élethelyzetekre vonatkozó szabályok. Magában foglal valamennyi törvényt, bírói döntést és társadalmi normát, azaz a jogrendszer egészét.
Szűk értelmezés	Az információs-kommunikációs hálózatokra épülő társadalmi viszonyokat szabályozó normák összessége, más néven internetjog.

Forrás: a szerző szerkesztése

Milyen területeket fed le a szűkebb értelemben vett információs társadalom joga? Az információs társadalmat szabályozó normarendszer magában foglal nemzetközi dokumentumokat, európai uniós és nemzeti szabályokat, továbbá a piaci szereplők önszabályozását. A vertikális jogrendszert ezek a szabályok horizontálisan szövik át. A legfontosabb szabályozott területek a következők:

- elektronikus kereskedelem,
- digitális aláírás,
- tartalomszolgáltatás,
- médiajog,
- szerzői- és iparjogvédelem,

- versenyjog,
- adat- és kibervédelem,
- elektronikus kormányzat,
- információ-, sajtó- és szólásszabadság.

A szabályozáson és a stratégiai tervezésen túl az állam szerepet vállal az új technológiák fejlesztésében, és vásárlója is az új technológiáknak. Az állampolgárok elvárásainak köszönhetően a bürokratikus szervezet- és eljárásrendszert felváltja a rugalmas és innovatív e-közigazgatási szolgáltatások kora.

4.4. Az információs gazdaság

Az információs társadalmi átalakulás nagy hatással volt a gazdasági berendezkedésre, létrejött az úgynevezett információgazdaság. Miben más az információgazdaság, mint a korábbi berendezkedések? Vizsgáljuk meg a teljesség igénye nélkül az információgazdaság néhány fő jellemzőjét.

6. táblázat

Az információgazdaság jellemzői

Személyre szabott tömegtermelés	Az ipari forradalomnak köszönhetően kialakult az első fogyasztói társadalom, amelynek középpontjában a tömegtermelés állt. Az információs társadalomban a szükségletek homogenizálása helyett a szükségletek egyediségének figyelembevétele áll a vállalatok filozófiájának középpontjában. A személyre szabottság a rugalmas gyártási technológiák, valamint a termelő és a fogyasztó, a vevő és az eladó közötti kommunikációs kapcsolat létrejöttének köszönhető.
Elektronikus kereskedelem, globalizáció	Az információs társadalomban a fogyasztóknak lehetőségük van online vásárolni termékeket, szolgáltatásokat a világ bármely pontjáról. A profitmaximalizálás elérése érdekében a vállalatoknak a nap 24 órájában elérhetőnek kell lenniük.
Informáltság	A fogyasztóknak egyre több alkalmuk van arra, hogy a termékekkel kapcsolatban a világhálón tájékozódjanak, így egyre kevésbé lesznek a fogyasztók kiszolgáltatottak az ipar érdekeinek.
Profilalkotás	Korábban a termékek és piacok szegmentációja, differenciálása volt az ipari társadalom jellemzője. Napjainkban a vállalatok a fogyasztókat különböztetik meg, igyekeznek fogyasztói profilokat kialakítani és a jövőbeli felhasználó fejével gondolkodva alakítják a termékínálatot.
Együttalkotás	Az előző pont továbbfejlesztése, amely során a vevő kilép a szerepköréből, és aktívan szerepet vállal az eladások irányításában, a termékek termelésében, továbbfejlesztésében.

Forrás: a szerző szerkesztése

5. Összefoglalás

A fejezetben áttekintettük az információs társadalom mint rendszer működését. Elsőként megvizsgáltuk, hogyan lehet definiálni az információs rendszer fogalmát, külön-külön értelmeztük az információ és társadalom kifejezéseket. Megállapítottuk, hogy a gazdasági-technológiai és társadalmi változás leírására, amelyet az információs társadalom megjelenése hozott magával, nem lehet pontos, mindenre kiterjedő definíciót alkotni, ezért bevezettük a modellek fogalmát. Megvizsgáltuk a szakirodalomban leginkább elterjedt, az információs társadalom leírását szolgáló modelleket: az információ-központú modellt, a társadalomelméleti/szociológiai modellt, a technológiai-gazdasági modellt és a tudástársadalom-modellt.

A fejezet második részében áttekintettük, hogyan ment végbe világszerte az információs társadalom kialakulása. Megértettük, hogy nem lehet egyszerűen megállapítani az egyes országok tekintetében, hogy az átbillenés az információs társadalomba melyik pillanatban ment végbe. Szükség van a társadalom főbb alrendszereinek elemzésére ahhoz, hogy meglássuk egy adott állam információs társadalmi fejlettségét. Egy összefoglaló táblázat segítségével áttekintettük ezeket az alrendszereket. Bemutattuk Magyarország információs társadalmának fejlődését az elmúlt 20 év tükrében. Kitértünk a technológiai, gazdasági, jogi, politikai és társadalmi változásokra egyaránt.

A fejezet utolsó egységében részletesen áttekintettük az információs társadalom mint rendszer főbb alrendszereit. Megvizsgáltuk a felhasználók szerepét és fő jellemzőit az információs társadalom ökoszisztémájában. Megértettük, mit jelent az információs társadalom joga és az állam szerepe a társadalmi változások irányításában. Végül áttekintettük, hogy milyen területeken különbözik az információs gazdaság az ipari gazdaságtól.

Fogalmak

- információs társadalom
- digitális bennszülött
- digitális bevándorló
- személyes információs kultúra
- tudástársadalom
- hálózati társadalom
- felhasználó
- információs gazdaság
- személyre szabott tömegtermelés
- együttalkotás
- digitális megosztottság
- információs társadalom joga

Áttekintő kérdések, feladatok

1. Definálja az információs társadalom fogalmát a saját szavaival! Mi az, amit elsődlegesen kiemelve? Miben új vagy más ez a társadalom, mint az ezt megelőzők?
2. Milyen előzményfogalmakat ismer az információs társadalom leírására, miért az információs társadalom fogalom használata terjedt el?
3. Milyen modellekkel írhatjuk le az információs társadalmat? Sorolja fel, és röviden mutassa be a jellemzőiket!
4. Hogyan alakult ki napjaink információs társadalma? Mutassa be röviden a lépéseket! Mikor léptek át az országok az információs társadalomba? Mikortól beszélhetünk globális információs társadalomról?
5. Mit jelent a fejlettebb információs társadalom?
6. Mit jelent a tudástársadalom, és miben különbözik az információs társadalomtól?
7. Az információs társadalom kialakulása mely „alrendszerekben” tűnik leginkább mérhetőnek?
8. Mi az információs társadalom működésének alapja: rendszerelv vagy hálózati elv?
9. Milyen színtereken értelmezhetjük a digitális megosztottság kérdését az információs társadalomban?
10. Milyen jellemzőit ismeri az információs gazdaságnak?
11. Mit jelent szűk és tág értelemben az információs társadalom joga?

Felhasznált irodalom

- BUCKLAND, M. K. (1991): *Information and information systems*. New York, Greenwood Press.
- MASUDA, Y. (1980): *Az információs társadalom*. Budapest, OMIKK.
- Z. KARVALICS L. (2007): Információs Társadalom – Mi Az? Egy Kifejezés Jelentése, Története és Fogalomkörnyezete. In PINTÉR R. szerk.: *Az információs társadalom. Az elmélettől a politikai gyakorlatig*. Budapest, Gondolat – Új Mandátum. 29–46.

Ajánlott irodalom

- BASH, C. E. – PATEL, C. D. – SHAH, A. J. – SHARMA, R. K. (2008): The sustainable information technology ecosystem. In *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 2008. ITherm 2008. 11th Intersociety Conference*. IEEE. 1126–1131. DOI: <https://doi.org/10.1109%2Fitherm.2008.4544387>
- CASTELNOVO, W. (2010): Is there an eGovernment Paradox. In *10th European eGovernment Conference on eGovernment*. Academic Publishing Limited Limerick, Ireland. 90–98.
- DRAGOMIRESCU, H. – VAFOPOULOS, M. (2016): Az infonómiától a Webonómiáig: Hogyan alakítja az információs és kommunikációs technológia az információról mint az üzleti tevékenység tárgyáról alkotott képünket? *Információs Társadalom*, 16. évf. 2. sz. 61–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.22503/infars.XVI.2016.2.4>
- GLATZ, F. (2000): Információs társadalom. *Ezredforduló*, 3. sz. 19–26.
- HAIG, Zs. (2009): The information infrastructures of the information society. *Bolyai Szemle*, 18. évf. 4. sz. 133–144.

- HALASSY, B. (1996): *Ember – információ – rendszer*. Budapest, IDG.
- HÁMORI, B. (2017): Változások a fogyasztók viselkedésében az információs technológiák hatására. In VILMÁNYI M. – KAZÁR K. szerk.: *Menedzsment innovációk az üzleti és a nonbusiness szférákban*. Szeged, SZTE Gazdaságtudományi Kar. 408–429.
- HOLL, A. (2002): Az információs társadalom magyar stratégiája (gondolatok). In Információs Társadalom Könyvek 5.: *A Tudás Társadalma*. I. kötet. Budapest, Stratégiakutató Intézet. 190–194.
- JIN, S. – CHO, C. M. (2015): Is ICT a new essential for national economic growth in an information society? *Government Information Quarterly*, Vol. 32, No. 3. 253–260. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.giq.2015.04.007>
- MISURACA, G. – CODAGNONE, C. – ROSSEL, P. (2013): From practice to theory and back to practice: Reflexivity in measurement and evaluation for evidence-based policy making in the information society. *Government Information Quarterly*, Vol. 30. 68–82. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.giq.2012.07.011>
- NATALIYA, P. (2015): Cognitive management in the information society context. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 166. 456–459. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.sbspro.2014.12.553>
- NIZAMI, N. – PRASAD, N. (2017): Global Information Economy and Information Technology. In *Decent Work: Concept, Theory and Measurement*. Singapore, Palgrave Macmillan.
- O'NEILL, B. (2012): Trust in the information society. *Computer Law & Security Review*, Vol. 28, No. 5. 551–559. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.clsr.2012.07.005>
- ORSUCCI, F. F. – SALA, N. (2008): *Reflexing Interfaces: The Complex Coevolution of Information Technology Ecosystems*. IGI Global. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-627-3>
- PIERSON, K. – THOMPSON, F. (2016): How you buy affects what you get: Technology acquisition by state governments. *Government Information Quarterly*, Vol. 33, No. 3. 494–505. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.giq.2016.06.003>
- ROPOLYI, L. (2006): Információ, tudás, társadalom. *Információs Társadalom*, 6. évf. 1. sz. 15–21.
- SZÉKELY L. (2017): Győztes vesztesek – az információs társadalom ifjúsága. *Információs Társadalom*, 17. évf. 2. sz. 53–68. DOI: <https://doi.org/10.22503%2Finfstars.xvii.2017.2.4>
- SZŰTS, Z. – JINIL, Y. (2016): Big Data, az információs társadalom új paradigmája. *Információs Társadalom*, 16. évf. 1. sz. 8–28. DOI: <https://doi.org/10.22503%2Finfstars.xvi.2016.1.1>
- Z. KARVALICS, L. (2001): Bevezető az információs társadalom tudománytörténetéhez. *Információs Társadalom*, 1. évf. 1. sz. 34–48.
- Z. KARVALICS, L. (2012): Információs kultúra, információs műveltség – egy fogalomcsalád értelme, terjedelme, tipológiája és története. *Információs Társadalom*, 12. évf. 1. sz. 7–43.

Vákát oldal

X. A hálózatok további jellemzői és azok gyakorlati aspektusai, különös tekintettel az álhírekre

Szakos Judit

DOI: 10.36250/00734.10

1. A fejezet célkitűzése

A fejezetben a hallgató megismeri a fejlődő hálózatok elméletét. Képes lesz a tőle elvárható szinten értelmezni a hálózatok csoportosulásának jellemzőit, és megérti, hogy a közösségek feltérképezése ugyanúgy hasznos lehet a gazdasági élet folyamatainak megértéséhez, mint a bűnszervezetek feltárásához. A terjedési jelenségek kapcsán megismeri a hálózati járványtan fogalmát, amely a közegészségügy egy fontos jövőbeli aspektusát tudja képezni, így megértése kiemelten fontos az államtudományok területén is. Az életünket meghatározó hálózatokat és a hálózatos társadalom egyik kihívását is bemutatjuk: az álhírek növekvő kockázatot jelentenek a tudomány, a gazdaság, a társadalom és a demokratikus intézményrendszer működésére is, így a neten mint hálózaton való terjedésük megismerése a jövő kormányzati szakembereinek a reaklási képességét tudja erősíteni.

A fejezet Barabási Albert-László (2016) téziseire épít az álhírek és a hálózattudomány kapcsolatával kiegészítve.

2. Fejlődő hálózatok

2.1. Elmélet kontra gyakorlat

Az előző fejezetekben a rendszerek és a hálózatok alaptéziseit már megismerhettük. Megtanultuk, hogy az Erdős-Rényi-modellben a legnagyobb csomópontok kiválasztása teljesen véletlen. A Barabási-Albert-modell pedig azt írja le, hogy a legrégebbi csomópontnak van mindig a legtöbb kapcsolata. Az első modell egy teljesen egyenlő, véletlenalapú társadalmat ír le, ahol véletlenszerűen lesz valakiből koldus vagy milliárdos. A második, a Barabási-Albert-modell pedig az üzleti irodalomban az *első belépők előnyeként* leírt jelenséget mutatja be, vagyis hogy az a csomópont, amelyik hamarabb megjelenik egy hálózatban, értelemszerűen nagyobb lesz, több kapcsolattal bír.

A valóság azonban nem mindig a fenti elméletek szerint alakul. A Google ugyanis nem a legkorábban piacra lépett keresőmotor (sokáig az Alta Vista és az Inktomi uralta a piacot),

mégis sokáig ez számított a web legnagyobb csomópontjának, amelyet aztán megelőzött a 2004-ben alapított Facebook. Mindez azonban ellentmond a fent említett elméleteknek. Hogyan lehetséges mindez?

A hálózattudomány fejlődésével ma már megkülönböztethetünk statikus modelleket, hálózatokat generáló modelleket és fejlődőhálózat-modelleket, amelyek egyszerre vannak jelen, más-más vizsgálati célra alkalmasak. Utóbbi adja meg a kérdésünkre a választ, vajon hogyan fejlődhet gyorsabban egy később belépő csomópont, mint az elődei.

2.2. A Bianconi–Barabási-modell

Ha az operációs rendszerek kapcsán nézzük meg az első belépő előnyét mint tézist, szintén a Google által szemléltetett példához jutunk el. Az elmélet ugyanis abból indul ki, hogy ha nincs hatással a verseny a hálózat topológiájára (skálafüggetlen hálózatok), a korábban érkezőnek van versenyelőnye. Ha mindez igaz lenne az operációs rendszerek esetén, akkor ma a legtöbb számítógépen DOS-rendszer¹ futna. Mivel azonban a versenynek hatása van a hálózati topológiára (nem skálafüggetlen hálózatok), a leginkább preferált csomópont – ebben a példában a Windows operációs rendszer – lesz a legnépszerűbb, ehhez kapcsolódik a legtöbb újonnan belépő.

A fenti esetet a *Bianconi–Barabási-modell* magyarázza meg számunkra, amely bevezeti az *alkalmasság* fogalmát, így képes megadni a kulcsot, miért sikeresebbek egyes hálózati csomópontok, mint mások.

Levezették továbbá, hogy egy magasabb alkalmasságú csomópont fokszáma gyorsabban nő, így képes lehagyni a kisebb alkalmasságú csomópontokat. Egy csomópont növekedési sebességét tehát az alkalmassága határozza meg, és ebből kiszámolható, hogy a foksámeloszlás hogyan függ az alkalmasság eloszlásától. Ez az alkalmasság magyarázza, hogy miért képesek egyesek gyorsan tartós ismereteket kialakítani, míg másoknak ez nehezebben megy, vagy az üzleti életben a Facebook közösségi háló sikere is ezzel írható le, amelynek 2017 utolsó negyedében 2,2 milliárd aktív felhasználója volt a világon (*Number of monthly active Facebook users worldwide as of 4th quarter 2017 [in millions]*). Két csomópont közül ugyanis azt fogja választani az új csomópont, amelyiknek nagyobb az alkalmassága, amelyik vonzóbb számára. A csomópontok tulajdonságai tehát nem egyformák a kapcsolatokért kialakult versenyben. Ha az alkalmasságuk egyforma, akkor a korábbiaknak megfelelően fog majd választani, azaz a régebbi csomóponthoz fog kapcsolódni.

2.3. További kérdések a fejlődő hálózatok tulajdonságai kapcsán

A Barabási–Albert-modellben a csomópontok megjelenése után azok $k = 0$ valószínűséggel létesítenek kapcsolatokat, ami alapján senki nem fog az új pontokhoz kapcsolódni. Ez a modell azonban sok tényezőt nem vesz figyelembe:

¹ A DOS Disk Operating System, azaz lemezek kezelésére képes operációs rendszer első változatát 1966-ban az IBM adta ki. A DOS rendszer parancsokkal vezérelhető szemben a Windows grafikus, felhasználóbarát felületével.

- A növekvő hálózatok bizonyításához szükséges volt bevezetni a *kezdeti vonzóerő* fogalmát, amely azt mutatja meg, hogy egy új csomópontnak is 0-nál nagyobb esélye van a kezdeti kapcsolatszerzésre. Példaként említhetjük, hogy ha egy új városba költözünk, a kezdeti vonzóerő alapján új ismerősöket fogunk szerezni.
- A másik fontos tényező, amelyről beszélnünk kell, azt írja le, hogy nem feltétlenül kell mindig új csomópontoknak belépniük a hálózatba egy új kapcsolat létesülésehez, a meglévő csomópontok között is létesülhetnek *belső kapcsolatok*. Ez azt jelenti, hogy barátságot is olyan emberekkel kötünk általában, akiknek már voltak korábban barátaik.
- A *csomópontok törlése* a legtöbb hálózatból lehetséges, a költözéses példánál maradva az elhagyott lakóhelyet, munkahelyet tekinthetjük ilyennek.
- Végetetül elmondhatjuk, hogy a *csomópontok öregedése* is lehetséges, azok élettartama véges. Ilyenkor fokozatosan csökken az új kapcsolatszerzési arányuk, majd egy idő után már nem létesítenek új kapcsolatokat, például egy színésznő nem forgat új filmet vagy egy író nem ír új könyvet.

3. A hálózatok csoportosulása

A hálózatoknak további tulajdonságait is leírhatjuk, például az egyes csomópontok közötti kapcsolatokból kirajzolódó szabályszerűségeket. A fejezet a hálózatok csoportosulásával, a kirajzolódó közösségekkel foglalkozik.

Barabási Albert-László (2016) megfogalmazása szerint a *közösség* a csomópontok olyan csoportja, amelyen belül a csomópontok nagyobb valószínűséggel kapcsolódnak egymáshoz, mint más közösségek tagjaihoz. Ilyen közösségnek tekintjük a baráti társaságokat, az egy munkahelyen dolgozókat, de a molekulák hálózatában is megfigyelték ezt a tendenciát, például az anyagcsere-hálózatokban.

3.1. Alapfogalmak

A vizsgálat egyik iskolapéldája a *Zachary karateklubja* néven elhíresült szociálishálózat-megfigyelés. Nevét Wayne Zachary szociológusról kapta, aki egy kis közösségben, egy 34 fős karateklubban végzett megfigyeléseket, a klubban végül 78 páros kapcsolatot tudott leírni. Itt csak azokból az interakciókból dolgozott, ahol a párosok a sportklubon kívül is kapcsolatban voltak. Az általa ezekből az adatokból felrajzolt közösségi struktúra pedig meglepő módon kirajzolta a tagok két részre szakadását az edző és a klubelnök konfliktusa mentén (1. ábra).

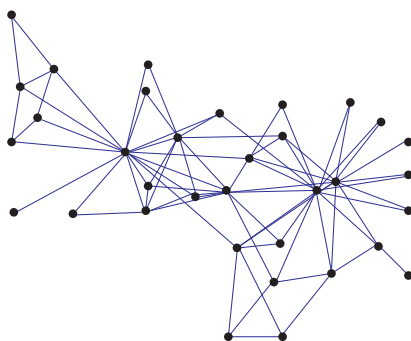
Még pontosabban definiálva a közösség egy lokális, sűrűn összekapcsolt részgráf a hálózatban. Itt két fontos kiindulópontot kell tisztáznunk, amelyet a kutatók feltételeztek a csoportosulásvizsgálat kezdetekor:

- *Összefüggőség*: A fogalom azt írja le, hogy egy közösség tagja elérhető kell, hogy legyen a közösség többi tagja számára is.

- *Sűrűség*: Egy közösséghez tartozó csomópontok nagyobb valószínűséggel kapcsolódnak a közösségük tagjaihoz, mint más csomópontokhoz, amelyek nem esnek a vizsgált közösségen belülre.

Ezen hipotézisek mentén kétféle közösséget különböztet meg a szakirodalom:

- Erős közösségek: Olyan összefüggő részgráfot ír le a fogalom, amelynek minden csomópontja több éllel kapcsolódik a közösségen belüli további csomópontokhoz, mint más közösségek csomópontjaihoz.
- Gyenge közösségek: Olyan részgráf, amelyben a csomópontok belső fokszámainak összege nagyobb, mint külső fokszámaiké.



1. ábra

A „Zachary Karateklubja” néven elhíresült kapcsolati háló elrendezése

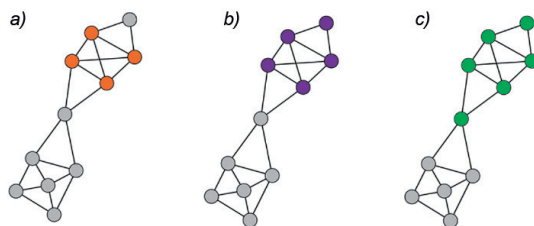
Forrás: Zachary Karate Club letölthető adatbázis. Elérhető: <http://konect.uni-koblenz.de/networks/ucidata-zachary> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

Ezekhez a fogalmakhoz szorosan kapcsolódik a *klikkek* (teljes részgráfok) fogalma, amely olyan közösségeket ír le, ahol mindenki ismer mindenkit. A klikkek azonban ritkák, így nem tehetünk egyenlőségjelet a klikk és a közösség fogalma közé. A két definíció egymáshoz való viszonyát a következőképpen írhatjuk le: minden klikk erős közösség, és minden erős közösség egyidőben gyenge közösség – amely összefüggés általában fordítva nem igaz. A három típus ábrázolását lásd a 2. ábrán.

A módszertant tekintve megkülönböztetjük a közösségek keresését és a *gráfparticionálást*. Az első, a hálózaton belül a közösségek keresése során a hálózat saját közösségi struktúráját igyekszünk feltárni, ahol mind a közösségek száma, mind azok mérete ismeretlen. Ezzel szemben a *gráfparticionálás* (felosztás) módszerével előre megadott számú közösségre (részgráfra) osztjuk fel a hálózatot. Mindkettő esetén széles körben *algoritmusokat*² használnak, amelyek finomítása³ fokozatosan közelebb viszi a kutatókat a hálózatok egyre jobb feltérképezéséhez, amely a hálózattudomány egyik dinamikusan fejlődő területének tekinthető.

² Az algoritmus vagy eljárás alatt a felmerült probléma megoldására alkalmas megengedett lépésekből álló módszert, utasítást vagy utasítássorozatot, részletes útmutatást, receptet értünk.

³ Az első algoritmust 1970-ben publikálták. Az algoritmusok részletes bemutatását lásd: BARABÁSI 2016.



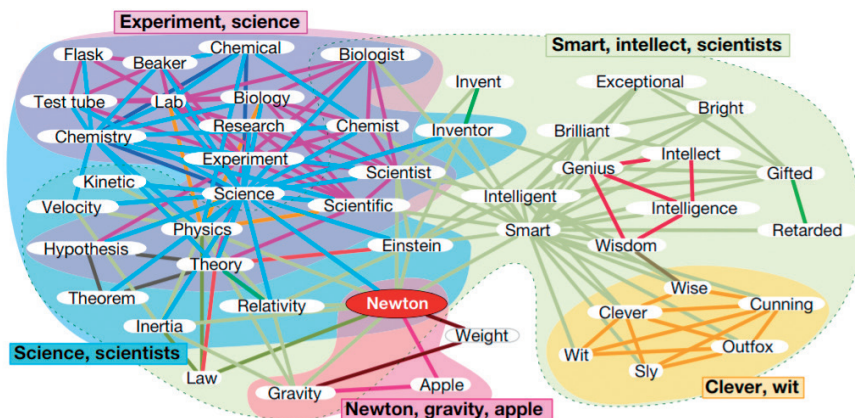
Klikkek (a), erős közösségek (b) és gyenge közösségek (c) vizuális ábrázolása

Forrás: BARABÁSI 2016, 343.

3.2. Átfedő közösségek

Ha a mindennapi életet vesszük alapul, látható, hogy egy csomópont nem csak egy közösséghez tartozik. Vegyünk egy példát: számold össze, hány közösség tagja vagy! Tagja vagy az egyetemi közösségnek, a családnak, a gimnáziumi barátaid közösségének vagy a focicsapatnak, akikkel együtt edzetek? Az életünk során számos közösséghez csatlakoztunk, vagyunk tagjai, illetve fogunk csatlakozni.

Közösséget azonban nem csak emberek alkothatnak. A 3. ábrán a „Newton” szóhoz társított angol nyelvű szavakat ábrázolták egy hálózatban, majd a hálózat pontjait különböző színnel jelölt közösségekbe helyezték. Látható, hogy a tudomány–kutató (science, scientists) és a kísérlet–tudomány (experiment, science) közösség szavai között nagy az átfedés, ugyanígy mindkettő nagy átfedésben van az okos–intelligens–kutató (smart, intelligent, scientists) közösséggel, de gyakorlatilag minden ábrázolt közösség között találunk átfedéseket. Tehát ez a szóhálózat is az *átfedő közösségeket* szemlélteti.



A „Newton” szó köré rajzolható közösségek

Forrás: AHN–BAGROW–LEHMANN 2010, 762.

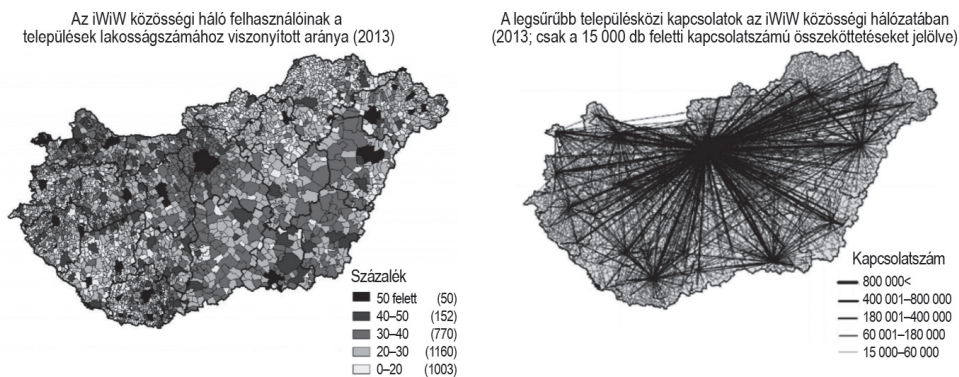
Az átfedő közösségek egymásba ágyazott, egymást átfedő közösségek szövevényes hálóját jelentik. Ezek nem csak a társadalomban, hanem a természetben is megtalálhatók. Gondolj csak bele, hogy egy tünet több betegséghez is kapcsolható, vagy egy gyógyszerösszetevő többféle problémát is képes megszüntetni.

3.3. A csoportosulások tulajdonságai

A következőkben arra keressük a választ, hogy milyen attribútumok alapján jellemezhetők a különböző közösségek?

Az első vizsgálati tulajdonság a *csoportosulások méreteloszlása*, vagyis kis vagy nagy közösségekről beszélhetünk. Itt gyakori az úgynevezett *vastag farkú csoportosulás-méreteloszlás*, ami azt jelenti, hogy a sok kicsi és néhány nagyon nagy csoportosulás együtt van jelen. Ilyennek tekintjük például a tudományos együttműködések hálózatát is.

A következő jellemzők a csoportosulások kapcsán a *kapcsolatsúlyok*, amelyek szorosan összefüggnek a csoportosulások szerkezetével. Szemléletes példa Jakobi Ákos összehasonlítása (JAKOBI 2015): hogyan nézett ki az iWiW⁴ közösségi oldal használata Magyarországon, ha a településszámot vesszük alapul, és hogyan nézett ki ugyanez a kapcsolatsúlyok alapján ábrázolva (4. ábra). Az ábrával az információhasználat területi egyenlőtlenségeit kívánta bemutatni a szerző, aki négymillió felhasználó adatait felhasználva 786 millió kapcsolat alapján dolgozott, amelyben 1,37 millió településkapcsolat volt azonosítható. Ezek alapján kirajzolódott, hogy a legsűrűbb kapcsolatok a legnagyobb települések között voltak.



4. ábra

Az iWiW közösségi háló használata lakosságszám és kapcsolatsúlyok alapján

Forrás: JAKOBI 2015, 36.

⁴ Az iWiW magyar közösségi oldal volt, amely a világon az elsők között kapcsolta össze az embereket. 2002 óta működött, 2005 és 2010 között a leglátogatottabb weboldalak között volt hazánkban, majd népszerűsége visszaesett, és 2014-ben megszűnt, miután nem tudott nyereségesen tovább működni. Az oldal hanyatlása a Facebook közösségi oldallal szemben szintén a Bianconi–Barabási-modellt bizonyítja.

Végül a *csoportosulások fejlődésére* térünk ki, ahol a következő fogalmakat kell tisztáznunk:

- *Növekedés*: Minél több kapcsolat köt össze egy csomópontot egy adott közösség tagjaival, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a csomópont bekerül a csoportosulásba.
- *Zsugorodás*: A közösséghez kevés kapcsolattal kötődő tagok nagyobb eséllyel hagyják el a közösséget, mint a több kapcsolattal bírók. A súlyozott hálózatokban pedig minél több volt a külső kapcsolatok összegzett súlya, annál nagyobb eséllyel hagyta el a csomópont a közösséget.
- *Szétválás*: A közösség felbomlásának esélye párhuzamosan nő a csoporton kívüli kapcsolatok növekedésével.
- *Eltűnés*: A szétválással azonos elvek mentén történik.
- *Kor*: Az idősebb csoportosulások általában nagyobbak.

Szintén fontos szabályszerűség a *stabilitás* figyelembevétele, ahol elmondható, hogy a kis csoportosulásoknak stabil, ritkán cserélődő tagságra van szükségük, hogy fennmaradjanak, míg a nagy közösségekben a csomópontok gyakran cserélődnek. Az utóbbira példa egy egyetem, ahol a hallgatók a felvétellel, illetve a diploma megszerzésével cserélődnek, folyamatos fluktuációban vannak, mégsem veszélyezteti az egyetemen belüli csoportosulás felbomlását a gyakori csere, magas a stabilitása.

3.4. A hálózati közösségek kutatásának gyakorlati haszna

A hálózati csoportosulások vizsgálatának számos haszna figyelhető meg a gyakorlatban. Az alfejezetben a továbbiakban az államtudományok művelői számára hasznos tulajdonságok közül szeretnék kiemelni egy pár lényeges felhasználási módot. Választ kapunk arra is, hogy miért hasznos a hálózattudományi alapok megértése és elsajátítása a társadalomtudományi hallgatók számára.

A kapcsolatok feltérképezésének fontos gazdasági haszna van, ha fel tudjuk térképezni a vevők vagy adott esetben a cégek kapcsolatait. Előbbinél gyakran ábrázolják a fogyasztók mobilhasználati vagy repülési szokásait, de hasznos segítséget képes nyújtani az energiaszektor szereplői számára is. Utóbbi esetben az egyes kapcsolatok, együttműködések ismerete tud sok versenyjogi kérdésben segítséget nyújtani, például kartellek bizonyíthatók és számolhatók fel általa. Az oktatási stratégiát is segíteni tudja az egyes aktorok viselkedésének megértése, például az elitiskolák kialakulásáról, a továbbtanulási preferenciákról és eredményekről tudhatunk meg többet, vagy akár az oktatási szegregáció mértékének vizualizálása is lehetséges.

Rendészeti és katonai felhasználáshoz egyrészt a bűnszervezetek leleplezésének lehet az eszköze (FERRARA – DE MEO – CATANESE – FIUMARA 2014), másrészt a terrorista hálózatok feltérképezése kapcsán is fontos információkkal tud szolgálni. A kibertérben a kapcsolatok feltérképezése új dimenziókat nyit.

Az egyik példa, amelyet szeretnék ismertetni a Kék bálna nevű öngyilkos közösséghez kapcsolódik. A közösség a fiatalok körében népszerű közösségi hálózatokon terjedt, a tiniknek önkárosító feladatokat kellett végrehajtaniuk, majd erről bizonyítékot küldeniük a koordinátornak. Az utolsó feladat pedig az volt, hogy az áldozat vessen véget a saját életének. A 2016 tavaszán végzett saját empirikus kutatásom azt mutatta, hogy a közösségi

hálózatokon az áldozatok és az őket összefogó csoportok feltárása – az első időszakban – viszonylag egyszerű volt. A közösségimédia-szolgáltatók később fokozatosan igyekeztek el-
tűntetni a csatlakozásra buzdító vagy felkavaró tartalmakat, illetve segítő üzeneteket küldtek az erre rákeresők részére. Ilyen esetekben a kapcsolati háló feltérképezése egy fontos lépés lehet mind a nyomozásban, mind az áldozatsegítésben.

A másik fontos aspektus a demokratikus választások során a kampánystratégia alapjaként használt hálózattudomány, amelynek segítségével célzott, csoportonként eltérő üzenetekkel lehet megszólítani a közösségi oldalakon az egy politikai meggyőződésű állampolgárokat, és ezzel egy új eszközt alkalmazni a szavazatokért folytatott verseny során.

4. A hálózatok terjedési sebessége

A *Big Data*,⁵ a *digitalizáció* következtében rendelkezésre álló adatmennyiség megvalósíthatja a „növekvő képességünket, hogy hatalmas mennyiségű adatot állítsunk elő, gyűjtsünk, tároljunk és elemezzünk, ami át fogja formálni az egész politikai életéről alkotott képünket” (ROBERTS–GOLDER 2015, 65).

Az adatokból különböző hálózatokat vagyunk képesek kirajzolni a korábbi fejezetekben ismertetett alapelvek mentén. Ez járult hozzá ahhoz, hogy képesek legyünk megérteni a hálózatok terjedési jelenségeit, ami olyan területeken képes segíteni a kutatók munkáját, mint a vírusok világszintű terjedése vagy a számítógépes vírusok fertőzési jellemzői. A megértést segítő hét jellemző példát gyűjt össze az 1. táblázat.

1. táblázat

Hálózatok és terjesztők

Jelenség	Terjesztő	Hálózat
Nemi betegség	Kórokozók	Szexhálózat
Pletykaterjedés	Információ, mémek	Kommunikációs hálózat
Újítások terjedése	Ötletek, tudás	Kommunikációs hálózat
Számítógépes vírusfertőzés	Kártevőprogramok (malware), digitális vírusok	Internet
Mobiltelefonos vírusfertőzés	Mobiltelefon-vírusok	Ismertségi hálózat / térbeli közösségi hálózat
Poloska	Élősködő ízeltlábúak	Szállodák és utazók hálózata
Malária	Plasmodium (egysejtű)	Szűnyogok és emberek hálózata

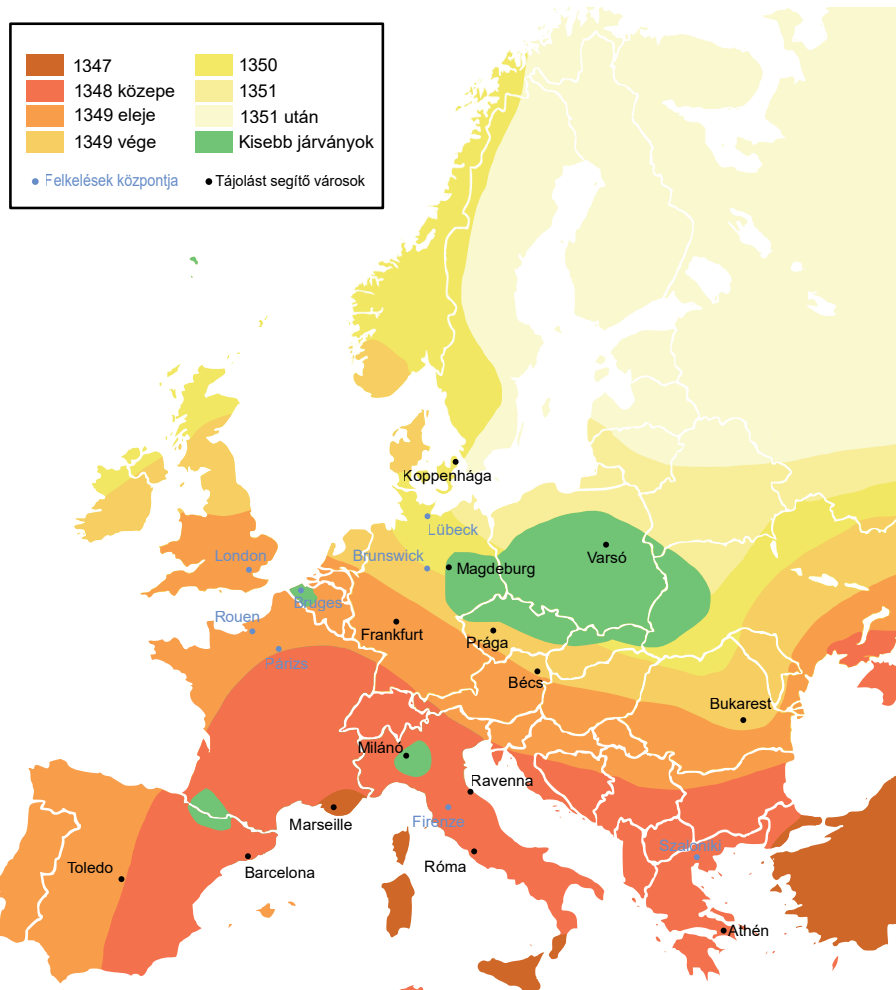
Forrás: BARABÁSI 2016, 396.

A szexhálózatok kapcsán az egyik ismert példa Geetan Dugas esete, aki légiutas-kísérőként a világ különböző pontjain 250 partnerét tudta megfertőzni AIDS-cel, így a vírus szuperterjesztője (nulladik páciens) lett. Ugyanígy egy pletyka terjedése vagy az újítások megismerése is ábrázolható egy kommunikációs hálózatban.

⁵ Szintén használható az adatelemzés („data analytics”) és az adattudomány („data science”) kifejezés.

4.1. Terjedési jelenségek: vírusok

A hálózatok terjedésének elemzésekor a leglátványosabb modelleket a fertőzések terjedésének ábrázolásával érték el. A *hálózati járványtan* atyjai Romualdo Pastor-Satorras és Alessandro Vespignani fizikusok, akik meg tudták magyarázni a járványok kapcsolati hálójának tulajdonságait a folytonos elmélet bevezetésével. Vespignani nevéhez kötődik a *Global Epidemic and Mobility (GLEAM)* nevű számítógépes rendszer is, amely valós idejű előrejelzésre képes az egyes vírusok kapcsán.



5. ábra

A pestis terjedése Európában 1347 és 1351 között

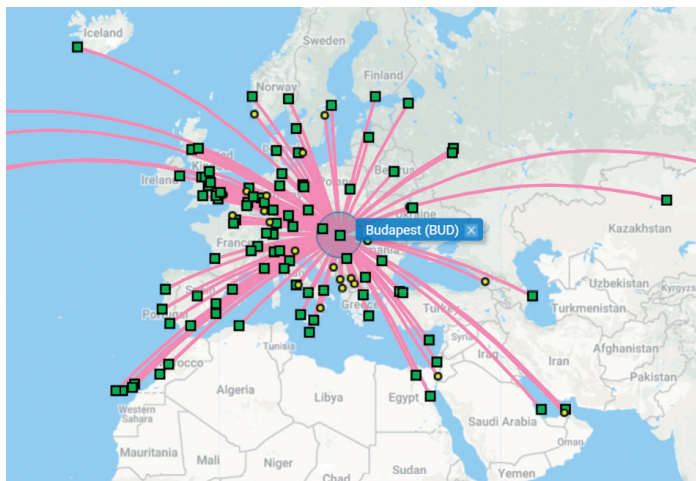
Megjegyzés: Az ábra egyrészt megmutatja a pestis megjelenésének évét, terjedési irányát, illetve azokat a városokat, ahol a 14. és a 18. század között ismétlődő pestisjárványok voltak. A szürke zónát csak kisebb járványok érintették. A berajzolt, mai határok tájékoztató pontként szolgálnak.

Forrás: Wikimedia Commons, fordította: Kaboldy Péter

Mit tud tehát a hálózattudomány mondani nekünk – a tudomány mai állása alapján – a vírusok terjedéséről?

Az 5. ábrán bemutatott, 1347 és 1351 között lezajlott pestisjárvány terjedési sebessége – a fent már említett, utazási sebességből eredő okok miatt – lassúnak számított, de így is az európai lakosság 30–60%-a belehalt a kórba közel négy év alatt.

Gondoljunk csak bele: ma már nem gyalogosan, illetve lóháton jutnak el az egyes emberek – velük pedig a vírusok, a hírek stb. – egyik földrajzi egységből a másikba, hanem hihetetlenül gyors közlekedési és távközlési hálózatokon keresztül. A mai utazási lehetőségek, mint a légi közlekedés és a gépjárművek mellett már napok alatt képes egy vírus kontinensek között is fertőzni.



6. ábra

Budapestről repüléssel közvetlenül elérhető úti célok 2018 márciusában

Forrás: Flightconnections.com (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)

A fertőzés megjelenésétől számítva annak *terjedési sebessége* lesz meghatározó. A terjedési jelenségekkel kapcsolatos legfontosabb megállapítások a következők (a levezetésért és a képletekért lásd: BARABÁSI 2016, 10. fejezet):

- A hálózati topológia erősen befolyásolja a terjedési folyamat dinamikáját.
- A cseppfertőzéssel terjedő betegségek esetén a helyszínek hálózata a legfontosabb kiindulópont: itt a legforgalmasabb csomópontok hálózatáról beszélhetünk, amely ha megfertőződik, akkor könnyen utat enged a kapcsolódó helyszínek fertőzéséhez is.
- A társadalmi interakciók során nem mindenki azonos gyakorisággal és nem azonos időtartamon keresztül érintkezünk. Az időzítés figyelmen kívül hagyásával a járvány-előrejelzésünk téves lesz! Ezt a típusú mintát időszakos hálózatoknak nevezték el. Mivel ezek az interakciók véletlenszerűnek tekinthetők, ezért a villanásokhoz hasonlóan kell elképzelni őket.
- A foksám-korrelációk a kórokozó terjedését nem, annak sebességét azonban befolyásolják.

4.2. Hálózati járványtan: védettség kialakítása

Az immunizálás a fertőző betegségek háttérbe szorítására tett erőfeszítés védőoltásokkal. A védőoltási stratégia határozza meg, hogyan oszlanak meg a vakcinák és kezelések az emberek között. A legtöbb esetben nem érhető el a teljes immunizálás akár a költségek, akár a kockázatok vagy az emberek elérési nehézsége miatt.

Abban az esetben, ha a fenti szűkösség miatt nem lehetséges a teljes lakosságra kiterjedő megelőzés, akkor a védekezés hatékonyságához különböző stratégiákat lehet felvázolni. Az adott, fertőzéssel veszélyeztetett hálózat kapcsolatrendszerétől függ, hogy milyen eszközök állnak rendelkezésre. Itt megkülönböztetünk véletlenszerű immunizálást, a középpontok immunizálását és szelektív immunizálást.

- A *véletlenszerű immunizálás* a hálózat belső szerkezetétől függően kockázatos, mert a heterogén hálózatok esetén szinte teljes lefedettséget kell elérnünk ahhoz, hogy védettséget biztosítson a lakosság számára.
- A *középpontokat immunizáló* stratégiák nagyon hatékonyak tudnak lenni, mert itt a középpontok immunizálásával szétördeljük a kapcsolati hálózatot, és így megnehezítjük a betegség egyik csomópontból a másikra való terjedését.
- Ha nem tudjuk a hálózat pontos térképét, akkor más eszközökhöz kell folyamodnunk. A *szelektív immunizálás* lényege, hogy véletlenszerűen kiválasztott csomópontok szomszédjait oltjuk be. A véletlenszerű és a heterogén hálózatok esetén is működik ez utóbbi stratégia.

Az átadás csökkentése és a karantén volt az egészségügyi szakemberek legfőbb eszköze a fertőzés mérséklésére. A védettség leghatásosabb módja azonban, ha ezt ki tudjuk egészíteni azzal, hogy előre tudjuk jelezni, a betegség mikor és hol jelenik meg legközelebb. Ennek valós idejű előrejelzésére a tudományban ma van először mód, a technológia most jutott el a valós idejű szimulációk készítésének lehetőségéig.

A járvány-előrejelzés célja a valós idejű terjedés és a várható fertőzöttek előrejelzése. Itt szükséges ismerni a demográfiai, mobilitási és járványtani adatokat is.

A korábban már említett GLEAM-modell hálózati alapon, becsléssel mutatja meg a járvány paramétereit, például a tetőzés időpontját.

Ezen eszközök ismerete képes segíteni a hatékonyabb immunizálási stratégiák kialakítását, illetve valós idejű szimulációval modellezve kialakítani a leghatékonyabb modellt a különböző járványok kezelésére.

4.3. Digitalizáció által indukált hálózatok terjedése

A digitalizációval összefüggésben, illetve annak egyik következményeként a legkézzelfoghatóbb példákat, a számítógépeket és mobiltelefonokat megfertőző vírusokat említhetjük. A *számítógépes vírusoknak* több formáját ismerjük, itt a téma szempontjából kiemelő az a levélben érkező vírus, amely aktiválás után elküldi önmagát a számítógépen tárolt többi címzettnek is, így továbbfertőzve a hálózatot. A mobiltelefonok esetében a Bluetooth-kapcsolat vagy MMS üzenet lehet a forrás, illetve a mobilinternet elterjedésével és a nyílt wifihálózatokkal az interneten terjedő vírusoknak is kitett a készülék.

A fenti vírusok elkerülésének leghatásosabb módszerei a tudatos internethasználat és a vírusirtó programok használata.

Érdekes adalék, hogy megkülönböztethetünk *egyszerű és komplex fertőzéseket*. Az egyszerű fertőzések könnyen terjednek, sokakat megfertőznek. A komplex fertőzések esetén feltételezhető, hogy nem az első találkozáskor fertőződnek meg a személyek, hanem ismétlődő találkozásokat követően, egyre növekvő eséllyel kerül erre sor. Utóbbi a különböző mémekre, termékekre és viselkedésekre jellemző. Az itt megjelenő tudatosság pedig már párhuzamba állítható a következő témakörrel, az álhírekkel is.

5. Az álhírek terjedése és veszélyei

Az álhírek (fake news) közösségi médián mint hálózaton való terjedésének gazdasági, politikai és társadalmi hatásaira hozok három szemléletes példát a következő részben.

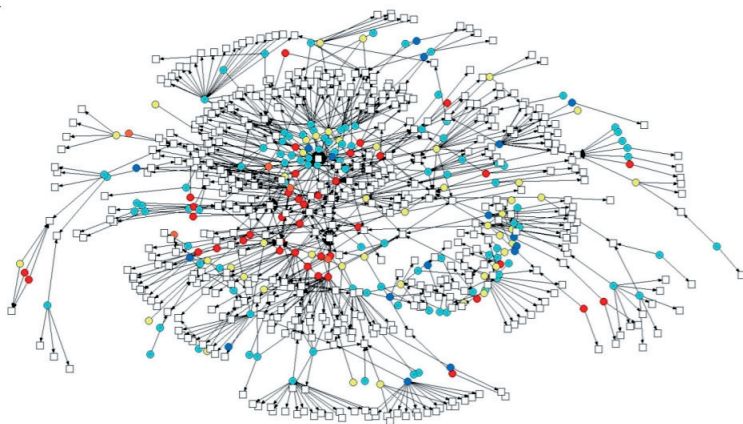
5.1. A közösségi média mint hálózat

Boyd és Ellison (2007) a következő definíciót adja a közösségimédia-oldalaknak: olyan webalapú szolgáltatások, ahol (1) a felhasználók egy korlátozott rendszeren belül képesek egy nyilvános vagy félig nyilvános profil elkészítésére; (2) a felhasználót összeköti azon felhasználók csoportjával, akikkel kapcsolatban van; (3) a felhasználó átnézheti a saját és mások kapcsolatait a rendszerben.

Ezen oldalak használata a mindennapjaink részévé vált, nekik köszönhetően egyszerűbbé és gyorsabbá vált a kapcsolattartás és az emberek szabadon oszthatják meg a véleményüket. A számtalan előny mellett azonban számolnunk kell a veszélyekkel is. A harmadik fél⁶ által nem ellenőrzött tartalom nem minden esetben felel meg a valóságnak, adott esetben mégis több embert képes elérni, mint a mainstream médiaszolgáltatók – és ezt a hálózatokról korábban már megtanult alapelvek mentén (de algoritmusokkal torzítva) teszi.

Kiemelt probléma, hogy az oldalakat terroristák is használják, egyrészt felületként, hogy láthatók legyenek, minél több embert érjenek el a „Kill one, frighten ten thousands” elv mentén, másrészt kommunikációs csatornát biztosít számukra (KLAUSEN 2015). Ugyan-ezen elv mentén szedte áldozatait a már említett Kék bálna öngyilkos mozgalom is.

⁶ A média világában a szerkesztőn keresztül jutottak, illetve jutnak el az olvasóhoz az egyes újságírók cikkei, ami ugyan korlátozott keretek között, de ellenőrzött és átgondolt tartalom gyártását indukálja.



7. ábra

Egy példa a közösségi média szimulációjára – a hálózat munkavállalók közötti kapcsolatokat mutat be a közösségi médiában

Forrás: KANE–ALAVI–LABIANCA–BORGATTI 2012, 43.

Ebben a fejezetben a szűkebb témánkat azonban az álhírek terjedése jelenti a közösségi média hálózatán. De mik is azok az álhírek?

5.2. Fake news

Az álhírek (fake news) csoportosítása Hunt Allcott és Matthew Gentzkow szerint a következő:

- nem szándékos, de hibás beszámoló (például hogy Donald Trump amerikai elnök eltávolította Martin Luther King Jr. mellszobrát a Fehér Ház Ovális Irodájából);
- híresztelések, amelyek nem vezethetők vissza egy konkrét sajtótermékre;
- összeesküvés-elméletek, amelyek általában nehezen bizonyíthatók vagy cáfolhatók, és olyan emberektől származnak, akik igaznak hiszik őket;
- szatíra, ami félreérthetetlenül nem igaz;
- politikusok hamis állításai;
- „ferdítő” vagy félrevezető jelentések, amelyek nem teljesen hamisak (ALLCOTT–GENTZKOW 2017).

Megjelenésük nem új keletű, már 1835-ben arról írt a *New York Sun*, hogy élet nyomait fedezték fel a Holdon. A Great Moon Hoax⁷ néven elhíresült eset pedig még jóval a web 2.0⁸ elterjedése előtt volt – utóbbi azonban felerősítette az álhírek terjedési lehetőségeit.

⁷ A hoax angol eredetű szó, átverést, megtévesztést jelent. Az internet elterjedésével nemzetközileg is népszerű, mert hálózatokban még egyszerűbben terjed a tréfának szánt levél.

⁸ Olyan internetes szolgáltatások gyűjtőneve, amelyek elsősorban a közösségre épülnek, azaz a felhasználók közösen készítik a tartalmat vagy megosztják egymás információit.

Ma az amerikai lakosság nem elhanyagolható hányada hiszi, hogy a kormányuk részt vett a 9/11-es terrortámadásban, vagy hogy Barack Obama volt elnök egy másik országban született. Ez azért fontos, mert az amerikai felnőtt lakosság 62%-a közösségimédia-oldalakról tájékozik.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért vannak egyáltalán álhírek? A szerzőpáros két motivációt emel ki: *pénzügyi és ideológiai indokokat*. Az elsónél a szerzőt nem érdekli, hogy az általa gyártott tartalom kiket támogat és kiknek árt. Példa erre az elnökválasztás mentén mindkét oldal számára tinédzserek által készített tartalmak a macedón Veles városából, vagy a londoni PhD-hallgató esete, aki az amerikai fegyverlobbinak gyárt tartalmakat, hogy fizetni tudja a tanulmányait (mindkét történetet a *Guardian* hírportál publikálta először [Experience: I write fake news, 2018; Facebook's failure: did fake news and polarized politics get Trump elected? 2016]). Az ideológiai indok esetén az illető saját meggyőződése áll a háttérben akár szimpátiával, akár megfélemlítéssel operálva.

5.3. Álhír mint közegészségügyi kockázat

Az oltásellenes mozgalom alapját Andrew Wakefield orvos a nívós *Lancet* folyóiratban megjelent cikke jelentette, amely azt állította, hogy az MMR-elleni vakcina autizmust okoz. Később leleplezték, hogy az orvos meghamisította a jegyzőkönyveket, és ezzel a tanulmánnyal a saját vakcinája eladását készítette elő. A tévedést a folyóirat is elismerte, ez azonban nem tartja vissza a lelkes „hívőket” attól, hogy nemzetközi mozgalmakban tiltakozzanak a kötelező oltások ellen. (A 8. ábrán az egyik európai mozgalom weboldalának képe látható.)

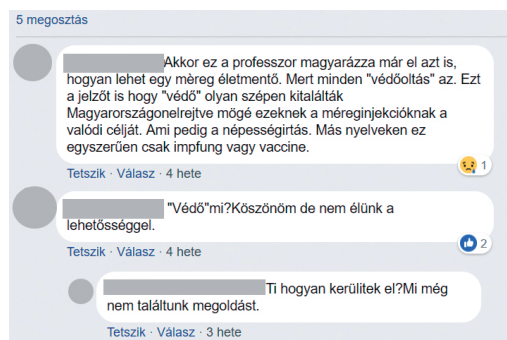


8. ábra

Az európai kötelezőoltás-ellenes mozgalom honlapjának képe

Forrás: Efvv.eu (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)

A mozgalom terjedését itt is segíti a közösségi média, így egyre több embert sikerül elérniük, egyre több „hívőt toborozniuk”. Mindennapiak a különböző blogokon megjelent írások és az oltások elkerülésének lehetőségét megvitató kommentek is (9. ábra).



9. ábra

Kommentek a magyar Nebáncsvirág Egyesület Facebook-oldaláról

Megjegyzés: Az oldal azért a közegészségügyileg veszélyes célért küzd, hogy a szülők szabadon eldönthessék, be szeretnék-e adatni az oltást a gyermeküknek.

Forrás: Nebáncsvirág Facebook-oldal

5.4. A „trollgyárak” mint a politikai befolyásolás eszközei

Az ellenőrizhetetlen információk és a hamis cikkek megosztása mellett a kommentek is fontosak. A politikai céllal megosztott álhírek, a nagy szerkesztőségek cikkei alá megosztott, ellenőrizhetetlen forrásból származó és azok tartalmát megcáfoló publikációk összezavarják, elbizonytalanítják az olvasót, bizalmatlanságot keltenek. A koordinált és tömegesen megjelenő, rosszindulatú kommentek pedig elhallgattatják az ellenkező véleménnyel rendelkezőket. A két eszköz együttes alkalmazására mutatunk be egy konkrét példát ebben a részben.

A politikai befolyásolás eszközét Jessikka Aro *European View*-ban megjelent története mutatja be szemléletesen. Az újságíró tényfeltáró munkát végzett a szentpétervári „trollgyár” Finnországban megfigyelhető befolyása kapcsán. Tapasztalatai és az általa levont tanulságok érdekes adalékokat nyújtanak az álhírek veszélyeihez.

2014 szeptemberében kezdte el az orosz információs hadviselés legújabb trendjeit vizsgálni, ezen belül a hazájában jelen lévő névtelen és agresszív, fizetett kommentátorokat és azok hatását a nyilvános diskurzusra. Cikkében (ARO 2016) az *információs hadviselés* következő definícióját használja: egy állam által irányított, stratégiai információs és pszichológiai műveletek, amelyek célja a vélemények, az attitűdök és az egyéni cselekvések befolyásolása az állami vezetők politikai céljainak támogatása érdekében.

Hivatkozik Alexandra Garmazhapova orosz újságíró 2013-as munkájára, ahol a szentpétervári oroszpartí szociális média kommentelő irodát „trollgyárnak”, az ott dolgozókat pedig „trolloknak” nevezte.

Cikkének publikálása után a finn „trollok” igyekeztek hiteltelenné tenni munkásságát és személyét, megakadályozva ezzel a további adatok nyilvánosságra hozatalát. A „trollgyár” működésének „tankönyvi példáját” láthatjuk ebben az esetben: mikor kérdést intézett az olvasókhoz, hogy osszák meg saját tapasztalataikat az orosz „trollok” kapcsán,

azonnal elindult egy hamis narratíván alapuló, személye és munkássága elleni támadás. Hamis weboldalakon publikáltak híreket róla, például, hogy Finnországban élő orosz, aki titkos adatbázis kiépítésére készül ezzel a felhívással, külföldi biztonsági szolgálatokkal és a NATO-val⁹ hozták összefüggésbe. Munkásságában és mentális állapotának megkérdőjelezésében nemcsak a „trollek”, hanem az általuk képviselteknek bedőlő állampolgárok is részt vettek. A pszichológiai hadviselésben ennél is tovább mentek: rengeteg felháborodott e-mailt és SMS-t kapott, telefonhívást, ahol a vonal másik végén egy pisztolyt sütöttek el vagy üzenetet, ahol a küldő azt állította, hogy Aro halott édesapja, és figyelni őt. Kifigurázó YouTube-videó is került fel róla az internetre. Nyilvánosságra hoztak egy 12 évvel korábbi ítéletet is, ahol 300 eurós bírságot kellett fizetnie droghasználat miatt – ez az információ azonban a bírósági archívumokban volt csak elérhető. Később erre felfűzve több lejárató álhír jelent meg olyan címekkel, mint például „Drogdíler NATO információs szakértő”.

A közösségi médiában generált információs háború a társadalomban is káoszt okoz. Aro saját tapasztalatai szerint:

- az emberek egy része abbahagyta az Oroszországgal kapcsolatos politikai diskurzust az online térben;
- a társadalom egy másik szeglete összezavarodott, és nem képes eldönteni, mi igaz és mi nem a folyamatos, egymásnak ellentmondó hírek miatt;
- a harmadik csoport pedig elhiszi, vagy át is veszi a propagandát.

Az álhírekkel kapcsolatos meglátásai a következők voltak:

- Az álhírek online terjesztése olcsó, a célközönség gyakorlatilag mindenki, az állampolgárok és a politikusok, közéleti személyek is.
- A dezinformációs anyagokat először megbízhatatlan és nem újságírói felületeken tették közzé: az orosz állami weboldalakon, közösségi médiában (Vkontakte), YouTube-on, Twitteren, Facebookon, blogokon és egyéb speciális weboldalakon. A különböző fórumokon megjelenő hírekhez több száz kommentet képes írni egy „troll” egy 12 órás műszak alatt. A vizualizációhoz jobban értő „trollek” pedig képeket manipulálnak (például mémeket vagy Photoshoppal ukrán tinilányokat náci szimbólumos pólóban).
- Az érzelmekre ható szövegek, agresszív vagy pocskondiázó hangnem jellemző.
- Előfordulnak hosszú, elemző szövegek is hivatkozásokkal, azonban ezek a hivatkozások egy másik álhíroldalra vezetnek.
- Vannak azonban „finomra hangolt” oldalak is, ahol még az erre érzékeny személy sem feltétlenül veszi észre, hogy egy lassú manipulációnak lett áldozata (például egy „bikini troll”¹⁰ visszaigazolása Facebookon).

Aro javaslatokat is megfogalmaz a helyzet javítására:

- az oktatás szerepére tesz utalást azzal, hogy Finnországban az álhírek hatást tudtak elérni a jó oktatás ellenére is, illetve itt felhívja a figyelmet a gyengébb oktatási rendszerrel rendelkezők fenyegetettségére is;

⁹ Finnország NATO-csatlakozását a lakosság többsége továbbra is elutasítja.

¹⁰ A NATO „bikini trolloknak” nevezte el azokat a hamis profilokat használó „trollekat”, akik profilképként egy gyönyörű nő képét használják.

- javasolja a közösségi médiára, a tömegmédiára vonatkozó szabályozás használatát;
- határozott fellépést sürget, hogy az állampolgárok online térben való védelme is jelenjen meg mint állami szerep, mert az információs háborúra nem felkészült állampolgároknál öncenzúra alakul ki, ha fenyegetve érzik magukat a véleményük miatt (újságírók és kutatók esetén is);
- a gyűlöletbeszéd elleni erősebb fellépésre szólít fel;
- az egyértelműen dezinformációs külföldi oldalak blokkolására is hoz példát (Lettország), és szorgalmazza ezt hazájában is;
- a nagyvállalatok, mint a Facebook, Twitter, Google felelősségére is felhívja a figyelmet;
- kiemeli, hogy a kormányzaton belül egyre sürgetőbb igény az információs hadviseléshez értő szakértők felkérése.

A fenti konkrét esetben tehát egy újságíró személyes tapasztalatain keresztül megfigyelhetjük mind az álhírek, mind a közösségi hálózat belső felületeinek megtévesztésre szolgáló eszközeit, azok működési elveit, és idéztük Aro javaslatait a helyzet javítására.

Látnunk kell, hogy minden idézett példában megjelenik az állam feladatköre és felelőssége, ezért a hálózattudomány és a 21. század kihívásainak ismerete fontos adalék a jövő kormányzati szakemberei számára.

6. Összefoglalás

A fejezetben az Olvasó megismerkedett a hálózattudomány három fontos elméleti kérdésével: a fejlődő hálózatokkal, a hálózatok csoportosulásával és a hálózatok terjedési sebességével. Az elméleti ismertetés mellett minden pontnál konkrét gyakorlati példák segítették a jobb megértést. A jelen kor veszélyei közül pedig a hálózattudomány segítségével árnyaltabban megérthető problémákból elemeztünk két konkrét esetet: a járványtani kockázat esetén az oltásellenes mozgalmak veszélyét emeltük ki, a politikai hatások kapcsán pedig a „trollgyárak” működési mechanizmusairól beszéltünk egy finn újságíró nő tapasztalatain keresztül.

Fogalmak

- fejlődő hálózatok
- Bianconi–Barabási-modell
- alkalmasság
- kezdeti vonzóerő
- belső kapcsolatok
- csomópontok törlése
- csomópontok öregedése
- hálózatok csoportosulása
- közösségek
- Zachary karateklubja
- összefüggőség

- sűrűség
- erős közösségek
- gyenge közösségek
- klikkek
- gráfparticionálás
- algoritmus
- átfedő közösségek
- csoportosulások méreteloszlása
- vastag farkú csoportosulás-méreteloszlás
- kapcsolatsúlyok
- csoportok fejlődése
- stabilitás
- Big Data
- GLEAM
- hálózati járványtan
- terjedési sebesség
- helyszínek hálózata
- időszakos hálózatok
- villanások
- véletlenszerű immunizálás
- középpontokat immunizáló stratégia
- szelektív immunizálás
- számítógép- és mobiltelefon-vírusok
- egyszerű és komplex fertőzés
- álhír
- oltásellenes mozgalmak
- trollok, trollgyárak
- információs hadviselés

Áttekintő kérdések

1. Mit jelent az *első belépők előnyeként* ismert fogalom? Cáfolja ezt egy konkrét példán keresztül!
2. Mit ír le a Zachary karateklubja modell?
3. Mi a viszonyrendszer a gyenge közösségek, az erős közösségek és a klikkek között?
4. Mit jelent a vastag farkú csoportosulás-méreteloszlás?
5. Milyen irányú lehet a csoportok fejlődése? Mitől függ az egyes csoportok stabilitása?
6. Milyen lehetőségeket ad a kormányzat kezébe a digitalizációval megjelent, „Big Data”-ként emlegetett adattömeg?
7. Mondjon példákat a hálózatok terjedésére!
8. Mire alkalmas a GLEAM?
9. Milyen immunizálási stratégiákat ismer?

10. Mi a különbség az egyszerű és komplex fertőzések között?
11. Milyen motivációi lehetnek az álhírek terjesztőinek?
12. Mondjon egy konkrét példát álhírrre!
13. Mik azok a „trollgyárak”, és kik azok a „trollok”?

Felhasznált irodalom

- AHN, Y. Y. – BAGROW, J. P. – LEHMANN, S. (2010): Link communities reveal multiscale complexity in networks. *Nature*, Vol. 466, No. 7307. 761–764. DOI: <https://doi.org/10.1038%2Fnature09182>
- ALLCOTT, H. – GENTZKOW, M. (2017): Social media and fake news in the 2016 Election. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 31, No. 2. 211–236. DOI: <https://doi.org/10.3386%2Fw23089>
- ARO, J. (2016): The cyberspace war: propaganda and trolling as warfare tools. *European View*, Vol. 15, No. 1. 121–132. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fs12290-016-0395-5>
- BARABÁSI, A.-L. (2016): *A hálózatok tudománya*. Budapest, Libri.
- BOYD, D. M. – ELLISON, N. B. (2007): Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of computer-mediated Communication*, Vol. 13, No. 1. 210–230. DOI: <https://doi.org/10.1111%2Fj.1083-6101.2007.00393.x>
- Experience: I write fake news. *The Guardian*. 2018. január 26. Elérhető: www.theguardian.com/lifeandstyle/2018/jan/26/experience-i-write-fake-news (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- Facebook's failure: did fake news and polarized politics get Trump elected? *The Guardian*. 2016. november 10. Elérhető: www.theguardian.com/technology/2016/nov/10/facebook-fake-news-election-conspiracy-theories (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- FERRARA, E. – DE MEO, P. – CATANESE, S. – FIUMARA, G. (2014): Detecting criminal organizations in mobile phone networks. *Expert Systems with Applications*, Vol. 41, No. 13. 5733–5750. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.eswa.2014.03.024>
- JAKOBI, Á. (2015): Az információs kor újszerű egyenlőtlenségei: mi derül ki a térbeli információkból? *Információs Társadalom*, 15. évf. 1. sz. 26–43.
- KANE, G. – ALAVI, M. – LABIANCA, G. – BORGATTI, S. (2012): What's different about social media networks? A framework and research agenda. *MIS Quarterly*, 38. évf. 1. sz. 274–304. DOI: <https://doi.org/10.25300/misq/2014/38.1.13>
- KLAUSEN, J. (2015): Tweeting the Jihad: Social media networks of Western foreign fighters in Syria and Iraq. *Studies in Conflict & Terrorism*, Vol. 38, No. 1. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1080%2F1057610x.2014.974948>
- Number of monthly active Facebook users worldwide as of 4th quarter 2017 (in millions). Elérhető: www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/ (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- ROBERTS, C. W. – GOLDER, M. (2015): Big data, Casual inference, and Formal Theory: Contradictory Trend sin Political Science. *Political Science and Politics*, Vol. 48, No. 1. 65–70. DOI: <https://doi.org/10.1017%2Fs1049096514001759>
- Zachary Karate Club letölthető adatbázis. Elérhető: <http://konect.uni-koblenz.de/networks/ucidata-zachary> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

Ajánlott irodalom

BARABÁSI, A.-L. (2003): *Behálózva. A hálózatok új tudománya*. Budapest, Magyar Könyvklub.

BRIGIDA, M. – PRATT, W. R. (2017): Fake news. *The North American Journal of Economics and Finance*, Vol. 42, 564–573. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.najef.2017.08.012>

Vákát oldal

Ludovika Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft.
Székhely: 1089 Budapest, Orczy út 1.
Kapcsolat: info@ludovika.hu

A kiadásért felel: Koltányi Gergely ügyvezető igazgató
Felelős szerkesztő: Inzsöl Kata
Olvasószerkesztő: Kutas Éva
Korrektor: Tar Krisztina
Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla
Nyomdai kivitelezés: Pátria Nyomda Zrt.
Felelős vezető: Orgován Katalin vezérigazgató

ISBN 978-963-531-261-0 (nyomtatott)
ISBN 978-963-531-262-7 (pdf)
ISBN 978-963-531-263-4 (epub)
ISSN 2630-919X

A könyv hármas célt tűz ki maga elé. Egyrészt bevezeti az Olvasót a manapság divatos Big Data világában egyre népszerűbb adatelemzés témakörének egyik alapozó tudományába, a címadó rendszerelméletbe. A könyv az elméleti és logikai alapokon túl a tudományterület egyszerűbb matematikai képleteit is bemutatja az érdeklődőknek, figyelve arra, hogy a mű célközönsége jellemzően nem a reáltudományok képviselői közül kerül ki.

Másrészt érdekes példákon és eseteken keresztül mutatja be a tudományterület gyakorlati használhatóságát. Olyan kérdésekre keresi a választ, mint például, hogy hol használnak hálózati térképeket; milyen a kapcsolata a hálózattudománynak a tőzsdével, a vállalati menedzsmenttel, a bűnüldözéssel vagy a járványhelyzetekkel; hogyan jósolják meg az álhírek terjedését.

A könyv harmadik célja, hogy a rendszerelmélet általános és történelmi bemutatásán túl a tudományterület aktuális kérdéseit és válaszait is az Olvasó elé tárja, és sokszor meglepő eredményeiről számoljon be.

Összességében a könyv egy gyakorlatorientált és izgalmas olvasmány elsősorban kezdőknek, de sok érdekes információt nyerhet egy-egy fejezetből a témában jártasabb Olvasó is.

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” című projekt keretében jelent meg.

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE