

Óbudai Egyetem  
Doktori (PhD) értekezés



**A szervezeti kapcsolati háló,  
mint a működésbiztonság emberi tényezője**

**Szilágyi Győző Attila**

Dr. habil. Velencei Jolán

*Témavezető*

**Biztonságtudományi Doktori Iskola**

Budapest, 2019.

## **Szigorlati Bizottság:**

Elnök:

Prof. Dr. Rajnai Zoltán, dékán, egyetemi tanár

Tagok:

Prof. Dr. Bencsik Andrea, egyetemi tanár

Dr. Szikora Péter, egyetemi adjunktus

## **Nyilvános védés bizottsága:**

Elnök:

Prof. Dr. Pokorádi László egyetemi tanár

Titkár:

Dr. Szikora Péter, egyetemi adjunktus

Tagok:

Dr. Bérczi László c. egyetemi tanár

Prof. Dr. Kovács Tibor egyetemi tanár

Dr. Dombóvári Ella, egyetemi docens

Bírálok:

Dr. Hartványi Tamás, egyetemi docens

Dr. Hanka László, egyetemi adjunktus

## **Nyilvános védés időpontja**

.....

# TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS .....	6
1.1	A tudományos probléma megfogalmazása .....	7
1.2	A témaválasztás indoklása .....	7
1.3	Kutatási célok.....	8
1.4	Kutatási hipotézisek .....	9
1.5	Kutatási módszerek .....	10
2	A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ .....	12
2.1	Korai szociológiai hálózat kutatások .....	12
2.2	A szervezeti kapcsolati háló definiálása .....	16
2.3	A szervezeti kapcsolati háló modellezése gráfokkal.....	18
2.4	Összefoglalás.....	29
3	A KÜLÖNBÖZŐ HÁLÓZATOK TOPOLÓGIAI TULAJDONSÁGAI.....	30
3.1	Véletlen hálózatok.....	30
3.2	Reguláris hálózatok .....	32
3.3	Kis világ hálózatok.....	35
3.4	Skálafüggetlen hálózatok .....	38
3.5	Összefoglalás.....	42
4	A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ TULAJDONSÁGAI.....	43
4.1	A szervezeti kapcsolati háló, mint multiplex hálózat.....	43
4.2	A szervezeti kapcsolati háló réteghálózatai .....	48
3.1.1	A pozíció alapú függelmi réteghálózat .....	48
3.1.2	A szakmai utasítási réteghálózat.....	49
3.1.3	A folyamat réteghálózat.....	49
3.1.4	Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat.....	50
3.1.5	A helyettesítési réteghálózat .....	50

3.1.6	Az informális kommunikáció réteghálózat.....	50
4.3	A szervezeti kapcsolati háló hatalmi struktúrái .....	51
4.4	A szervezeti kapcsolati háló tudásmegosztási struktúrái .....	54
4.5	Összefoglalás.....	60
5	MŰKÖDÉSBIZTONSÁGI ELEMZÉSEK A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓBAN.....	61
5.1	A folyamat réteghálózat felépítése és működésbiztonsági mutatói .....	61
4.1.1	A folyamat réteghálózat felépítése .....	62
4.1.2	A szakmai kompetenciák hálózati modellezése.....	64
4.1.3	A multifunkcionális személyek mutató .....	66
4.1.4	A kompetencia-monopól személyek mutató.....	67
5.2	A helyettesítési-réteghálózat felépítése és működésbiztonsági mutatói .....	68
4.1.5	A helyettesítési réteghálózat felépítése.....	68
4.1.6	A valós helyettesítési hasonlóság mutató .....	71
4.1.7	Az elméleti helyettesíthetőségi hasonlóság mutató .....	72
4.1.8	A helyettes-nélküliek mutató .....	73
5.3	A tudásmegosztási réteghálózatok felépítése és működésbiztonsági mutatói .	74
4.1.9	A tudásterjedés modellezése .....	76
4.1.10	A zéró-tudásbirtokosok mutató.....	78
4.1.11	A pletykafészek mutató .....	79
4.1.12	A hidak mutató.....	80
5.4	A hatalmi pozíciók mutatói .....	81
4.1.13	Az instrumentális hatalmi mutató .....	82
4.1.14	A szocio-emocionális hatalmi mutató.....	82
4.1.15	A hatalmi függőségi mutató.....	83
4.1.16	A tárgyalási hatalmi mutató .....	83
5.5	Összefoglalás.....	84

6	ELLÁTÁSI LÁNCOK ZAVARTŰRŐ KÉPESSÉGE.....	86
6.1	Az ellátási lánc hálózati modellezése.....	86
6.2	Az ellátási lánc modellek hálózati tulajdonságai .....	90
6.3	Az ellátási láncok robusztussági vizsgálata .....	91
6.4	Összefoglalás.....	93
7	ESETTANULMÁNY: A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ FELTÉRKÉPEZÉSE EGY SZERVEZETBEN.....	94
7.1	A szervezet bemutatása .....	94
7.2	A vizsgálat menete .....	95
7.3	A vizsgálat eredményei .....	96
8	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....	107
8.1	Új tudományos eredmények.....	107
8.2	Ajánlások.....	109
9	HIVATKOZOTT IRODALOM .....	111
10	SAJÁT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK.....	118
10.1	Tézisekhez tartozó publikációk .....	118
10.2	További publikációk .....	119
11	TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	120
12	ÁBRAJEGYZÉK.....	121
13	1. MELLÉKLET: A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ FELMÉRÉSÉHEZ TARTOZÓ KÉRDÉSEK LISTÁJA .....	123

# 1 BEVEZETÉS

A 20. század menedzsment irányzatai a szervezetre úgy tekintettek, mint egy gépre, aminek legfontosabb alkotóelemei a működési folyamatok. A folyamatokat mérnöki szemlélettel tervezték meg, folyamatosan felügyelték és a tapasztalatok alapján fejlesztették azokat. Ennek köszönhetően a szervezet kiszámíthatóan, szinte óramű szerűen tudott működni, a szabályozott eljárások betartása minimálisra csökkentette a működési zavarok kockázatát. Mivel a gazdasági környezet a maihoz képest lassan és kis mértékben változott, egy szervezet működésbiztonsága szinte csak a jól működő folyamatrendszerétől és megfelelő minőségű erőforrásaitól függött. Az emberre úgy tekintettek, mint a szabályozott folyamatokat kiszolgáló erőforrásra, aminek fő jellemzője a teljesítménye.

Napjaink gazdasági környezete azonban gyorsan változik, és van, hogy a változás mértéke is nagy. Megváltozott a munkaerő piac is. A 20. században a munkahelyek nagyobb arányban algoritmikus munkavégzésre kerestek embereket, mára ez megfordult és a meghirdetett állások többségében heurisztikus munkavégzés szükséges [1]. A folyamatokat menedzselő minőségirányítási rendszerek alkalmazása, vagy az erőforrások nagy mennyisége mára már nem jelent biztos piaci előnyt, és magasabb szintű működésbiztonságot. A hiányuk viszont egészen biztosan piaci hátrányt jelent és magas működésbiztonsági kockázatot rejt. Ma már a szervezetben egy jól működő minőségirányítási rendszer szükséges, de nem elégséges feltétele sikernek és a biztonságos működésnek. Ma az a szervezet tud versenyelőnyre szert tenni és biztonságosabban működni, amelyik gyorsabban tanul, és ez által gyorsabban képes alkalmazkodni a változó piaci környezethez.

Ez a turbulens gazdasági környezet olyan menedzsment szemléletet igényel, ami a szervezetre nem mint gépre, hanem mint a környezet változásaihoz alkalmazkodni képes élő organizmusra tekint. Ebben a szemléletben a folyamatok helyett az emberek vannak a középpontban, mert valójában a szervezet minden folyamata emberek közötti kapcsolatok sorozataként valósul meg. Az a közeg pedig, ahol ez megtörténik, a szervezet tagjaiból és a köztük létező kapcsolatokból álló hálózat: a szervezeti kapcsolati háló. Ennek a hálózatnak ismeretében feltárhatók a szervezet

működésbiztonsági problémái, és olyan megoldások adhatók azokra, amelyek a szervezeti kapcsolati háló tulajdonságainak ismerete nélkül nem lenne lehetséges [2].

Új szemléletre van szükség, amiben a szervezetekre többé már nem különállóan létező mechanikus rendszerekként, hanem tanulásra és átalakulásra képes élő organizmusokként kell tekintenünk, amik egymással is folyamatos interakciókban állnak. Ezzel összhangban a szervezetek működésbiztonságával kapcsolatos vizsgálati módszereinket is ki kell bővíteni a hálózattudomány módszereinek bevonásával.

## **1.1 A tudományos probléma megfogalmazása**

A szervezetekben a munkavégzéssel összhangban alakulnak ki az emberek közötti kapcsolatok, és a kapcsolatok során valósulnak meg a szervezet működési folyamatai. Ezek az emberi kapcsolatok egy többretegű, multiplex hálózatot alkotnak, aminek csúcspontjai az emberek, a köztük lévő kapcsolatok pedig a csúcspontokat összekötő élek. Ennek a többretegű emberi kapcsolati hálózatnak része a tevékenységek elvégzéséből adódó szakmai, a függelmi viszonyokra épülő hierarchikus, a helyettesítési, és az emberek közötti formális és informális kommunikációs kapcsolatok.

A gráfelmélet és a hálózattudomány módszereivel feltárhatók ennek a multiplex hálózatnak a tulajdonságai. A szervezeti kapcsolati háló ismeretében hatékonyabbá tehetők a szakmai folyamatok, csökkenthetők a kockázatok, gyorsabban terjeszthetők el a szervezetben az új szakmai ismeretek, vagy kontrollálhatók a káros információs folyamatok. Mivel a működési problémák egy része a folyamatok elvégzése közben, az emberek közötti interakciók során keletkezik, fontos, hogy olyan módszerek álljanak rendelkezésre a vezetők számára, melyekkel feltárható, az emberi tényezők működésbiztonságra gyakorolt hatása. A szervezeti kapcsolati háló elemzése új lehetőségeket kínál a működésbiztonság emberi kapcsolatokból adódó tényezőinek feltárására.

## **1.2 A témaválasztás indoklása**

Az emberi hálózatok fogalmával először 1983-ban, egyetemi tanulmányaim során találkoztam. Pszichológia tantárgy keretében azt a féléves feladatot kaptam, hogy

készítsem el egy gimnáziumi osztály szimpátia alapú kapcsolati hálózatát. A vizsgálat során magával ragadott az emberek közötti szociális kapcsolatrendszer témaköre, és a módszer, amivel feltérképezhető egy emberi kapcsolati hálózat.

Későbbi minőségmenedzsment és projektmenedzsment tanácsadói munkáim során mindig nagy hangsúlyt fektettem az emberi tényezőre. Megértettem, hogy egy szervezet nem csupán a tagok összessége, hanem ennél sokkal több: egy önálló entitás, egy bonyolult, nagyszámú kapcsolatokkal rendelkező rendszer, aminek tulajdonságai túlmutatnak a tagok egyéni tulajdonságainak szimpla összességén. Úgy véltem, a szervezet működését nem csak a folyamatok, a gépek és berendezések és az erőforrások határozzák meg, hanem a szervezeten belüli emberi kapcsolatok is érezhető, mérhető hatással vannak a teljesítményre és a működésbiztonságra.

A hálózattudomány, mit önálló tudományág megjelenése, és a gráfelméleten alapuló, de azon túlmutató módszerei arra inspiráltak, hogy megismerjem ezeket a módszereket, és kutatni kezdem a szervezetek kapcsolati hálózatát. Kutatásom során a szervezetek emberi kapcsolatokból álló hálózatát vizsgáltam azzal a céllal, hogy a működésbiztonság területén hasznosítható eredményeket hozzak létre.

### **1.3 Kutatási célok**

Kutatásom átfogó célja az volt, hogy megvizsgáljam, hogyan alkalmazhatók a gráfelméleti és hálózattudományi módszerek a szervezetek működésbiztonsági tulajdonságainak feltárásában, és bebizonyítsam, hogy ezek a módszerek alkalmasak működésbiztonsági elemzésekre. Ennek keretében célul tűztem ki, hogy:

1. az emberi kapcsolati hálózatokra használt kifejezéseket tartalmi szempontból rendezzem, és definiáljam a szervezeti kapcsolati háló fogalmát,
2. megmutassam, hogy a szervezeti kapcsolati háló több különböző réteghálózatból áll, és meghatározom ezeket a réteghálózatokat,
3. gráfelméleti és hálózattudományi módszerek felhasználásával mérhetővé tegyem a szervezeti kapcsolati háló működésbiztonsági tulajdonságait,
4. a szervezetek közötti kapcsolati háló értelmezését, ellátási lánc és működésbiztonsági elemzések végezhető rajta.



## 1.4 Kutatási hipotézisek

Az emberi hálózatokkal foglalkozó különböző szakterületeken nincs egységes szóhasználat a különböző jellegű hálózatokra vonatkozóan. Gyakori, hogy ugyanazt az elnevezést használják különböző tartalmú emberi hálózatokra. Kutatásomban ezért definiálom a vizsgálatom tárgyát képező szervezeti kapcsolati hálót, és elhatárolom más emberi kapcsolati hálózatok tartalmától.

H1: A szervezeti kapcsolati háló a szervezet tagjainak kényszer- és önkéntes kapcsolataiból álló hálózatként definiálható.

A szervezetben az emberi kapcsolatok különböző jellegűek, ezért a szervezet tagjai között nem csupán egyfajta kapcsolat jön létre. A különböző jellegű kapcsolatok azonban a teljes szervezetre hatással vannak, mivel a szervezeti kapcsolati háló elemei az emberek. Megmutatom, hogy az emberek és a különböző jellegű kapcsolatok különböző hálózatokat alkotnak, amik együttesen egy többretegű összefüggő hálózat részei.

H2: A szervezeti kapcsolati háló, különböző réteghálózatokból álló multiplex hálózat.

A szervezet működésbiztonságát befolyásolja, hogy a szervezet egyes tagjai milyen módon és milyen szinten képesek egyéni érdekeiket érvényesíteni a szervezetben. Ezek a hatalmi pozíciók hatással vannak a szervezet folyamataira, ezért feltárásuk működésbiztonsági szempontból fontos.

H3: A szervezeti kapcsolati háló réteghálózataival feltárhatók a működésbiztonságot befolyásoló hatalmi struktúrák.

A gyakorlati felhasználhatóság szempontból fontos, hogy a szervezeti kapcsolati háló elemzése a működésbiztonságra vonatkozó számszerű eredményeket adjon. Ezért a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataiban egyrészt működésbiztonsági értelmezést adok egyes gráfelméleti és hálózattudományi elemzésnek, másrészt saját működésbiztonsági mutatókat hozok létre.

H4: A szervezeti kapcsolati háló réteghálózataiban gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel működésbiztonsági elemzések végezhetőek.

A szervezeti kapcsolati háló nem csak egy szervezeten belül, hanem az üzleti kapcsolatban álló szervezetek között is létezik. Egy ellátási lánc modellt hozok létre, melynek segítségével megmutatom, hogy a szervezetközi emberi kapcsolati hálózatokon is végezhető működésbiztonsági elemzések. Megvizsgálom, hogy a különböző szintű kapcsolatokról felépülő ellátási láncok hogyan viselkednek a hálózatot érő zavarokkal szemben.

H5: A többszintű szervezetközi kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncok zavartűrő képessége nagyobb, mint az egyszintű kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncoké.

## **1.5 Kutatási módszerek**

Kutatásom során szakirodalmi feldolgozást végeztem a szervezeti viselkedés, a tudásmenedzsment, a gráfelmélet és a hálózattudomány területén, és áttekinttem a kutatási témámmal kapcsolatos területeket. A szervezeti viselkedés és a tudásmenedzsment szakirodalmi feldolgozása során azok hálózattudományi vonatkozásaira fókuszáltam. Szakirodalmi és internetes feldolgozást végeztem az emberi kapcsolati hálózatokra használt szakmai és köznyelvi kifejezésekre vonatkozóan, és tartalmi szempontból rendezést végeztem azokon. Definiáltam a kutatásom tárgyát képező szervezeti kapcsolati hálót, ezzel elhatároltam azt más kapcsolati hálózatoktól.

A hálózatok kvantitatív elemzéséhez gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel alkalmaztam. A szakmai kompetenciákkal összefüggő működésbiztonsági mutatók létrehozásához a páros gráfok elemzési módszereit használtam fel. A helyettesítési rendszer ellentmondásosságának méréséhez halmazelméleti hasonlósági módszert használtam, a működésbiztonsági szempontból fontos személyek meghatározásához pedig a fokszámcentralitás módszerét alkalmaztam. A tudásterjedés dinamikai modellezését mátrixalgebrai módszerekkel végeztem, a szervezeten belüli tudásterjedés dinamikai eredményeit ismert növekedési modellekkel hasonlítottam össze. A tudásátadási hálózatok kulcsfontosságú csomópontjainak azonosításához a fokszám- és a köztiség centralitás módszerét alkalmaztam, továbbá ezek felhasználásával új működésbiztonsági mutatókat hoztam létre.

A szervezeti kapcsolati háló hatalmi struktúráinak azonosítását a Mastenbroek-féle hatalmi tipológia szerint végeztem. A különböző hatalmi struktúrákban gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel alakítottam ki a működésbiztonsági mutatókat, amikkel a szervezet tagjainak különböző jellegű hatalmi pozíciói számszerűen mérhetőek.

A szervezeti kapcsolati háló különböző réteghálózatainak feltérképezéséhez kérdőíves módszert alkalmaztam, a kapott válaszokat gráfelméleti módszerekkel dolgoztam fel, és gráfelméleti valamint hálózattudományi módszerekkel elemeztem. A réteghálózatok megrajzolását hálózatrajzoló szoftverrel végeztem.

## 2 A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ

A szervezetekben a munkavégzés során az emberek interakciókba kerülnek egymással, és egy összetett emberi kapcsolati hálózat alakul ki közöttük. Ennek a kapcsolati hálózatnak részei az emberek és a munkavégzésükkel kapcsolatban kialakult kényszer- és önkéntes kapcsolatok, ezért egy szervezetben az emberi kapcsolatok hálózata hatással van a működésbiztonságra. A köznyelvben és a szakirodalomban is több elnevezés található az emberi kapcsolati hálózatokra vonatkozóan, melyek használata nem következetes. Tartalmi szempontból rendezem ezeket a kifejezéseket, definiálom a szervezeti kapcsolati háló fogalmát, és meghatározom hálózati tulajdonságait. Bemutatom a hálózattudomány kialakulásának főbb mérföldköveit és más tudományterületekkel való interdiszciplináris kapcsolatát.

### 2.1 Korai szociológiai hálózat kutatások

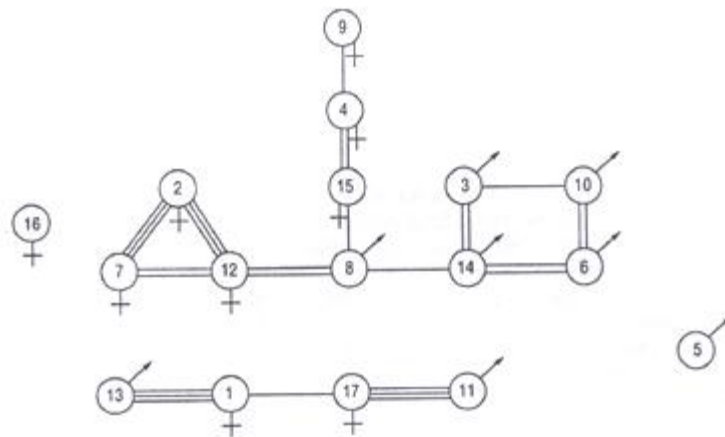
A valós hálózatok egyik fajtáját, ami emberek közötti kapcsolatokból épül fel, hosszú ideig senki sem vizsgálta gráfelméleti szempontból. Meglepő módon azt, hogy a családi, baráti, ismeretségi kapcsolatokat is magába foglaló emberi kapcsolati hálózat alapvetően különbözik az ismert biológiai, fizikai és technikai hálózatoktól, első ízben nem egy matematikus, még csak nem is egy tudós vetette fel, hanem egy író. Karinthy Frigyes 1929-ben írt és egyébként csúfosan megbukott elbeszéléskötetének egyik története a „Láncszemek”, egy érdekes felvetéssel foglalkozik [3]. A főhős egy fogadást ajánl a társaság egy másik tagjának, hogy a világon bármely személyt megnevezheti, és ő mindössze öt kapcsolaton keresztül eléri. Karinthy elbeszélése a legcsekélyebb mértékben sem keltette fel korának sem irodalmi, sem pedig tudományos érdeklődését, mégis ez annak a hálózattudományi jelenségnek az első írásos megfogalmazása, melyet ma *six degrees of separation*, azaz hat lépés távolság, vagy gyakoribb néven kis világ jelenséggént ismerünk [4].

Az emberi kapcsolatok területén Jacob Levy Moreno, Romániából származó, az Egyesült Államokban élő pszichológus dolgozott ki egy módszert, amivel az emberi csoportok társas kapcsolatai feltérképezhetőek. Módszerét 1933-ban a New York-i orvosi konferencián mutatta be. Vizsgálatait arra a tapasztalatra alapozta, hogy az egyes

intézmények tagjainak kapcsolatai nem véletlenszerűen alakulnak ki, és nem is véletlenszerűen oszlanak el az adott csoportban, és nincsenek alárendelve az adott intézmény tagjaiból létrehozott strukturális rendnek. Megfigyelte, hogy az intézményekben a tagok között spontán kapcsolatok, barátságok jönnek létre, kialakítva ezzel társkapcsolatokat, belső csoportosulásokat, és csoportközi kapcsolatokat. Ezek a csoportok és csoportközi kapcsolatok egy hálózatot alkotnak, ami az intézmény szervezeti struktúrájától különböző struktúrát alkot. Moreno felismerte, hogy ez a rejtett hálózat feltárható a rokonszenvi választások megismerése által [5]. A csoport tagjainak írásban tett fel kérdéseket azzal kapcsolatban, hogy egy konkrét és fontos élethelyzetben kit illetve kiket választanának társul. Moreno úgy gondolta, hogy a választások megfelelnek egy spontán, az érzelmek által diktált kapcsolódásnak, és az intézményen belüli rejtett emberi kapcsolatok hálózatát adják meg. A kapott válaszok alapján a társkapcsolatok ilyen jellegű, rokonszenvi választásokon alapuló hálózatának felrajzolását és értelmezését Moreno szociometriának nevezte el, magát a felrajzolt hálózatot pedig szociogramnak. Magyarországon Mérei Ferenc honosította meg a szociometria módszerét [6]. Moreno szociometriai vizsgálata csak egy szempontból, a rokonszenv alapján vizsgálta a társas kapcsolatok hálózatát, Mérei munkája során több szempontú szociometriai felméréseket végzett, amiben a rokonszenvi alapú kérdések mellett a közösségi funkciókra és egyéni képességekre vonatkozó kérdéseket is alkalmazott. A társas kapcsolatok több szempontú megközelítése összhangban van napjaink egyik hálózatkutatói irányzatával, mely az emberi kapcsolatokat olyan multiplex hálózatoknak tekinti, melyben egy időben több különböző kapcsolati hálózat is létezik és ezek egymással is kölcsönhatásban vannak.

A rokonszenv alapú szociometriai felmérés során meg kell határozni a szociometriai kritériumokat, majd ezeket kérdésekbe kell fogalmazni, amik egy konkrét élethelyzetre vonatkoznak [7]. A válaszadóknak meg kell jelölniük azokat a társaikat, akikkel abban az élethelyzetben szívesen együtt lennének. Például *Kikkel dolgozna szívesen egy szobában?* vagy *Diszkrét ügyben kihez fordulna segítségül a társai közül?* Ezek a kérdések rokonszenv alapúak, a több szempontú felmérés esetében közösségi funkciókra, vagy egyéni kompetenciákra vonatkozó kérdések is vannak, mint például *Ön szerint ki lenne alkalmas vezetőnek a társai közül?* vagy *Ön szerint ki a legjobb szakember a társai közül?* A kapott válaszokat egy szociometriai mátrixba kell rendezni, aminek sorai és oszlopai a csoport tagjai, a cellaértékek pedig a szerint 1 vagy

0, hogy az adott személy megjelölte-e válaszában a másik személyt. A szociometriai mátrix alapján lehet felrajzolni a szociogramot, ami egy irányítatlan gráf formájában jeleníti meg a kapcsolati hálózatot. A szociogramon két személy között akkor jelölik a kapcsolatot, ha az adott kérdésre kölcsönösen megjelölték egymást. A kapcsolat erősségére utal, ha több kérdés esetén is kölcsönös jelölést adtak. A szociogramban a neveket számokkal helyettesítik, és a férfiak és nők is megjeleníthetők, amennyiben az elemzés szempontjából ez releváns tulajdonság (1. ábra). Az ábrán ♂ jelöli a férfiakat és ♀ a nőket, és láthatók a többszörös választások is.

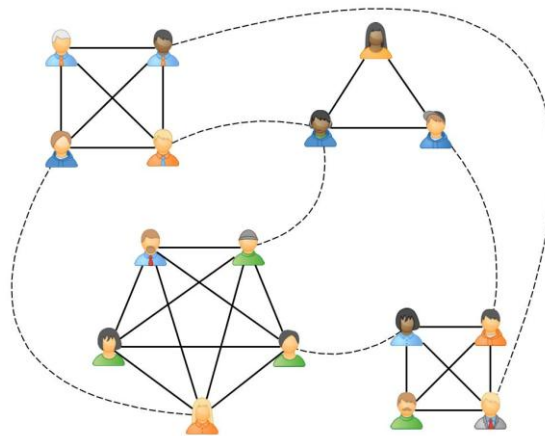


1. ábra Egy 17 fős csoport szociogramja. (Forrás: [8])

A kis világ jelenséggel kapcsolatban az első kísérletet Stanley Milgram a huszadik század egyik legismertebb pszichológusa végezte. Milgram kísérletében kiválasztott két célszemélyt, egy bostoni tőzsdeügynököt és egy sharoni teológus hallgatót, majd véletlenszerűen kiválasztott személyeknek a célszemélyek nevét és fotóját tartalmazó levelet küldött, azzal a kéréssel, hogy baráti kapcsolataikon keresztül próbálják eljuttatni a levelet a célszemélyeknek. A kiküldött 296 levélből végül 64 érkezett vissza a célszemélyekhez. Milgram a beérkezett levelek elérési útvonalaiból arra az eredményre jutott, hogy a vizsgált személyek közötti elérési úthossz átlagos értéke 5,5 lépés, ami arra utalt, hogy a társadalmi kapcsolatok hálózata valóban egy kis világ. Bár Milgram publikációja [9] a társadalmi kapcsolatokra vonatkozó megállapításokat tartalmazott, megalapozta a hálózatok kis világ tulajdonságainak további kutatási irányát.

A hálózat kutatás következő mérföldkövét Mark Granovetter 1973-ban megjelent *A gyenge kapcsolatok ereje* című cikke jelentette [10]. Granovetter szociológiai

tanulmányában azt vizsgálta, hogy az emberek álláskeresésük során hogyan használják személyes kapcsolataikat. Kutatása során arra az eredményre jutott, hogy a sikeres eredményt az emberek jellemzően nem családi vagy baráti kapcsolataikon keresztül érik el, hanem a sokkal gyengébb ismeretségi kapcsolataikon keresztül. Míg a korábbi kutatások nem vizsgálták a kapcsolatok erősségét, Granovetter rávilágított, hogy az emberi kapcsolatok között vannak erős és gyenge kapcsolatok. Szociális hálózatainkban a családi és baráti kapcsolataink erős kapcsolatok, míg távolabbi ismeretségeink gyenge kapcsolatok. Felfigyelt arra, hogy egy ember két barátja legtöbb esetben egymásnak is barátai, tehát az erős kapcsolatok kisméretű teljes részgráfokat alkotnak a kapcsolati hálózatainkban. Ezeket az erős kapcsolatokból álló teljes részgráfokat gyenge kapcsolatok kötik egymáshoz oly módon, hogy egy személy több különböző erős kapcsolatokból álló csoportnak is a tagja (2. ábra). Az ábrán folytonos vonal jelöli a csoporton belüli erős kapcsolatokat és szaggatott vonal a csoportok közötti gyenge kapcsolatokat.



2. ábra Csoportokon belüli és csoportok közötti kapcsolatok. (Forrás: saját ábra)

Granovetter megmutatta, hogy az emberi kapcsolatokat leíró hálózatnak van egy sajátos szerkezete, amiben az erős kapcsolatokon túl, a gyenge kapcsolatok is meghatározóak a hálózat tulajdonságai szempontjából, és a teljes háló összetartása szempontjából ezek a legmeghatározóbbak. Buchanan úgy fogalmazott, hogy „Gyenge kapcsolatok nélkül az emberi közösség elszigetelt klikkekre esne szét” [11]. Az emberi csoportok azért nem szigetelődnek el egymástól, mert néhány külső, csoportközi kapcsolat összeköti őket, és a különböző csoportok ezeken a gyenge kapcsolatokon keresztül kommunikálnak egymással. Ezek az úgynevezett társadalmi hidak, és ezeket a hidakat szinte mindig gyenge kapcsolatok alkotják. Granovetter kutatása rámutatott arra, hogy az emberi

hálózatok más képet mutatnak, mint amit a matematikusok feltételeztek, és ezzel kezdetét vette egy új tudományterület kialakulása, a hálózattudományé, ami alkalmazza a gráfelmélet eredményeit, de új összefüggéseket tár fel az emberi hálózatok kialakulására és működésére vonatkozóan.

A korai szociológiai kutatások rámutattak arra, hogy a gráfelmélet ugyan alkalmas módszer a valós emberi hálózatok kvantitatív tulajdonságainak számítására, de számos hálózati tulajdonságra nem adnak választ. A szociológiai kutatások nyomán alakult ki a hálózattudomány, és mára már önálló tudományággá fejlődött, ami a valós hálózatok kialakulását és hálózati tulajdonságait vizsgálja.

## **2.2 A szervezeti kapcsolati háló definiálása**

Az emberi kapcsolatokból álló hálózatokra vonatkozóan sem a köznyelvben, sem a szakirodalomban nem egységes a szóhasználat [12]. Az angol nyelvű szakirodalomban is keverednek tartalmi szempontból a *social network*, *organizational network*, *company network*, *human network* kifejezések, és ezek magyar nyelvű fordítása sem következetes.

A pszichológiában és a szociológiában a *social network* egy adott csoportban a csoport tagjai között fennálló társas kapcsolatok rendszerét jelenti [13]. Ennek feltárására és elemzésére alkalmazott módszer a Moreno-féle szociometria, mely csak a kölcsönös szimpátia alapú kapcsolatokat vizsgálja, és későbbi kiterjesztései is csak a csoportban betöltött szociális funkcionalitást vizsgálják. A *social network* szinonimájaként jelenik meg még a *human network* kifejezés is. Ezt a kifejezést a tudományos publikációk korábban ritkán használták, 2019. március 5-én jelent meg az első ilyen című szakmai könyv [14].

A *social network* fordításaként magyarul gyakran a *szociális háló* kifejezést használják, amit viszont a magyar szakmai szóhasználatban az állami jóléti rendszerhez tartozó fogalom. Olyan területek tartoznak hozzá, mint például a szociális támogatások, szociális segélyek, a minimálbér vagy a nyugdíj intézményrendszere [15], tehát nem hálózattudományi tartalommal bír.

A médiában meghonosodott, hogy angol nyelvterületen a *social network* kifejezést használják az internetes közösségi csoportokra vonatkozóan (pl. Facebook, Twitter,



stb.) magyarul pedig a *közösségi háló* kifejezés terjedt el. Ennek magyarázata talán, a Facebook alapításáról és indulásáról szóló, 2010-ben bemutatott film, melynek angol címe *The Social Network*, magyar címe pedig *Social Network - A közösségi háló*. Angol nyelvterületen ennek lehet a következménye, hogy napjainkban a *social network* kifejezést a média nem az emberi kapcsolati hálózatok tudományos elnevezéseként, hanem a Facebook és más internetes közösségi platformok szinonimájaként használja.

Az internet alapú kapcsolati hálózatokat valóban önkéntes emberi kapcsolatok alkotják, mert a hálózat tagjai megválogathatják, hogy kikkel legyenek kapcsolatban és kikkel nem. Egy szervezetben is megválogathatják szimpátia alapú önkéntes kapcsolataikat a szervezet tagjai, de a folyamatokból adódó szakmai kényszer kapcsolataikat nem minden esetben.

Menedzsment területen használt kifejezések az *organizational network*, és a *company network*. Gyakran szinonimaként használják ezeket, de az *organizational network* esetében van, hogy a szervezet tagjain felül az erőforrásokat és a gépeket, berendezéseket is beleértik a hálózat elemeibe [16]. A *company network* gyakori szóhasználat a szervezetek üzleti kapcsolataira is, de az informatikai szakemberek szintén ezzel a kifejezéssel illetik egy szervezet informatikai rendszerhálózatát.

Mivel ezen a téren jelenleg mind a köznyelvben mind pedig a szakmai nyelvben is rendezetlen a fogalomhasználat, ezért definiáltam a szervezeti kapcsolati háló fogalmát, hogy tudományos szempontból pontosan elhatároljam kutatásom tárgyát.

**DEFINÍCIÓ: A szervezeti kapcsolati háló egy szervezet tagjainak, a szervezet működésével összefüggő, kizárólag emberek közötti, kényszer- és önkéntes kapcsolatokról álló hálózata.**

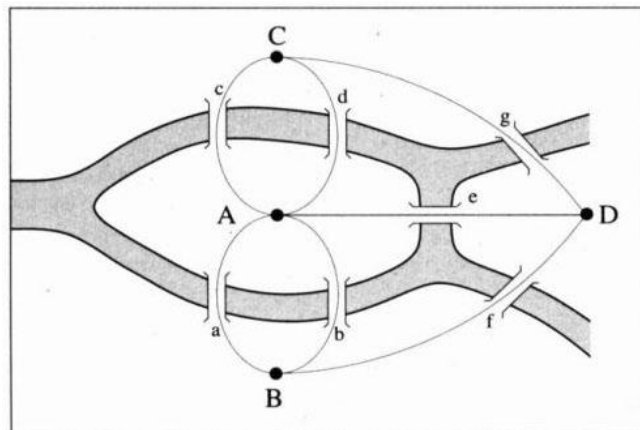
Szervezeti kapcsolati háló alatt csak a szervezeteken belüli valamint a szervezetek közötti, a működéssel összefüggő emberi kapcsolatok hálózatát értem, a szervezeteken kívüli emberi kapcsolatok nem részei annak. A szervezeti kapcsolati háló olyan emberi kapcsolati hálózat, amiben a hálózatot az emberek közötti önkéntes kapcsolatok, és a munkavégzés folyamataiból adódó kényszer-kapcsolatok együttesen alkotják. A szervezeti kapcsolati háló egy összefüggő hálózatot alkot, amiben a szervezet minden tagjának van bármely másik tagjával közvetlen vagy közvetett kapcsolata. A szervezeti kapcsolati háló elemei az emberek, mint a hálózat csomópontjai, valamint az emberek között fennálló kényszer- és önkéntes kapcsolatok. A szervezeti kapcsolati háló

kizárólag a szervezet tagjai között fennálló (ember-ember) kapcsolatokat tartalmazza, és nem tartalmazza a szervezet által használt gépek és berendezések közötti (gép-gép) és az őket használó emberekkel való (ember-gép) kapcsolatokat.

**A fentiek alapján igazoltam a H1 hipotézisemet, és a szervezeti kapcsolati hálót a szervezet tagjainak kényszer- és önkéntes kapcsolataiból álló hálózatként definiáltam.**

### 2.3 A szervezeti kapcsolati háló modellezése gráfokkal

A gráfelméletet a Königsbergi hidakkal kapcsolatos probléma indította el matematikai útjára. Egy svájci matematikus, Leonhard Euler azt a problémát igyekezett megoldani, hogy vajon lehetséges-e a Königsbergen áthaladó Pregel folyón, és a folyó által közrezárt Kneiphof-szigeten átívelő hét hídon úgy átsétálni, hogy közben egyik hídon se menjünk át kétszer. Euler bizonyításában egy olyan módszert alkalmazott, aminek során a folyóval elválasztott területeket olyan pontokként kezelte, amiket az élként megjelenített hidat kapcsolnak össze (3. ábra).



3. ábra A Königsbergi hidak problémájának gráfmodellezése.

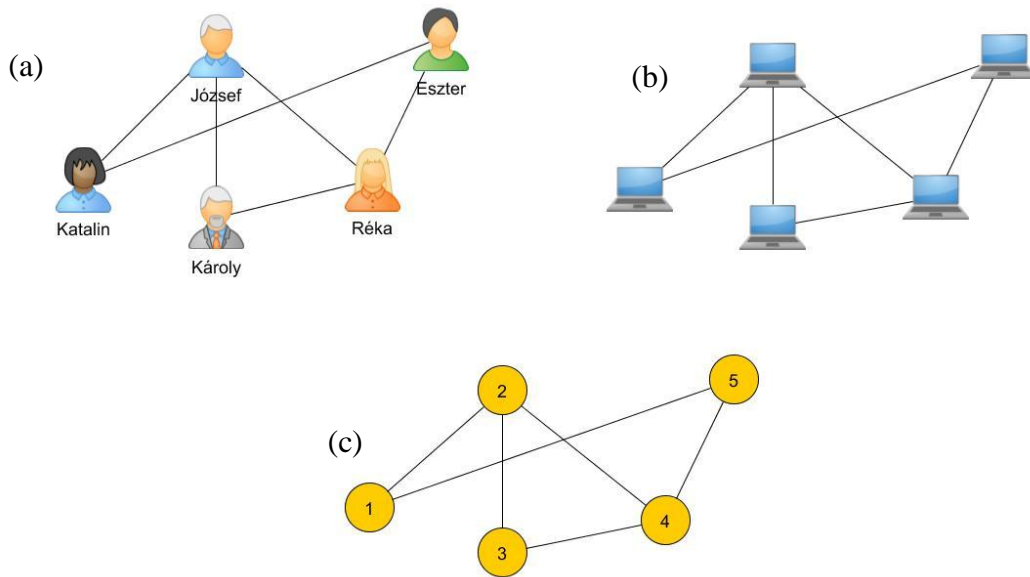
(Forrás: <http://physics.weber.edu/carroll/honors/konigsberg.htm>)

Euler a különböző földterületeket a gráf pontjainak ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ), az azokat összekötő hidakat pedig a gráf éleinek ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$ ) tekintette. Euler bizonyítása azon alapult, hogy ha lenne út, ami minden hídon csak egyszer halad át, akkor a páratlan számú élhez kapcsolódó pontok csak kiindulási vagy megérkezési pontok lehetnének, mert ha sétánk során olyan csúcshoz érünk, ami páros számú élhez csatlakozik, akkor előfordulhatna, hogy nem maradna olyan él – a példában híd –, amin keresztül távozhatnánk az adott

területről. Euler bizonyítását a korabeli *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* folyóiratban publikálta 1741-ben [17], és ezzel elsőként oldott meg egy matematikai problémát gráfok alkalmazásával, egyúttal létrehozta a matematika egy új ágát, a gráfelméletet.

Eulert követően több híres matematikus foglalkozott a gráfelmélettel, mint például Cauchy, Kirchhoff, Cayley, Pólya, de a gráfelmélet sokáig nem vált alkalmazott tudománnyá. A gráfelmélet a matematika egyik ágává vált, mely csupán azt vizsgálta, hogy különböző dolgok hogyan kapcsolódnak egymáshoz, de azt nem vizsgálta, hogy mik is ezek a dolgok valójában. Több mint kétszáz évig a gráfelmélettel foglalkozó tudósok csak a gráfok tulajdonságait vizsgálták, de a valóságban létező gráfok, vagyis a hálózatok létrejöttének okait nem kutatták. A gráfelmélet adta az alapot a különböző strukturális tulajdonságú valós hálózatok vizsgálatához. Mára kialakult egy önálló tudományág a hálózattudomány, mely a valós hálózatok kialakulásának és fejlődésének törvényszerűségeit vizsgálja gráfelméleti és az utóbbi évtizedekben kialakított hálózattudományi módszerekkel.

Ahhoz, hogy megértsük egy rendszer működését, ismernünk kell a rendszer alkotóelemeit és az azok közötti kapcsolatokat. Ezek ismeretében tudjuk modellezni a rendszert [18]. A mérnöki tudományok területén ezt a célt szolgálják például a gépészeti műszaki rajzok vagy az elektromos kapcsolási rajzok. A hálózatokat modellezhetjük gráfokkal is [19]. A gráfok két alkotóelemből épülnek fel, csúcsokból és élekből. A hálózat egyes részeit a csúcsok, a közöttük megvalósuló kapcsolatokat pedig az élek jelentik. A hálózattudomány valóságos rendszereket vizsgál, amikben az egymással kapcsolatban lévő részek és a közöttük fennálló kapcsolatokat is valóságosak. Egy szervezet tagjai az emberi kapcsolati hálózatot leképező gráfban csúcsokként jeleníthetők meg, a közöttük fennálló kölcsönös, szimpátia alapú viszonyrendszert pedig a csúcsok közötti élek szimbolizálják. Egy számítógépes hálózatban az egyes számítógépek a csúcsok, a közöttük fennálló adatkapcsolatok pedig a gráf élei. Attól, hogy az egyes hálózatok csúcsai és élei teljesen különbözőek, a gráfjaik még lehetnek azonosak. A 4. ábrán látható különböző hálózatokban a csúcsok és az élek különbözőek, de mivel a csúcsok száma, az élek száma, és ezek kapcsolódási rendszere is azonos strukturájú, ezért ezek a különböző hálózatok azonos gráffal ábrázolhatók. Az (a) ábrán egy emberekből álló csoport kapcsolatrendszerét látható, a (b) ábrán pedig egy számítógépes adathálózat. A két különböző hálózat, azonos gráffal modellezhető (c).



4. ábra Különböző hálózatok, amelyek ugyanazzal a gráffal modellezhetők.

(Forrás: saját ábra [20] nyomán)

A szakirodalomban a gráf és hálózat kifejezést gyakran szinonimaként használják, és keveredik a csúcspont illetve a csúcs, az él illetve a kapcsolat kifejezés is. Ezek felcserélése nem okoz értelmezési problémát, de mivel két különböző tudományterületet érint, szóhasználati szempontjából érdemes különbséget tenni. A gráfelmélet a csúcs és az él kifejezéseket használja a hálózatok matematikai modellezéséhez, és a csúcsokat és éleket absztrakt fogalmakként kezeli. Mivel a hálózattudomány ma már egy önálló tudományterület, értekezésemben a gráfelméleti részek kivételével, az 1. táblázatban látható, Barabási által is alkalmazott hálózat, csomópont és kapcsolat elnevezéseket használom [20].

1. táblázat A gráfelmélet és a hálózattudomány által használt kifejezések megfeleltetése Barabási nyomán.

Gráfelméleti megnevezés	Hálózattudományi megnevezés
Gráf ( <i>Graph</i> )	Hálózat ( <i>Network</i> )
Csúcs ( <i>Vertex</i> )	Csomópont ( <i>Node</i> )
Él ( <i>Edge</i> )	Kapcsolat ( <i>Link</i> )

Egy hálózatot alapvetően jellemez, hogy hány csomópontja és hány kapcsolata van. A hálózatban az összes csomópont száma  $N$ , ez mutatja meg, hogy az adott rendszerben hány önállóan tekintett rendszerelem található. Ezt az  $N$  értéket a hálózat méretének nevezzük. Az egyes  $n_i$  elemeket, mint csomópontokat, az  $i = 1, 2, 3, \dots, N$  sorszámozással különböztetjük meg. Az 5. ábrán látható hálózatok esetében  $N = 5$ .

Az egyes csomópontok közötti kapcsolatok száma ( $L$ ) az mutatja meg, hogy a csomópontok között összesen hány kapcsolat létezik a hálózatban. A hálózattudományban nem szokás az egyes éleket külön jellel megkülönböztetni, a gyakorlatban az általuk összekötött csomópontokkal azonosítjuk azokat. Például egy hálózatban azt az élt, ami az  $A$  és  $F$  csomópontokat köti össze,  $(A, F)$  élnek nevezzük.

A hálózatok, amiket gráfokkal modellezünk, lehetnek irányítottak és irányítatlanok [21]. Vannak hálózatok, amikben nincs értelmezve a kapcsolatok iránya, ezeket a hálózatokat irányítatlan hálózatnak nevezzük. Például egy családot megjelenítő rokonkapcsolati hálózatban a házastársi viszony kölcsönös, hiszen ha valaki a családban házastársa valaki másnak, annak ő is a házastársa. Ugyancsak irányítatlan hálózatot alkot egy olyan hálózat, amiben akkor tekintjük két ember között meglévőnek a kapcsolatot, ha ugyanabban a szobában dolgoznak. Ez esetben nem értelmezhető a köztük létrejövő kapcsolat iránya.

Olyan rendszerek hálózati modellezésében, ahol a rendszer működése szempontjából nem csak az egyes rendszerelemek közötti kapcsolatok, hanem azok iránya is meghatározó, irányított hálózattal tudjuk modellezni az adott rendszert. Például egy gépkocsiban, mint rendszerben, az üzemanyagtartály és az üzemanyag adagoló berendezés (pl. porlasztó, vagy befecskendező) között az üzemanyag csak egy irányban áramolhat, a tartály felől az adagoló berendezés felé. Egy gépkocsi üzemanyagrendszer ezért irányított hálózattal modellezhető. Egy hálózatot akkor tekintünk irányítottnak, ha minden éle irányított, és akkor irányítatlannak, ha minden éle irányítatlan [22].

A valóságban vannak olyan hálózatok, amikben irányított és irányítatlan élek is találhatóak. A sejtek anyagcsere hálózatában például találhatóak olyan folyamatok, amik megfordíthatók és vannak, amik nem. Egy napelemmel felszerelt épület esetében, az áramfogyasztás és áramtermelés különbségének megfelelően, illetve napszakhoz kötötten, a bekötővezetéken nem csak az épület felé folyhat az áram, hanem az épület felől az elosztó hálózat felé is, miközben a ház belső vezetékszállásában csak egy

irányban lehet áramlás. A szervezeti kapcsolati hálóban irányított és irányítatlan kapcsolatok is értelmezhetők. Ha két ember között kölcsönös kapcsolat áll fenn, az úgy is értelmezhető, mint egy irányítatlan kapcsolat, de úgy is, mint két különálló, ellentétes irányú kapcsolat. A hálózattudományban az emberi kapcsolatokat jellegükből adódóan kölcsönösnek tekintik, ezért általános megközelítésben irányítatlan hálózatokat alkalmaznak. Értekezésemben is ezt a megközelítést követem. Csak abban az esetben alkalmazok irányított hálózatot, amikor az adott hálózatban a kapcsolatok irányultsága meghatározó a hálózat jellegét illetően, mint például a helyettesítési kapcsolatok, vagy a tudásterjedés esetében.

A szervezeti kapcsolati háló az emberi kapcsolatok hálózata, ezért megkötés, hogy csak két különböző ember között jöhet létre kapcsolat, egy embernek saját magával vett kapcsolata nem értelmezhető. A szervezeti kapcsolati háló gráfja tehát hurokmentes. Ez összhangban van a hálózattudomány emberi kapcsolati hálózataira vonatkozó értelmezéssel.

A hálózatok tulajdonságait a bennük lévő kapcsolatok határozzák meg, a kapcsolatrendszerét pedig a csomópontok kapcsolataiból képzett szomszédsági mátrixszal írjuk le [23]. Az  $A_{ij}$  szomszédsági mátrix egy négyzetes mátrix, melynek soraiban és oszlopaiban a hálózat csomópontjai vannak, és elemei a csomópontok közötti  $a_{ij}$  kapcsolatok. Egy  $N$  csomópontból álló irányított hálózat esetén a szomszédsági mátrix

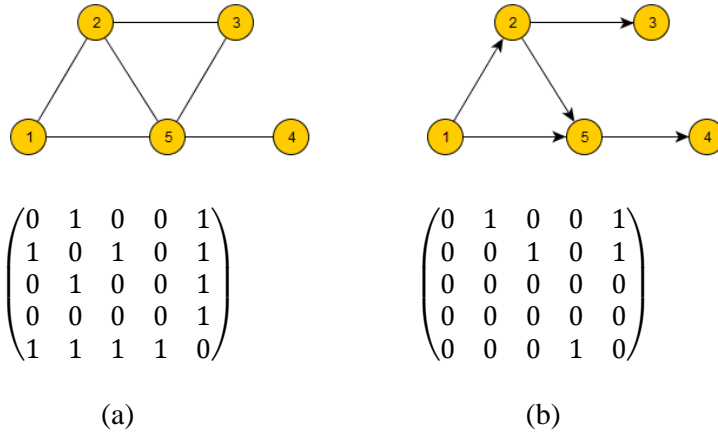
$$A_{ij} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & a & \cdots & a_{NN} \end{pmatrix} \quad (1)$$

ahol:

$a_{ij} = 1$ , ha az  $i$ -edik csomópontból mutat kapcsolat a  $j$ -edik csomópontba, és

$a_{ij} = 0$ , ha az  $i$ -edik csomópontból nem mutat kapcsolat a  $j$ -edik csomópontba.

Irányítatlan hálózat esetén a szomszédsági mátrixban minden él kétszer szerepel, ebből adódóan szimmetrikus, azaz  $a_{ij} = a_{ji}$ . Irányított hálózat esetén a szomszédsági mátrix nem feltétlenül szimmetrikus. Az 5. ábrán egy irányítatlan és egy irányított hálózat gráfjai és szomszédsági mátrixai láthatók. Az (a) egy irányítatlan hálózat gráfja és szomszédsági mátrixa, a (b) pedig egy irányított hálózat gráfja és szomszédsági mátrixa.



5. ábra Szomszédsági mátrixok. (Forrás: saját ábra)

A hálózatokban a csomópontok egyik legjellemzőbb tulajdonsága az, hogy az adott csomópont hány csomóponttal van kapcsolatban, ez a csomópont fokszáma [22]. Irányítatlan hálózatokban csak az adott csomóponthoz tartozó kapcsolatok számát kell vizsgálni, hiszen a kapcsolatok iránya nincs értelmezve. Irányítatlan hálózatokban az  $i$ -edik csomóponthoz tartozó  $k_i$  fokszám

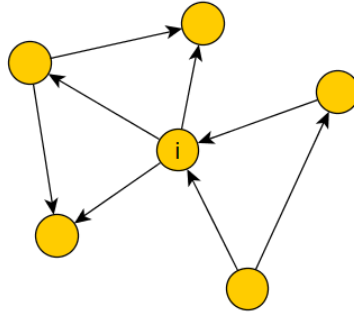
$$k_i = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (2)$$

ahol  $N$  a hálózat csomópontjainak száma,  $a_{ij}$  pedig a hálózatban az  $i$ -edik csomópontjához tartozó  $j$ -edik kapcsolat.

Az irányított hálózatokban különbséget teszünk kimenő kapcsolatok és bejövő kapcsolatok között, így megkülönböztetjük a csomópont be-fokszámát illetve ki-fokszámát a szerint, hogy az adott csomópontba befelé irányuló, vagy abból kifelé irányuló kapcsolatról van szó. Irányított hálózatokban az  $i$ -edik csomóponthoz tartozó be- és ki-fokszám:

$$k_i^{be} = \sum_{i=1}^N a_{ji}, \quad k_i^{ki} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (3)$$

A be- és ki-fokszám értéke az irányított hálózat egy adott csomópontjára vonatkozóan különböző értékű is lehet (6. ábra). Az ábrán  $k_i^{be} = 2$ , azaz az  $i$  csomópont be-fokszáma 2 és  $k_i^{ki} = 3$ , és a ki-fokszáma 3.



6. ábra Az  $i$  csomópont be- és ki-fokszáma különböző. (Forrás: saját ábra.)

A szervezeti kapcsolati háló csomópontjai az emberek, fokszámukat pedig az határozza meg, hogy hány másik emberrel van kapcsolatuk a szervezetben. Ha azt vizsgáljuk, hogy ki-kivel szokott rendszeresen beszélgetni ebédidőben, akkor ez egy irányítatlan hálózattal modellezhető, mert a beszélgetés minden esetben kétirányú kapcsolat. Ha viszont azt vizsgáljuk, hogy ki-kit szokott helyettesíteni, akkor azt egy irányított hálózattal kell modellezni, mert nem biztos, hogy ha  $A$  helyettesíteni tudja  $B$ -t, akkor  $B$  is helyettesíteni tudja  $A$ -t.

Egy  $N$  csomópontból álló irányítatlan hálózatban a maximálisan lehetséges kapcsolatok száma:

$$L_{max} = \frac{N(N-1)}{2} \quad (4)$$

Mivel irányítatlan hálózatban a kapcsolatokat a hozzájuk tartozó mindkét csomópont esetén beleszámoljuk a csomópont fokszámába, ezért a kapott értéket felezni kell. Irányított hálózatok esetében külön kell számolni az  $i$ -edik csomópont be-fokszámát ( $k_i^{be}$ ) és ki-fokszámát ( $k_i^{ki}$ ), az adott csomópont teljes fokszámát ( $k_i$ ) pedig a kettő összegeként kapjuk:

$$k_i = k_i^{be} + k_i^{ki} \quad (5)$$

Irányított hálózatokban ezért az összes kapcsolat száma:

$$L = \sum_{i=1}^N k_i^{be} + \sum_{i=1}^N k_i^{ki} \quad (6)$$



A hálózatok vizsgálatában alapvető mutató az átlagos fokszám  $\langle k \rangle$ , ami irányítatlan hálózatokban

$$\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i \quad (7)$$

irányított hálózatokban pedig

$$\langle k^{be} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i^{be} = \langle k^{ki} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i^{ki} \quad (8)$$

ahol  $N$  a hálózatban található csomópontok száma. A hálózat kutatásban a fokszámeloszlás a skálafüggetlen hálózatok felfedezése óta központi szerepet kapott, mert a fokszámeloszlás alapján következtetni lehet a hálózat topológiai tulajdonságaira. A fokszámeloszlás egy relatív mutató, ami megadja, hogy a hálózatban az adott fokszámú csomópontok száma hogyan aránylik a hálózat összes csomópontjának számához. A  $p_k$  fokszámeloszlás tehát

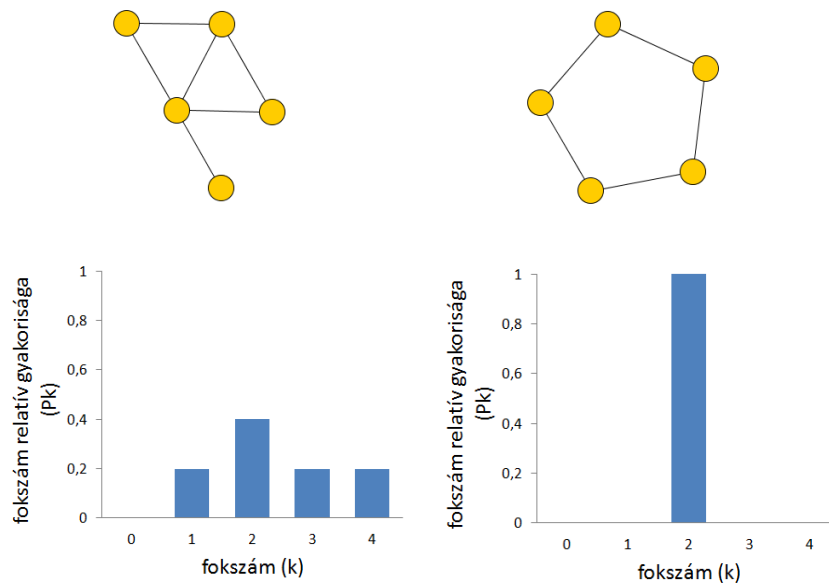
$$p_k = \frac{N_k}{N} \quad (9)$$

alakban írható fel, ahol  $N_k$  a  $k$  fokszámú csomópontok száma,  $N$  pedig a hálózat összes csomópontjának száma. Mivel a  $p_k$  a különböző fokszámokhoz tartozó relatív gyakoriság, ezért:

$$\sum_{k=1}^{\infty} p_k = 1 \quad (10)$$

A relatív gyakoriság valószínűségként is értelmezhető, a fokszámeloszlást úgy is lehet értelmezni, hogy megmutatja mekkora annak a valószínűsége, hogy egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontnak éppen  $k$  legyen a fokszáma [20]. A fokszámeloszlás alapján következtetni tudunk a hálózat olyan tulajdonságaira, mint például a külső és belső zavarokkal szembeni ellenálló képességére, robosztusságára [24], és a hálózatra jellemző terjedési dinamikákra is [25].

Az 7. ábrán két különböző hálózat és azok fokszámeloszlása látható. Mindkét gráfnak azonos számú csomópontja van, de a csomópontok közötti kapcsolatok különbözőek, ezért a két gráf fokszámeloszlása különböző.



7. ábra Két azonos számú csomóponttal rendelkező, de a csomópontok közötti kapcsolataiban különböző hálózat és azok fokszámeloszlása. (Forrás: saját ábra)

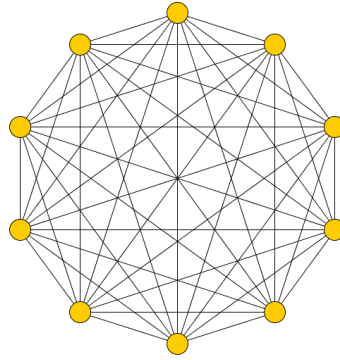
Azt, hogy egy hálózatban a valós kapcsolatok  $L$  száma hogyan aránylik a lehetséges  $L_{max}$  kapcsolatok számához, egy viszonyszám, a sűrűség ( $\Delta$ ) mutatja meg. Egy irányítatlan hálózatban a maximálisan lehetséges kapcsolatok száma

$$L_{max} = \binom{N}{2} = \frac{N(N-1)}{2} \quad (11)$$

irányított hálózatokban pedig:

$$L_{max} = N(N-1) \quad (12)$$

A gráfelméletben azokat a gráfokat, amikben minden csúcspont, minden más csúcsponttal össze van kötve, teljes gráfoknak nevezik. A teljes gráfban a kapcsolatok száma maximális, azaz a gráf minden csomópontja között létezik közvetlen kapcsolat. A 8. ábrán egy tíz csomópontból álló teljes gráf látható, amiben a csomópontokat irányítatlan kapcsolatok kötik össze egymással.



8. ábra Egy tíz csomópontból álló irányítatlan teljes gráf. (Forrás: saját ábra)

Egy hálózat sűrűsége:

$$\Delta = \frac{L}{L_{max}} \quad (13)$$

A sűrűség értéke egy hálózatban 0 és 1 közötti értékeket vehet fel, de a valós hálózatokra jellemző, hogy rendelkeznek valódi kapcsolatokkal, azaz  $L \neq 0$ , de az elméletileg lehetséges maximális kapcsolatok számához képest kevés valódi kapcsolattal rendelkeznek [26], ezért jellemzően  $L \ll L_{max}$ . A valós hálózatokra az egyes csomópontokat összekötő kapcsolatok azon felül, hogy mely csomópontokat kötik össze, a kapcsolatok is tulajdonságai is fontosak. Például egy csatornahálózatban az egyes csatornaszakaszok más-más folyadékszállítási kapacitással rendelkeznek, vagy egy elektromos hálózat egyes vezetékszakaszai különböző nagyságú áramerősséget képesek elviselni károsodás nélkül. A kapcsolatokra jellemző paramétert a gráfelmélethez hasonlóan az  $i$ -edik kapcsolat súlyának ( $w_i$ ), az ilyen kapcsolatokat tartalmazó hálózatokat pedig súlyozott hálózatoknak nevezzük. Súlyozott hálózatok esetén az  $A_{ij}$  szomszédsági mátrix elemei a csomópontok közötti kapcsolatok súlyszáma  $w_{ij}$ .

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdots & w_{NN} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Kutatásomban a szervezeti kapcsolati háló vizsgálatára súlyozatlan hálózatokat használtam. Későbbi kutatásom célja, hogy az emberi kapcsolatok különböző súlyát is fegyelembe vegyem.

Az emberi hálózatokban lényeges mutató, hogy az egyes emberek milyen távolságra vannak egymástól. Ez azonban nem térbeli távolságot jelent, hanem azt, hogy hány emberi kapcsolat választja el őket egymástól. A hálózatban két tetszőlegesen választott  $i$ -edik és  $j$ -edik csomópont közötti legrövidebb út, a köztük lévő legkevesebb kapcsolatot tartalmazó út hossza, amit a két csomópont közötti távolságnak nevezünk, és  $d_{ij}$ -vel jelölünk [27]. Egy hálózatban két csomópont között több azonos hosszúságú legrövidebb út is lehetséges. A legrövidebb út nem tartalmazhat hurkot, azaz egy csomópont nem csatlakozhat saját magához. Körutat sem tartalmazhat, vagyis a legrövidebb út nem metszheti saját magát, ezért nem haladhat át egy csomóponton egynél többször. Irányítatlan hálózatokban az  $i$ -edik és a  $j$ -edik csomópont távolsága megegyezik a  $j$ -edik és az  $i$ -edik csomópont távolságával, tehát  $d_{ij} = d_{ji}$ . Irányított hálózatok esetében ez nem feltétlenül igaz, és még az sem biztos, hogy ha létezik út az  $i$ -edik csomópontból a  $j$ -edikbe, akkor létezik út  $j$ -edikből az  $i$ -edikbe is. A szervezeti kapcsolati háló esetében a legrövidebb út azt jelenti, hogy a hálózatban minimum hány emberi kapcsolaton keresztül tud valaki elérni egy másik embert.

Egy hálózatban az összes csomópont közötti legrövidebb utak közül a leghosszabb adja meg a hálózat átmérőjét a  $d_{max}$ -ot. Az átmérőre is igaz, hogy egy hálózatban több különböző út is adhatja az átmérő hosszát. Az, hogy a csomópontok számához képest hány különböző olyan út van a hálózatban, ami átmérő hosszúságú, a hálózat topológiai tulajdonságaival függ össze.

Egy hálózatra jellemző érték, hogy mekkora a hálózatban az átlagos úthossz. Az átlagos úthossz  $\langle d \rangle$  a hálózat csomópontjai között lehetséges összes úthosszak átlaga, egy  $N$  csomópontból álló irányítatlan hálózatban:

$$\langle d \rangle = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} \quad (15)$$

A hálózatokban a csomópontok között lehet olyan út, ami egy csomópontban kezdődik és abban is végződik, az ilyen utat körútnak nevezzük [22]. Fontos, hogy a hálózattudományban az út fogalmát szélesebben értelmezik, mint a gráfelméletben. A hálózattudományban két csomópont közötti kapcsolatok sorozatát nevezik útnak, miközben a gráfelméletben megkülönböztetnek sétát, vonalat, utat és kört. Értekezésemben a hálózattudományi értelmezést használom, és ezeket egyetlen közös

kifejezéssel, az úttal jelölöm. Kutatásomban a csomópontok közötti utak a szervezeten belüli tudásterjedés vizsgálatának során kaptak hangsúlyos szerepet, ezek segítségével modelleztem a szervezeten belüli tudásterjedés dinamikáját.

## **2.4 Összefoglalás**

Ebben a fejezetben ismertettem az emberi kapcsolati hálózatokra vonatkozóan a köznyelvben és a szakirodalomban használatos fogalmakat, tartalmi szempontból rendeztem azokat.

Definiáltam a szervezeti kapcsolati háló fogalmát, mint a szervezetek tisztán emberi kapcsolatokból álló hálózatát, és kutatási szempontból elhatároltam a szervezetek emberi kapcsolatait vizsgáló egyéb tudományterületek emberi hálózat fogalmaitól.

Bemutattam, hogy milyen korai pszichológiai és szociológiai kutatások voltak hatással a hálózattudományra, és ismertettem a hálózattudomány kialakulásának főbb mérföldköveit.

Megmutattam hogyan modellezhetők az emberi hálózatok gráfokkal, és melyek a hálózatok elemzésének alapvető hálózati mutatói.

## 3 A KÜLÖNBÖZŐ HÁLÓZATOK TOPOLÓGIAI TULAJDONSÁGAI

A hálózattudományban a gráfelméleti módszerek alapvető elemzési módszerek. A hálózattudomány fejlődése azonban megmutatta, hogy a hálózatokat nem csak a gráfelméletben használatos mutatókkal lehet jellemezni. Azonos számú csomópontok és azonos számú kapcsolatok esetén is kialakulhatnak különböző tulajdonságú hálózatok, és ezeket topológia tulajdonságaikkal lehet jellemezni. A különböző topológiai tulajdonságú hálózatok máshogy viselkednek a belső és külső zavarokkal szemben, más dinamikával terjed bennük az információ és az időben másképp fejlődnek. Működésbiztonsági szempontból fontos tehát, hogy ismerjük a különböző hálózati topológiákat és azok alapvető tulajdonságait, és meg tudjuk határozni, hogy milyen topológiai tulajdonságokkal rendelkező hálózattal van dolgunk.

### 3.1 Véletlen hálózatok

Az 1950-es években két magyar matematikus, Erdős Pál és Rényi Alfréd, a gráfok tényleges kialakulásának összefüggéseit kezdte kutatni. Túlléptek a gráfelmélet pusztán matematikai céljain, és munkájuk során a hálózatok kialakulását vizsgálták a véletlen folyamatokon keresztül. Mivel a különböző területeken – mint például fizika, biológia, kémia, szociológia – létrejövő rendszerek kialakulása rendkívül bonyolult és egymástól különböző szabályok szerint megy végbe, a hálózatok egy általános leírása egy összefoglaló modellben szinte lehetetlennek tűnt. Erdős és Rényi figyelmen kívül hagyták ezeket a különbségeket, és a lehető legegyszerűbb szervezési elvet választották: a hálózatok létrejöttének alapelveként a véletlent jelölték meg.

Véletlen hálózat létrehozásához egy egyszerű szabályt kell alkalmaznunk. Induljunk ki  $N$  db elszigetelt csomópontból. Vegyünk két tetszőleges csomópontot és generáljunk egy véletlen számot 0 és 1 között. A kiválasztott két csomópont között akkor jöjjön létre kapcsolat, ha ez a generált véletlen szám egy előre meghatározott  $p$  küszöbérték felett van, ellenkező esetben nem jön létre kapcsolat a hálózat e két pontja között. A hálózat minden lehetséges  $N(N-1)/2$  pontpárjára alkalmazva e kitélt, egy véletlen hálózatot kapunk. Erdős és Rényi felfedezték, hogy tetszőleges számú csúcspont esetén is már

csekély számú véletlen összeköttetés is elegendő, hogy a hálózat szinte teljesen összefüggő legyen. Azt is megállapították, hogy minél több csomóponttal rendelkezik egy hálózat, arányaiban annál kevesebb kapcsolat elegendő ahhoz, hogy kialakuljon a szinte teljes mértékű összekapcsoltság a hálózatban. Például egy 300 csomóponttal rendelkező hálózatban a lehetséges kapcsolatok 2%-a elegendő ahhoz, hogy kialakuljon egy nagyméretű teljesen kapcsolt részgráf – az úgy nevezett óriás komponens –, ami szinte az összes csomópontot tartalmazza, egy 1000 csomópontot tartalmazó hálózatban pedig már csak a lehetséges kapcsolatok 1%-a szükséges ugyanehhez. Erdős és Rényi általánosan megfogalmazott matematikai eredménye megmutatta, hogy egy  $N$  csomópontból álló véletlen hálózatban az egyetlen összefüggő óriás komponenssé összekapcsoló csomópontok aránya  $\ln(N)/N$ , amiből látszik, hogy a hányados  $N$  növekedésével egyre csökken. A véletlen hálózatok definiálásával ugyan nem alkották meg a hálózatok kialakulásának általános elméletét, de az 1959 és 1968 között publikált nyolc tanulmányukban [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] integrálták a valószínűség számítást a gráfelméletbe és ezzel megalkották a véletlen gráfok elméletét. Tőlük függetlenül és velük közel egy időben Edgar Nelson Gilbert is megalkotta a véletlen hálózatok matematikai modelljét [36], de Erdős és Rényi munkája olyan nagyhatással volt a matematikára, hogy őket tekintik a véletlen gráfok elméletének megalkotóinak, és a véletlen gráfokat a tiszteletükre a szakirodalomban gyakran Erdős-Rényi gráfoknak is hívják.

Véletlen hálózatban minden csomópont azonos  $p$  valószínűséggel kapcsolódik a többi  $N - 1$  csomóponthoz, ezért az átlagos fokszám

$$\langle k \rangle = p(N - 1) \quad (16)$$

a hálózatban található kapcsolatok átlagos száma pedig

$$\langle L \rangle = p \frac{N(N - 1)}{2} \quad (17)$$

de azonos  $p$  és  $N$  paraméterek esetén különböző hálózatok alakulhatnak ki és a bennük lévő kapcsolatok száma is különböző lehet [37].

A véletlen hálózatokban a  $p_k$  fokszámeloszlása:

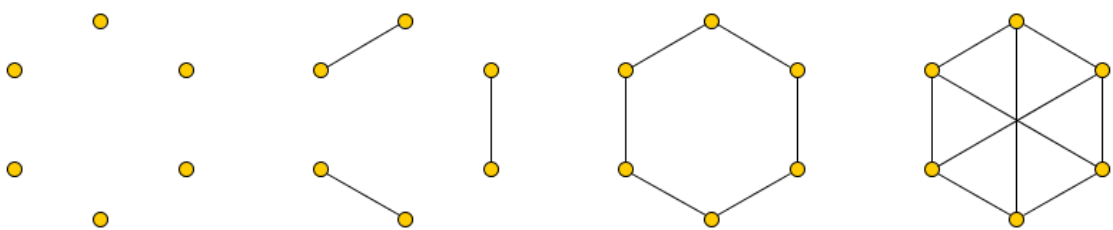
$$p_k = \binom{N-1}{k} p^k (1 - p)^{N-1-k} \quad (18)$$

A  $p^k$  azt a valószínűséget adja meg, hogy az adott csomópontnak a hálózatban  $k$  kapcsolata van. Az  $(1 - p)^{N-1-k}$  az a valószínűség, hogy az adott csomóponthoz tartozóan még lehetséges  $(N - 1 - k)$  kapcsolatból egyetlen egy sem valósul meg. Az  $\binom{N-1}{k}$  értéke abból adódik, hogy a hálózat  $N - 1$  csomópontjából hányféleképpen választhatunk ki  $k$  kapcsolatot, azaz, hány kapcsolata lehet egy csomópontnak, ezért a véletlen hálózatok fokszámeloszlása binomiális eloszlást ír le [20].

A véletlen hálózatok topológiájának ismerete működésbiztonsági szempontból azért lényeges, mert ezeknek a hálózatoknak a véletlen zavarokkal és a célzott támadásokkal szembeni ellenálló képessége (robusztussága) nagyobb, mint a hierarchikus struktúrájú hálózatoknak [38].

### 3.2 Reguláris hálózatok

A reguláris hálózatok vagy más néven szabályos hálózatok, olyan gráfokkal modellezhetők, melyekben minden csomópontnak ugyanannyi szomszédja van, így minden csomópont fokszáma azonos. Annak megfelelően, hogy mennyi a csomópontok  $k$  fokszáma, az adott reguláris gráfot  $k$ -reguláris gráfnak nevezzük [39]. Gráfelméleti szempontból a nem összefüggő reguláris gráfok is értelmezhetőek, és ezen belül az üres gráfok is reguláris gráfoknak tekinthetők, mivel minden csomópont fokszáma nulla (9. ábra).



9. ábra Példák 0, 1, 2, 3-reguláris gráfokra. (Forrás: saját ábra)

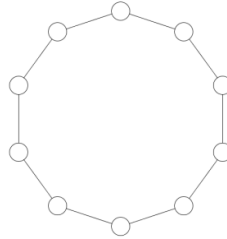
Az összefüggő reguláris hálózatok legegyszerűbb változata az egydimenziós rács, melyben a csomópontok egymás mellett helyezkednek el egy láncot alkotva (10.a ábra). Ebben a hálózatban minden csomópont a közvetlen szomszédjával áll kapcsolatban, a két szélső csúcs pedig egymásnak is szomszédja. Ez utóbbi feltételt nevezik periodikus határfeltételnek. Az egydimenziós rács izomorf leképezése egy körgráf, amely egyetlen körből áll és más élt nem tartalmaz (10.b ábra). Ez a leképezés feleslegessé teszi az



egydimenziós rács két végpontjának kitüntetett szerepét, és teljesül a periodikus határfeltétel is, ezért az egydimenziós rács egyben körgráf is.



(a)



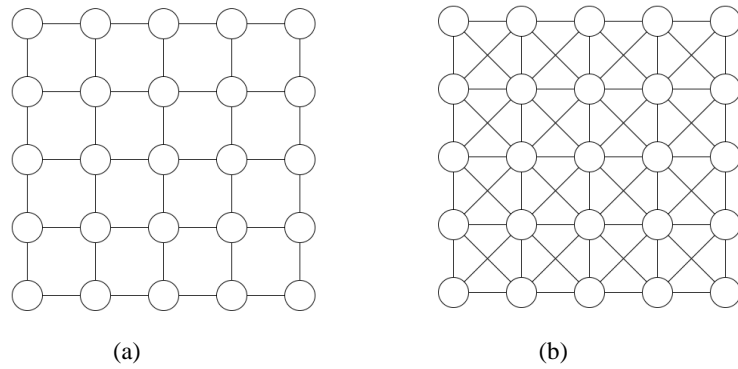
(b)

10. ábra Egy 10 csomópontú egydimenziós rács (a) és annak gráfizomorf körgráf leképezése (b).

(Forrás: saját ábra.)

Különbséget kell tenni a körgráf, és a kör alakú gráf között. Angolul a körgráfra a *cycle graph* kifejezést használják, a kör alakúra pedig a *circle graph*-ot. A hálózattudományban gyakran kör alakú gráfra képezik le a vizsgált hálózatot, mert a hálózat csomópontjai közötti távoli kapcsolatok mennyisége és koncentrációja jól láthatóvá válik ebben a formában. Ez azonban csak egy ábrázolásmód, és egy kör alakú gráf nem biztos, hogy egyben körgráf is. Egy körgráfból azonban könnyen  $d$ -reguláris gráf alakítható ki, ha a csomópontokat nem csak a közvetlen szomszédjaikkal kötjük össze, hanem azokkal a szomszédjaikkal is, amiket egy adott  $d$  távolságon belül el lehet érni egy adott csomópontból. Watts és Strogatz a kis világ topológia vizsgálatakor is kör alakú véletlen illetve reguláris gráfokból indultak ki [40].

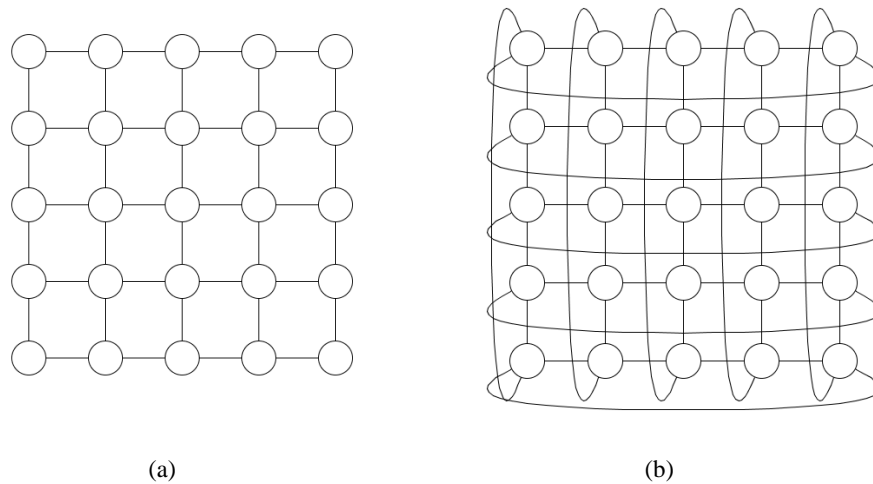
A reguláris hálózatok közül az egyik leggyakoribb a négyzetrács hálózat. Az angol nyelvű szakirodalomban a négyzetrács típusú hálózatra a *lattice* kifejezést használják. Ebben a hálózatban a csomópontok a rácspontokban helyezkednek el és csak közvetlen szomszédjaikkal állnak kapcsolatban. A négyzetrács hálózatban a szomszédságot a szerint lehet értelmezni, hogy a rács belsejében lévő csúcspontok fokszáma négy vagy nyolc. Ez alapján megkülönböztetünk négy illetve nyolc szomszédságú négyzetrács hálózatokat. A négy szomszédságú négyzetrács hálózat szélein a csomópontok fokszáma három, a sarkokban pedig kettő, míg a nyolc szomszédságú négyzetrács hálózatban a széleken öt, a sarkokban pedig három (11. ábra).



11. ábra Egy 25 csomópontból álló négy (a) és nyolc (b) szomszédságú négyzetrács hálózat.

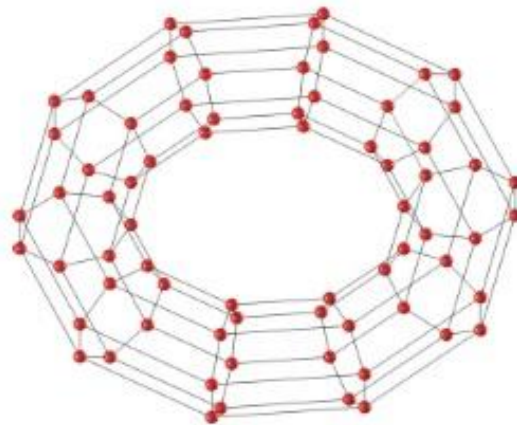
(Forrás: saját ábra)

A négyzetrács hálózatokban is alkalmazható a periodikus határfeltétel a rács határfelületein elhelyezkedő csomópontokra vonatkozóan. Ez esetben a párhuzamos széleken lévő csomópontok között is létrehozzuk a kapcsolatokat, így a teljes hálóban, minden csomópontnak azonos lesz a fokszáma és a síkban értelmezett négyzetrács topológiát tórusz topológiává alakítjuk át (12. ábra és 13. ábra).



12. ábra A négyzetrács hálózat (a) átalaktása periodikus határfeltétellel, tórusz topológiájú hálózattá.

(Forrás: saját ábra)



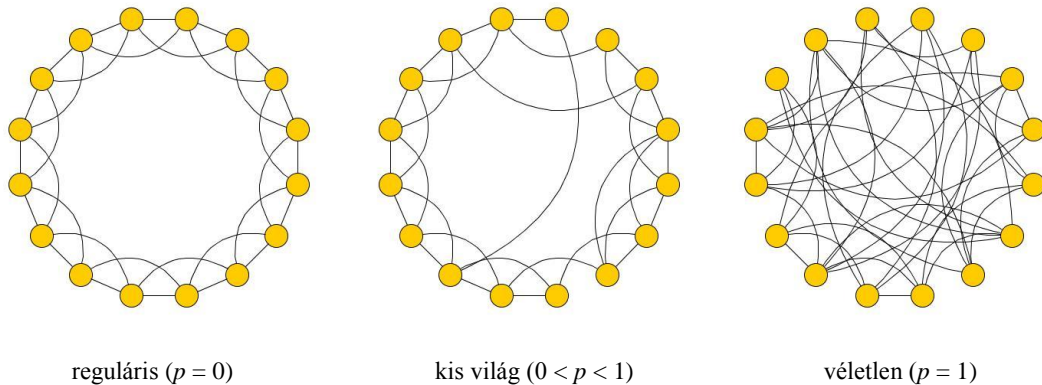
13. ábra Egy 70 csomópontból álló negyzetrács hálózat leképezése tórusz felületére. (Forrás: [41])

A reguláris hálózatok a gyakorlatban olyan hálózati struktúrák modellezésére használhatók, ahol a csomópontok kapcsolódási lehetőségének száma korlátozott. Ilyen hálózatok például az anyagszerkezetek, ahol a lehetséges kapcsolatok száma molekuláris szinten korlátozott és ilyen a lakóhelyi szomszédi kapcsolatok, ahol a lehetséges lakások térbeli elhelyezkedése behatárolt. Emberi kapcsolati hálózatok vizsgálatára Thomas C. Schelling amerikai közgazdász 1969 és 1971 között alakította ki lakóhelyi szegregációs modelljét [42], mellyel a lakóhelyeken a különböző emberi viselkedésformák alapján a migrációs dinamikákat és azok eredményeként létrejövő lakóközösségi mintázatok kialakulását modellezte.

### 3.3 Kis világ hálózatok

Granovetter felfedezte a társadalmi hálózatokban rejlő gyenge kapcsolatok jelenlétét és létezésük fontosságát, ám azokat csak a szociológia területén értelmezte [10], és nem tárta fel a gyenge kapcsolatok általános matematikai modelljét. Duncan Watts, aki korábban a hálózatok spontán szinkronizálódásának kérdését vizsgálta, és korábbi témavezetője Steven Strogatz, kutatásaik során arra az eredményre jutottak, hogy a kis világ típusú hálózati struktúra a természeti, szociális és technológiai hálózatokban is megtalálható. A kis világ típusú hálózatok olyan hálózatot alkottak, amely magán hordozza a szabályos hálózatok jellegét, miközben szerepet kap benne a véletlen hálózatokra jellemző struktúra is. Ezzel túlléptek azon a problémán, hogy sem az Erdős-Rényi-féle véletlen, sem a reguláris hálózatok nem írják le jól a valóságos hálózatok csoportképződésre vonatkozó tulajdonságait. Modelljünkben egy reguláris körgráfból

indultak ki, melyben minden csomópontnak kapcsolata van a közvetlen két szomszédjával, és a második két szomszédjával is [43]. Ezt követően minden élt véletlenszerűen átköttek egy  $p$  valószínűséggel, egy szintén véletlenül kiválasztott másik csomóponthoz (14. ábra).



14. ábra A Watts-Strogatz modell. (Forrás: saját ábra [43] alapján)

Megfigyelték, hogy a véletlenszerű átkötések érdemben nem befolyásolják a hálózaton belüli csoportképződést, ugyanakkor jelentősen lecsökkentik a hálózatban két tetszőleges csomópont átlagos távolságát, a hálózat átmérőjét. Ahhoz, hogy a hálózatban jelenlévő csoportosulások meglétét és az egyes csoportokra jellemző értékeket kvantitatív módon lehessen mérni, Watts és Strogatz bevezette a csoport erősségére jellemző mutatót, a csoporterősségi vagy klaszterezettségi együtthatót [43]. Ez a mutató azért fontos, mert egy csomópont fokszáma nem ad információt az adott csomópont szomszédjainak kapcsolatairól. A helyi klaszterezettségi együttható azt mutatja meg, hogy egy adott csúcs szomszédjai, mennyire kapcsolódnak egymáshoz is. Ha egy csúcs egyik szomszédja sem kapcsolódik egymáshoz, akkor a csúcs helyi klaszterezettségi együtthatója 0, ha pedig minden szomszédja egymásnak is szomszédja, akkor 1. Irányított hálózatban az  $i$ -edik csomópont klaszterezettségi együtthatója

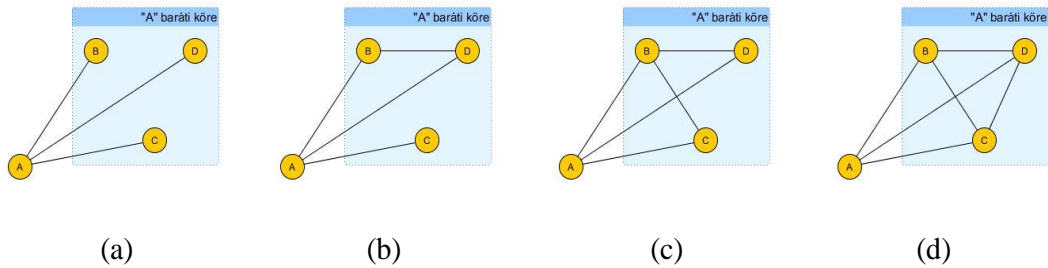
$$C_i = \frac{L_i}{k_i(k_i - 1)} \quad (19)$$

irányítatlan hálózat esetében pedig

$$C_i = \frac{2L_i}{k_i(k_i - 1)} \quad (20)$$

ahol  $k_i$  az  $i$ -edik csomópont szomszédjainak száma,  $L_i$  pedig az  $i$ -edik csomópont szomszédjai közötti kapcsolatok száma. A klaszterezettségi együttható 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Minél sűrűbben vannak összekötve az  $i$ -edik csomópont szomszédjai, annál nagyobb a  $C_i$  értéke.

Egy négy csomópontból álló csoport, különböző helyi klaszterezettsége látható a 15. ábrán. A négytagú csoportban  $A$  baráti körét  $B$ ,  $C$  és  $D$  alkotják. Az (a) esetben bár  $A$  mindhármuknak barátja, ettől függetlenül  $B$ ,  $C$  és  $D$  nem barátai egymásnak. Ez esetben a baráti kör három tagja között lehetséges három kapcsolatból egy sem valósul meg, így  $A$  klaszterezettségi együtthatója nulla. A (d) esetben minden lehetséges kapcsolat megvalósul a baráti körben, ezért a helyi klaszterezettségi együttható ez esetben maximális, azaz 1.



15. ábra  $A$  helyi klaszterezettségi együttható különböző esetekben (Forrás: saját ábra)

Az (a) esetben  $B$ ,  $C$  és  $D$  között a lehetséges három kapcsolatból egy sem áll fenn, tehát az  $A$  csomópont klaszterezettségi együtthatója  $C_A=0$ . A (b) esetben egy kapcsolat teljesül a lehetséges háromból, tehát  $C_A=1/3$ . A (c) esetben két kapcsolat teljesül a lehetséges háromból, tehát  $C_A=2/3$ . A (d) esetben mind a három lehetséges kapcsolat teljesül, tehát  $C_A=3/3=1$ .

Az  $N$  csomópontú teljes hálózatban meghatározható a  $\langle C \rangle$  átlagos klaszterezettségi együttható:

$$\langle C \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i \quad (21)$$

A hálózatra vonatkozó átlagos klaszterezettségi együtthatót valószínűségként is értelmezhetjük, ez esetben  $\langle C \rangle$  annak a valószínűsége, hogy egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontnak, a szomszédjai közül véletlenszerűen kiválasztott két csomópontja is kapcsolatban van egymással.

A hálózat átlagos klaszterezettségi együtthatója a nagyméretű hálózatok topológiai tulajdonságainak feltárásához nyújt fontos információt a hálózatról. Watts és Strogatz modelljükben feloldották azt a hálózati problémát, mely szerint a reguláris hálózatban magas a klaszterezettség, de nem jelenik meg a kis világ tulajdonság. A véletlen hálózatokban ugyan megjelenik a kisvilág tulajdonság, de alacsony a klaszterezettség [43].

A kis világ hálózatok felismerése és elemzése működésbiztonsági szempontból azért fontos, mert miközben magukban hordozzák a véletlen hálózatok jó zavartűrő és célzott támadásokkal szembeni ellenálló képességét, ugyanakkor a véletlen hálózatokban kisebb az elérési távolság a csomópontok között.

### 3.4 Skálafüggetlen hálózatok

A Watts-Strogatz-féle kis világ modell megmutatta, hogy a valódi hálózatokra nem az Erdős-Rényi-féle véletlen hálózatok a jellemzőek. Ezek nem adnak magyarázatot arra, hogy a valóságban a nagyméretű hálózatokban miért jelennek meg olyan csúcspontok, amik több nagyméretű csoportnak is tagjai, és az átlagos csúcspontokhoz képest kiugróan nagyszámú kapcsolattal rendelkeznek. Ezeknek a csomópontoknak a csoporton belül nagyszámú helyi kapcsolatai vannak, és ezzel együtt kapcsolatokat képeznek az egyes csoportok között is, és uralják a hálózatot. A nagyméretű hálózatok ezen tulajdonsága megjelent Barabási Albert-László és kutatótársai eredményeiben is, amikor a webes világháló topológiai tulajdonságait kutatták [44]. Kutatási eredményeik azt mutatták, hogy a világháló nem az Erdős-Rényi-féle véletlen hálózatra jellemző Poisson típusú fokszámeloszlást mutat, ahol a legtöbb csúcspontnak a hálózatra jellemző átlagos fokszámhoz közeli fokszáma van.

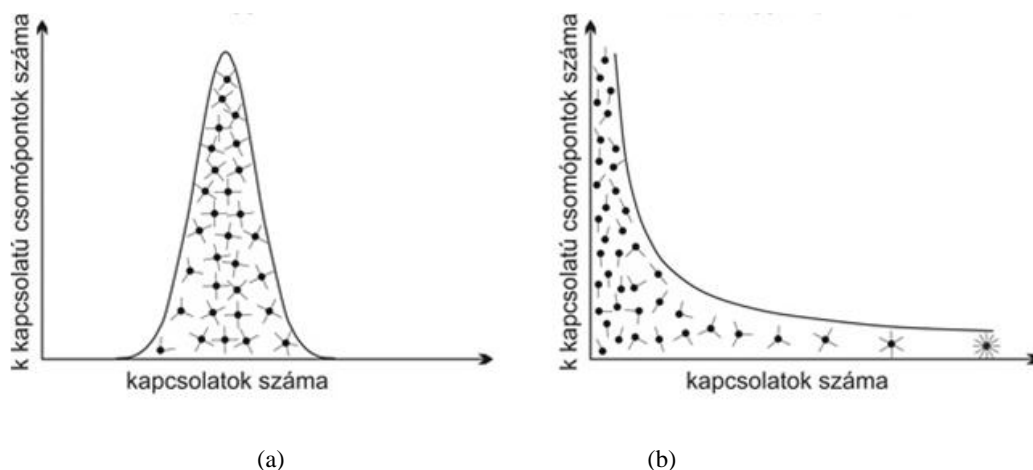
Azt tapasztalták, hogy a világhálóra a valóságban jellemző fokszámeloszlás jól becsülhető a

$$p_k \sim k^{-\gamma} \quad (22)$$

formulával, amit hatványfüggvény szerinti eloszlásnak neveznek, és amiben  $\gamma$  a fokszámkitevő. Mivel a világháló irányított hálózat és a csomópontok ki- és befokszáma is hatványfüggvénnyel közelíthető, ebből adódóan egy irányított hálózatban a  $\gamma_{ki}$  és  $\gamma_{be}$  eltérhet egymástól [20]. Azokat a hálózatokat, amiknek a fokszámeloszlása hatványfüggvénnyel írható le, skálafüggetlen hálózatoknak nevezik [45]. A skálafüggetlen hálózatokra jellemző hatványfüggvény:

$$p_k = \frac{k^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^{\infty} k^{-\gamma}} \quad (23)$$

A világháló hatványfüggvény szerinti fokszámeloszlást mutatott, ami arra utalt, hogy a weben olyan csomópontok is vannak, amik kiugróan nagyszámú kapcsolattal rendelkeznek a hálózatban, miközben a legtöbb csomópont csak kevés kapcsolattal rendelkezik (16. ábra). Az (a) a véletlen hálózatok Poisson-eloszlás szerinti fokszámeloszlása, a (b) pedig a skálafüggetlen hálózatok hatványfüggvény szerinti eloszlása.



16. ábra Véletlen és skálafüggetlen hálózatok fokszámeloszlása. (Forrás: [4])

Ez sem a reguláris, sem az Erdős-Rényi-féle véletlen, sem pedig a Watts-Strogatz-féle kis világ típusú hálózat topológiájának nem felelt meg. A reguláris hálózatokban minden csomópont fokszáma azonos, a véletlen hálózatok fokszámeloszlása pedig Poisson-eloszlással jellemezhető és van egy tipikusnak mondható fokszáma. Egy véletlen hálózat fokszámeloszlása binomiális eloszlást követ, de ha a hálózatban a csomópontok száma  $N$  nagyságrenddel nagyobb, mint az átlagos fokszám  $\langle k \rangle$ , akkor a binomiális eloszlás jól közelíthető Poisson-eloszlással és utóbbinak csak egy paramétere van, az átlagos fokszám. A valós hálózatok úgynevezett ritka hálózatok, ezért azokban

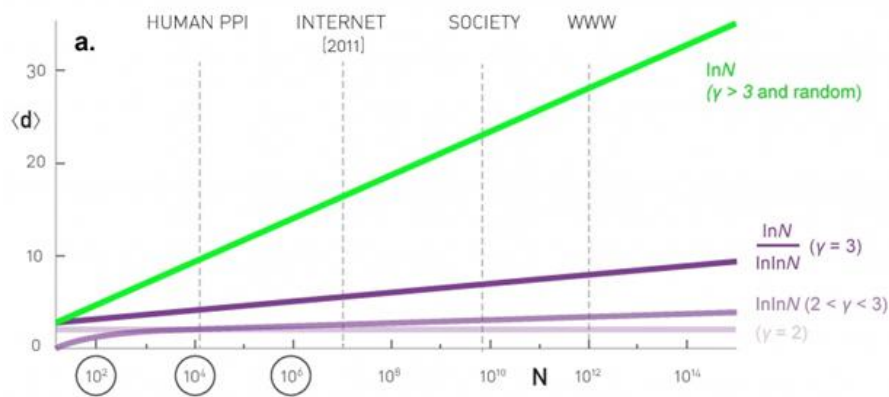
fennáll, hogy  $N \gg \langle k \rangle$ . A Watts-Strogatz-féle hálózatok fokszámeloszlása pedig a reguláris hálózatok és a véletlen hálózatok fokszámeloszlása között helyezkedik el. Barabási és Albert arra a következtetésre jutottak, hogy a legtöbb valódi hálózatnak kell legyen egy lényeges tulajdonsága, amit eddig nem vettek figyelembe. A korábbi kutatások statikus hálózatokat vizsgáltak, ahol a csomópontok száma nem változik. A valódi hálózatok esetében ez legtöbbször olyan feltételezés lenne, ami olyan szinten egyszerűsítene le a valóságot, ami az alkalmazott modellben már lényeges tulajdonságok elvesztésével járna. Barabási és Albert első lépésben egy növekedő hálózati modellt hoztak létre, melyben az új csomópontok véletlenszerűen kapcsolódhatnak a már meglévő csomópontokhoz [20]. Már ez az egyszerű, teljesen véletlenszerű modell is érdekes eredményt hozott. A régi csomópontok magasabb fokszámmal rendelkeztek, mint az újabbak. Ez abból adódott, hogy régebben a hálózatban lévő csomópontok hosszabb ideig tudták gyűjteni a kapcsolatokat, mint új társaik. Ez a modell azonban még nem hozta létre a valós hálózatokra jellemző hatványfüggvény szerinti fokszámeloszlást. A fokszámeloszlás exponenciális függvényt mutatott, ami arra utalt, hogy kevesen vannak a győztes csomópontok. Mindez azt jelezte, hogy csupán a növekedés nem elégséges feltétele a hatványfüggvény szerinti fokszámeloszlás kialakulásának. A problémát Csermely megfogalmazásában az okozza, hogy „...annak a valószínűsége, hogy valamely elemnek egy nagyságrenddel több szomszédja legyen, éppen egy nagyságrenddel kisebb” [46]. A webes kutatás során megfigyelték, hogy akik a weben keresnek, előnyben részesítik azokat a honlapokat, amiket már előttük is sokan választottak, tehát jellemzően népszerűségi alapon döntenek. A modell szempontból ez azt jelenti, hogy a valódi hálózatokban a kapcsolódás nem véletlenszerű, hanem népszerűségi alapú. Barabási és Albert ezek alapján egy olyan modellt hoztak létre, amiben bizonyos időközönként egy új csomópontot adunk a hálózathoz, és az új csomópont arányosan nagyobb valószínűséggel kapcsolódik a több kapcsolattal rendelkező régi csomópontokhoz. Ha tehát egy régi csomópontnak kétszer annyi kapcsolata van, mint egy másiknak, akkor az új csomópont kétszer nagyobb valószínűséggel fog kapcsolódni a több kapcsolattal rendelkezőhöz. Barabási és Albert egy olyan hálózati modellt hozott létre, melynek két fontos tulajdonsága van: a növekedés és a preferencia alapú kapcsolódás. Ez a modell választ adott a valódi hálózatokban megjelenő skálafüggetlen hatványfüggvényekre, ezért a szakirodalomban Barabási-Albert-féle skálafüggetlen modellként vált ismertté.



A skálafüggetlen hálózatokban az átlagos távolság  $\langle d \rangle$  a csomópontok számától ( $N$ ) és a fokszámkitevőtől ( $\gamma$ ) is függ:

$$\langle d \rangle \sim \begin{cases} \textit{konstans}; & \textit{ha } \gamma = 2 \\ \ln \ln N; & \textit{ha } 2 < \gamma < 3 \\ \frac{\ln N}{\ln \ln N}; & \textit{ha } \gamma = 3 \\ \ln N; & \textit{ha } \gamma > 3 \textit{ és véletlen hálók} \end{cases} \quad (24)$$

Bollobás és Riordan [47] eredményei megmutatták, hogy anomális tartományban ( $\gamma = 2$ ) a legnagyobb csomópont fokszáma lineárisan nő a hálózat méretével, ami a Hill és Danbar-féle centralizált, csillag jellegű hálózatokra jellemző [48]. Ezekben a hálózatokban a csomópontok közötti átlagos távolság kicsi, mivel szinte minden csomópont közvetlenül ugyanahhoz a központi csomóponthoz kapcsolódik, és egy ilyen centralizált hálózatban az átlagos távolság nem függ a hálózat csomópontjainak számától. A  $2 < \gamma < 3$  tartományban az átlagos távolság  $\ln \ln N$  szerint nő. Ez a növekedés lényegesen lassabb, mint a véletlen hálózatokra jellemző  $\ln N$ . Ezekben a hálózatokban a középpont jellegű csomópontok jelentősen csökkentik a távolságokat, mivel nagyszámú alacsony fokszámú csomóponthoz csatlakoznak. Ezeket a hálózatokat nevezzük ultrakis világoknak. A  $\gamma = 3$  azért fontos érték, mert ebben a kritikus pontban ismét megjelenik az átlagos távolság  $\ln N$  szerinti kapcsolata, de a véletlen hálózatoknál kisebb távolságokat eredményez, mivel a  $\langle d \rangle \sim \ln \ln N$  szerinti kettős logaritmikus összefüggés áll fenn. A véletlen hálózatokból levezetett Watts-Strogatz-féle kisvilág típusú hálózatokra  $\gamma > 3$  a jellemző érték. Ezekben a középpontok száma és mérete nem elegendő ahhoz, hogy nagymértékben befolyásolják a csomópontok közötti távolságokat. A 17. ábra a skálafüggetlen hálózatokban az átlagos úthossz  $\langle d \rangle$  változását mutatja a csomópontok számának ( $N$ ) függvényében, különböző fokszámkitevők ( $\gamma$ ) esetén. A nagyméretű önszerveződő hálózatok közül sok skálafüggetlen, mint például az Internet, vagy a különböző közösségi oldalak [49]. A skálafüggetlen hálózatokban a sok kapcsolattal rendelkező csomópontok megjelenése az egyik lényeges tényező, mert alapvetően változtatja meg a rendszer viselkedését.



17. ábra Átlagos távolságok a különböző skálafüggetlen hálózatokban. (Forrás: [20])

A valóságban azonban ritkán jelenik meg a skálafüggetlenség teljesen tisztán, mert a topológiát sok folyamat befolyásolja [50]. A skálafüggetlen hálózatok két különböző csoportba sorolhatók. Az egyik csoport, amikben a foksámok között nincsenek nagy eltérések, ilyen hálózatok a reguláris, a véletlen, és a kis világ típusú hálózatok. A gyakorlatban ilyenek a vasúti, a közúti vagy a nagyfeszültségű elektromos elosztó hálózatok [51]. A skálafüggetlen hálózatok másik csoportja az, amikor a hálózatban a csomópontok foksámai között nagyságrendi eltérések vannak és a foksámeloszlás hatványfüggvény szerinti, vagyis Barabási-Albert-féle hálózatok. Ilyen hálózatok a WWW, az Internet, és a legtöbb szociális hálózat.

### 3.5 Összefoglalás

Ebben a fejezetben szakirodalmi feldolgozásom alapján bemutattam a topológiai szempontból különböző hálózattípusokat, strukturális felépítésüket és alapvető tulajdonságaikat. Bemutattam, hogy a különböző hálózattípusok hogyan határozzák meg a hálózatban a csomópontok közötti átlagos távolságokat, valamint, hogy milyen az ellenálló képességük a célzott támadásokkal és a véletlen zavarokkal szemben. Mivel a hálózatok topológiai tulajdonságai meghatározzák ezeket a tulajdonságokat, ezért működésbiztonsági szempontból elengedhetetlen, hogy topológiai szempontból azonosítsuk a szervezet emberi kapcsolati hálózatát. A skálafüggetlen hálózatok felismerése működésbiztonsági szempontból azért fontos, mert a skálafüggetlen hálózatok közül a kis világ és a Barabási-Albert-féle hálózatok a véletlen meghibásodásokkal szemben ugyan ellenállóak, de a célzott támadások hatására gyorsan összeomlanak [20].

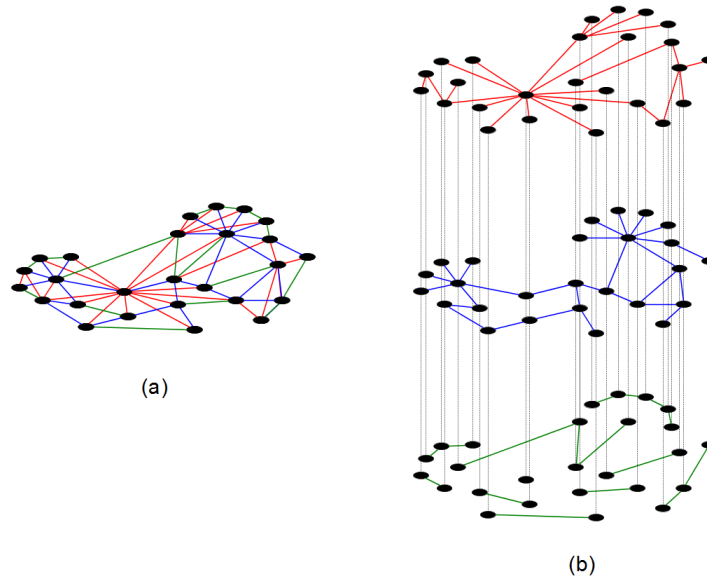
## **4 A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ TULAJDONSÁGAI**

Amit a szervezeti dokumentumok között, mint szervezeti ábra vagy organigram néven találhatunk, az többnyire a szervezeti kapcsolati háló csak egyetlen részét, a szervezet tagjainak, pozíciójuk alapján létrejött függelmi kapcsolatait jeleníti meg. A szervezet teljes kapcsolatrendszerének azonban ugyanúgy részei a szakmai hierarchiából, a munkakapcsolatokból, a helyettesítésekből, valamint a formális és informális kommunikációból adódó kapcsolatok. Ezek a különböző jellegű kapcsolatok, különböző struktúrájú hálózatokat hoznak létre, amik együttesen egy többretegű hálózatot alkotnak. Az egyes réteghálózatok különböző módon befolyásolják a szervezet működésbiztonságát, ezért azonosítani kell az egyes réteghálózatokat, azok tulajdonságait és működésbiztonsági vonatkozásait.

### **4.1 A szervezeti kapcsolati háló, mint multiplex hálózat**

A gráfelméletben az olyan gráfokat, amikben két csúcspontot nem köthet össze egynél több él, egyszerű gráfnak, azokat a gráfokat pedig, amelyekben lehetséges a többszörös kapcsolat, multigráfoknak nevezzük. A valós hálózatokra jellemző, hogy a hálózat csomópontjai között többszörös kapcsolatok is fennállnak. A szociális hálózatokban az emberek között egyszerre lehetnek családi, baráti és szakmai és egyéb kapcsolatok is [52]. A szervezeti kapcsolati háló kapcsolatai is többfélék, lehetnek például kényszer- és önkéntes, hierarchikus, szakmai, tudásátadás, szimpátia vagy más jellegű kapcsolatok. Ezeket a kapcsolatokat a csomópontok közötti többszörös kapcsolatként értelmeztem, amik jellegükben különböznek egymástól, ezért önálló csoportokba rendezhetők, miközben a hálózat csomópontjai (az emberek) minden esetben ugyanazok. A szervezeti kapcsolati hálót ezért egy élszínezett gráffal modelleztem, amiben a gráf csúcsai a hálózat csomópontjai (az emberek), a gráf különböző színű élei pedig a csomópontok közötti különböző jellegű kapcsolatok. Az élszínezett gráfot azonos élszínű kapcsolatokról álló gráfokra lehet bontani. A kizárólag azonos színű éleket tartalmazó gráfok az eredeti gráf homomorf leképezései, mivel az eredeti gráffal megegyeznek a csomópontjaik, és a csomópontok között fennálló azonos színű élekkel

megegyeznek az éleik. Fontos, hogy ezek az azonos élszínű gráfok nem részgráfjai az eredeti gráfnak, mert minden különböző élszínű gráfnak eleme az összes csomópont, azok is, amiknek az adott élszínezésű gráfban 0 a fokszáma. A 18. ábrán egy élszínezett gráf, és annak különböző élszínek szerinti homomorf leképezései láthatók.



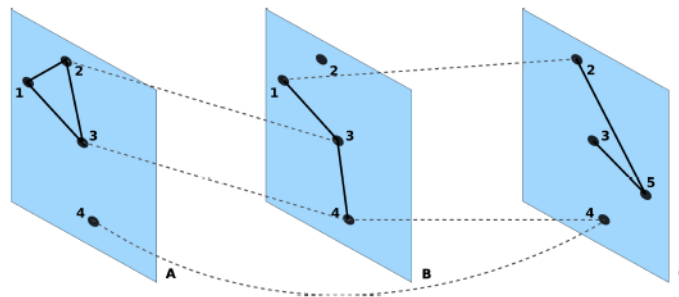
18. ábra Élszínezett gráf (a), élszn szerinti homomorf leképezései (b). (Forrás: saját ábra)

A szakirodalomban gyakori, hogy a *multiplex*, *multilayer*, *multilevel*, *multidimensional*, *multirelational*, *interconnected* kifejezéseket következtelenül használják az olyan hálózatokra, amikben a csomópontok között több kapcsolat is lehetséges, ezért körülhatárolom az általam használt fogalmakat. Értekezésemben Kivelä és szerzőtársai [53] terminológiáját követem, az alábbi tartalommal:

- egyrétegű hálózat (*single-layer network*; *monoplex network*): a hálózat két tetszőleges csomópontja között csak egy kapcsolat lehetséges,
- összekapcsolt hálózat (*interconnected network*): egynél több egyrétegű hálózatból álló hálózat, amiben az különböző egyrétegű hálózatok csomópontjai között is megengedett a kapcsolat,
- réteghálózat (*network-layer*): az összekapcsolt hálózat egyrétegű hálózatai,
- réteghálózaton belüli kapcsolatok (*intra-layer connections*): az egyes réteghálózatokon belüli, csak az adott egyrétegű hálózathoz tartozó csomópontok közötti kapcsolatok.

- réteghálózatok közötti kapcsolatok (*inter-layer connections*): a különböző réteghálózatok csomópontjai közötti kapcsolatok,
- többrétegű hálózat (*multilayer network*): olyan összekapcsolt hálózat, amiben az egyes réteghálózatok csomópontjai azonosak, és bármely két csomópont között megengedett réteghálózat közötti kapcsolat,
- multiplex hálózat (*multiplex network*): olyan többrétegű hálózat, amiben az egyes réteghálózatok csomópontjai azonosak, de a réteghálózatok közötti kapcsolatok csak azonos csomópontok között megengedettek.

A fenti meghatározások alapján az összekapcsolt hálózat olyan hálózat, ami egynél több réteghálózatból áll, és ezek között inter-layer kapcsolatok vannak. A többrétegű és a multiplex hálózatok is ilyenek, azonban nem minden többrétegű hálózat egyben multiplex is. A többrétegű és a multiplex hálózatok réteghálózataik közötti kapcsolataikban térnek el egymástól. A többrétegű hálózatban két réteghálózat között bármely két csomópont között lehet réteghálózat közötti kapcsolat. A 19. ábrán egy többrétegű hálózat látható, amiben folytonos vonal jelöli a réteghálózaton belüli, és szaggatott vonal a réteghálózatok közötti kapcsolatokat.



19. ábra Példa egy többrétegű hálózatra. (Forrás: [54])

A multiplex hálózatban minden csomópontnak csak saját magával lehet réteghálózat közötti kapcsolata. A 20. ábrán egy multiplex hálózat látható. Az ábrán ez esetben is a folytonos vonal jelöli az egyes réteghálózatokon belüli, és szaggatott vonal a réteghálózatok közötti kapcsolatokat.



Definícióm szerint a szervezeti kapcsolati háló elemei a szervezet tagjai és a működés során köztük létrejövő kényszer- és önkéntes kapcsolatok. Ha a kényszer és az önkéntes kapcsolatokat külön hálózatba rendezzük, akkor mindkét hálózatnak azonosak a csomópontjai, tehát a szervezeti kapcsolati háló legalább két réteghálózatra bontható.

Annak megfelelően, hogy milyen jellegű kapcsolatokat vizsgálunk, olyan réteghálózatokat kapunk, aminek csomópontjai a szervezet tagjai, de az egyes réteghálózatokban csak a vizsgálati szempontoknak megfelelő kapcsolatok vannak, tehát a réteghálózatok egyrétegű hálózatok.

Mivel minden réteghálózatnak a csomópontjai a szervezet tagjai, és a réteghálózatok egyrétegű hálózatok, az egyes rétegek között csak réteghálózatok közötti kapcsolatok lehetnek, és csak az azonos csomópontok között. Minden csomópont, minden réteghálózatnak is eleme, ezért a réteghálózatok közötti kapcsolatok az emberek által adottak a rétegek között.

A szervezet minden tagjának rendelkeznie függelmi kapcsolattal, máskülönben nem tagja a szervezeti kapcsolati hálónak. Ugyanígy a folyamatok elvégzése során is legalább egy kapcsolattal kell rendelkeznie, különben nem vesz részt egyetlen folyamatban sem, amiből szintén az következik, hogy nem tagja a szervezeti kapcsolati hálónak. Amennyiben valaki legalább egy kapcsolattal rendelkezik a szervezetben, akkor legalább egy réteghálózatnak is eleme. Ebből következik, hogy a réteghálózatokból létrehozott multiplex hálózat, a réteghálózatok közötti kapcsolatok miatt összefüggő.

**A fentiek alapján bizonyítottam a H2 hipotézisemet, mely szerint a szervezeti kapcsolati háló egy multiplex hálózat.**

Működésbiztonsági szempontból a szervezeti kapcsolati háló multiplex jellege azért lényeges tulajdonság, mert a szervezet tagjai – mint csomópontok – különböző centralitásokkal rendelkeznek a különböző réteghálózatokban, de ezek együttes hatása a réteghálózatok közötti kapcsolatokon keresztül érvényesül a teljes multiplex hálózatban, azaz a szervezetben.

## 4.2 A szervezeti kapcsolati háló réteghálózatai

A szervezeti kapcsolati háló olyan, multiplex hálózat, amiben az egyes réteghálózatok az emberek különböző szempontú kapcsolatrendszerét reprezentálják. Ezek a réteghálózatok egy-egy speciális kapcsolatrendszert tárnak fel, mint például a függelmi kapcsolatokat, a szakmai kapcsolatokat, vagy azt, hogy ki, kivel szokott napi rendszerességgel nem szakmai dolgokról beszélgetni. A működésbiztonság szempontjából nem csupán a munkavégzéshez közvetlenül kapcsolódó kapcsolati réteghálózatok a meghatározóak, hanem olyan, a működéshez közvetlenül nem köthető szociális kapcsolati réteghálózatok is, mint a hatalmi kapcsolatok, a szimpátia alapú kapcsolatok, vagy a nem formális kommunikációs kapcsolatok hálózatai [55].

Működésbiztonság szempontjából, a szervezeti kapcsolati háló alábbi réteghálózatait azonosítottam és vizsgáltam:

- pozíció alapú függelmi réteghálózat,
- szakmai utasítási réteghálózat,
- önkéntes tudásmegosztási réteghálózat,
- folyamat réteghálózat,
- helyettesítési réteghálózat,
- informális kommunikáció réteghálózat.

### 3.1.1 A pozíció alapú függelmi réteghálózat

A szervezetekben a leginkább ismert kapcsolati hálózat, amit a szervezetekben a függelmi viszonyokat megjelenítő szervezeti ábrával, más néven organigrammal szoktak megjeleníteni. A pozíció alapú függelmi hálózatot topológia szempontból egy fa struktúrájú, irányított hálózat. Ebben a hálózatban mindenkinek csak egy közvetlen felettese van tehát az alá és fölrendeltség egyértelmű, a kapcsolatok iránya a felettes felől a beosztott felé mutat, mivel a függelmi viszonyok nem kölcsönösek. Ezt a hálózatot **pozíció alapú függelmi réteghálózatként** (Jele:  $R_p$ ) azonosítottam. Ez a réteghálózat kizárólag a pozíció alapú függelmi viszonyokat mutatja meg. Működésbiztonsági szempontból a pozíció alapú függelmi réteghálózat releváns, mert ebben terjednek az utasítások, amiket a szervezet tagjainak kötelezően végre kell hajtaniuk, így közvetlen hatással vannak a szervezet működésére. Gyakori, hogy a katonai szervezeteket tisztán lineáris struktúrájú szervezeteknek gondolják, a korszerű



katonai szervezetek azonban már nem ilyenek [56]. A valóságban azonban egy szervezetnek nem csak egyetlen, a pozíció alapú függelmi hálózata létezik. Egy szervezeten belül, több különböző szakmai struktúra és kultúra van jelen [57].

### 3.1.2 A szakmai utasítási réteghálózat

A funkcionális szervezeti struktúra hasonló a pozíció alapú függelmi hálózathoz, de ebben a struktúrában szakterületi alapon alakulnak ki az egyes ágazatok, és a függelmi viszonyok is szakmai alapon rendeződnek. Amennyiben egy szervezet az ismétlődő folyamatokból álló szakmai tevékenysége mellett még projekteket is megvalósít, a mátrix típusú szervezeti struktúra miatt, egy embernek több közvetlen felettese is van, ami még bonyolultabb hálózatot eredményez [58]. Ez egy olyan irányított hálózat, ami a szakmai hierarchia alapú függelmi kapcsolatokon felül szakmai keresztkapcsolatokat is tartalmaz, amik a különböző szakmai ágazatok és projektek között jönnek létre. Ezt a hálózatot **szakmai utasítási réteghálózatként** (Jele:  $R_u$ ) azonosítottam. Működésbiztonsági szempontból a szakmai utasítási réteghálózat releváns, mert a szervezeti struktúra a hosszú távú szervezeti memória része [59], ami a szervezeten belüli szerepeket, szabályokat, felelősségi köröket rögzíti, így az explicit tudás átadásának egyik platformja a szervezetben [60]. Lam szerint pedig egy szervezet struktúrája és a rá jellemző tudásfajta között szoros kapcsolat áll fenn [61].

### 3.1.3 A folyamat réteghálózat

Létrehoztam egy olyan hálózatot, ami a működési folyamatokat modellezi oly módon, hogy a lehetséges folyamatkapcsolatokat jeleníti meg az emberek szakmai kompetenciái alapján. Ennek a hálózatnak a csomópontjai a szervezet tagjai, és akkor van kapcsolat két ember között, ha egy folyamat egy elemi tevékenységének elvégzése során két ember szakmai kapcsolatba kerül egymással. Ezt a hálózatot **folyamat réteghálózatként** (Jele:  $R_f$ ) azonosítottam. A folyamat réteghálózat egy irányított hálózat, mert a folyamatok elemi tevékenységeit egy megadott technológiai sorrendben kell elvégezni, ami meghatározza a kapcsolatok irányát. Ez a réteghálózat megmutatja, hogy a szervezet tagjai a működési folyamatok során kikkel kerülhetnek kapcsolatba. Működésbiztonsági szempontból a folyamat réteghálózat azért fontos, mert ebben a hálózati rétegben modellezhetők a működési folyamatok, és kimutathatók az elvégzésükhöz szükséges szakmai kompetenciák és az azokkal rendelkező emberek. A folyamat réteghálózatban azonosíthatók azok, akik szakmai kompetenciáik révén hatással vannak a működésbiztonságra.

### 3.1.4 Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat

Amikor valaki részt vesz egy külső képzésen, majd azt követően egy szervezett belső képzés során a többi kollégájának átadja az új ismereteket, akkor a tudásátadás nem önkéntes alapon történik. Önkéntes tudásmegosztás akkor valósul meg, amikor a szervezet tagjai a munkavégzéssel kapcsolatos egyéni tapasztalataikat önkéntesen osztják meg más kollégáikkal. A szervezet tagjai az egyénileg megszerzett gyakorlati tudásukat viszont saját döntéseik alapján adják át, és csak az általuk választott kollégáiknak. Azt a hálózatot, amiben ilyen jellegű tudásmegosztás zajlik, **önkéntes tudásmegosztási réteghálózatként** (Jele:  $R_t$ ) azonosítottam. Míg a szakmai utasítási réteghálózatban az explicit tudás megosztása zajlik, az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban a tacit tudás megosztása történik. Működésbiztonsági szempontból az önkéntes tudásmegosztás réteghálózat releváns, mert a működési tevékenységek elvégzéséhez explicit és a tacit tudás is szükséges, és az, hogy milyen gyorsan és milyen mértékben terjed el a szervezeten belül az új gyakorlati tapasztalathoz eredő tudás, közvetlenül befolyásolja a működésbiztonságot.

### 3.1.5 A helyettesítési réteghálózat

A munkavégzés során megvalósuló helyettesítéseket az emberek közötti kapcsolatokként értelmeztem a szerint, hogy ki, kit szokott, vagy tudna helyettesíteni. Ezekből a kapcsolatokból hoztam létre egy hálózatot, a **helyettesítési réteghálózatot** (Jele:  $R_h$ ). Ez a réteghálózat azt mutatja meg, hogy a szervezet milyen vélt és valós helyettesítési kapcsolatokkal rendelkezik, valamint, hogy milyen lehetséges helyettesítési kapcsolatok vannak, amiket a szervezet nem használ ki. A helyettesítési réteghálózat maga is egy multiplex hálózat, négy irányított alréteggel. Az alrétegek közül kettő a valós, kettő pedig a munkatársak által lehetségesnek tartott helyettesítési kapcsolatokat tartalmazza. Ezek ismeretében feltárhatók a helyettesítési rendszerben a valós és vélt helyettesítési kapcsolatok ellentmondásai. Működésbiztonsági szempontból a helyettesítési réteghálózat releváns, mert feltárja a szervezet helyettesítési rendszerének ellentmondásosságából fakadó kockázati forrásait és fejlesztési lehetőségeit, ezáltal hatással van a működésbiztonságra.

### 3.1.6 Az informális kommunikáció réteghálózat

A szervezet tagjai között nem közvetlenül a szakmai tevékenységhez tartozó kapcsolatok is léteznek. Ezek a szimpátia, bizalom, vagy valamilyen csoportkohézió eredményeképpen létrejövő kölcsönös kapcsolatok. Ezek a kapcsolatok kialakulhatnak

például egy szakmai vagy egy projekt team hosszú idejű együttműködése esetén, de a dohányzási vagy étkezési szokások, vagy a munkavégzés térbeli elhelyezkedése (például egy helyiségben dolgozók) alapján is. Az ilyen kapcsolatokról álló hálózatot **informális kommunikáció réteghálózatként** (Jele:  $R_i$ ) azonosítottam. Ebben a réteghálózatban terjednek a nem hivatalos szervezeti információk, amik befolyásolják a szervezet tagjainak mentális állapotát. Működésbiztonsági szempontból az informális kommunikáció réteghálózat releváns, mert egy szervezet teljesítménye összefügg a szervezet tagjainak mentális állapotával is. Az informális kommunikáció réteghálózat ismerete felhasználható a belső vezetői kommunikációs stratégiában, mert a pozitív információk áramlása elősegíthető, a negatívak pedig gátolhatók. Ahogy Szvetelszky megfogalmazta: „Annak a vezetőnek, aki csak a formális kommunikációt uralja, csupán a kontroll illúziója jut” [62].

### **4.3 A szervezeti kapcsolati háló hatalmi struktúrái**

A szervezetek működése szempontjából a hatalomnak, mint viszonyrendszernek meghatározó szerepe van. A hatalomnak vannak látható és láthatatlan jelei, de a hatalom különböző megnyilvánulási formái keresztül szövik a szervezeteket. A hatalom Weber-i definíciója szerint a hatalom azt a képességet jelenti, hogy valaki rá tud kényszeríteni valaki mást egy olyan cselekedetre, amit egyébként nem tenne meg. „...minden olyan esetben hatalomról beszélünk, ha egy társas kapcsolaton belül van rá esély, hogy valaki saját akaratát az ellenszegülés ellenére is keresztülvigye, függetlenül attól, hogy min alapul ez az esély. ...Mindenféle emberi kvalitás és mindenféle konstelláció elképzelhető, amely olyan helyzetbe hozhat valakit, hogy egy adott szituációban mindenáron keresztülvigye akaratát” [63]. Clegg és társai megmutatták, hogy a hatalom valójában a szűkösségen és a bizonytalanságon alapuló függő viszony [64]. Attól függően, hogy mi a függőség alapja, a hatalom forrásait Mastenbroek három csoportba sorolja [65].

A személyes hatalom az egyén vonzó személyiségéből fakadó karizmatikus hatalom, a speciális tudásból, illetve mások számára szükséges információk birtoklásából adódó szakértői hatalom. A szakértői hatalom az egyik legerősebb hatalmi jelleg, de egyben a legtünékenyebb is. Ez a hatalom többlettudásból származik, de ha a mások is

hozzáérnek ehhez a többlettudáshoz, akkor megszűnik ez a hatalmi szituáció, és többé már nem nyújt hatalmat az egyénnek.

A szervezeti hatalom forrása az egyénnek a szervezetben betöltött pozíciójából adódik. Ezt nevezik intézményesült vagy pozíció alapú hatalomnak. Az ilyen jellegű hatalom mértékét és korlátait a pozícióhoz tartozóan a szabályzatokba foglalt jogok határozzák meg. A szervezeti hatalomból vezethető le a jutalmazó és a kényszerítő hatalom. A jutalmazó hatalom az olyan anyagi és nem anyagi dolgok feletti rendelkezés jogát használja fel, amikre mások vágyakoznak (pl. pénzjutalom, kitüntetés, bennfentesség), a kényszerítő hatalom pedig fenyegetéssel kényszeríti ki az engedelmisséget. Ezek a formális hatalmi források.

Vannak olyan rejtett pozíciók is, amik látszólag hatalom nélküliek, de a valóságban hatalmat adnak a birtokosuknak [66]. Ezek a rejtett hatalmi pozíciók a szervezet tagjainak kapcsolataiból adódnak, és kutatásom során a kapcsolati réteghálózatok ismeretében hálózatelemzési módszerekkel határoztam meg azokat.

A szervezeti kapcsolati háló réteghálózatai különböző struktúrába rendezik a szervezet tagjait, és ezek a struktúrák egyszerre vannak jelen a szervezetben. A különböző struktúrájú réteghálózatokban, ugyanannak a csomópontnak más-más centralitása lehet attól függően, hogy az adott réteghálózatban milyen hálózati tulajdonságokkal rendelkezik. A különböző centralitási mutatók meghatározzák, hogy az adott hálózatban mennyire meghatározó szerepet tölt be az adott csomópont. Amennyiben a szervezet egy tagja valamelyik réteghálózatban nagyobb fontossággal bír, ez számára nagyobb hatalmi pozíciót jelent a szervezetben. Kutatásomban a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrákat megfeleltettem a szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatának és meghatároztam a működésbiztonság szempontjából releváns mutatókat.

Mastenbroek négy különböző jellegű kapcsolati hálózatot definiált egy szervezetben. Tipológiájában az *instrumentális kapcsolatok* hálózatában az emberek, mint termelőeszközök jelennek meg egymás viszonylatában. Mivel a szakmai tevékenységek elvégzéséhez szükséges a társak munkavégzése is, létrejön a szervezeten belüli munkamegosztás és koordináció. Ebben az instrumentális hálózatban áramlanak a szakmai információk, itt zajlik az adatszolgáltatás, a kommunikáció és a döntések is ebben a hálózatban realizálódnak. Az instrumentális kapcsolatok hálózatát három réteghálózattal modelleztem: a folyamat-, a szakmai utasítási-, és az önkéntes

tudásmegosztási réteghálózattal. A folyamat réteghálózat megmutatja a szervezeten belüli munkamegosztást, valamint a folyamatokon belüli technológiai és információs kapcsolatokat. A szakmai információk áramlása egyrészt a szakmai utasítási-, másrészt az önkéntes tudásátadási réteghálózatban zajlik. Ezért a szervezeti kapcsolati hálóban a folyamat-, a szakmai utasítási-, és az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat együttesen adja a Mastenbroek-féle instrumentális kapcsolatok hálózatát.

A második a szervezetben a *szocio-emocionális kapcsolatok* hálózata a munkatársak közötti érzelmi viszonyokon alapul, és szimpátia alapon strukturálódik. Ezeket a kapcsolatokat meghatározza a csoporthoz tartozás, a lojalitás, valamint a csoportkohézió olyan elemei, mint a közös nyelv, vagy a csoportarculat, de a szocio-emocionális hálózatban egyedi normarendszerek is kialakulhatnak. Ezt a kapcsolati hálózatot az érzelmek dominálják, ezért ennek a feltérképezését az informális kommunikáció réteghálózatban végzem.

A harmadik a *hatalmi és függőségi kapcsolatok* hálózata a szervezeti hatalmi játszmák területe, itt zajlanak a belső politikai manőverezések, ebben a hálózatban küzdenek meg az emberek a különböző pozíciókért, és erőforrásokért. Ezek a hatalmi játszmák jellemzően a háttérben zajlanak, így a résztvevők gyakorta használják a megtévesztés stratégiáját, és egyéni törekvéseiket a szervezet érdekeinek normarendszerébe csomagolva próbálják eladni. A pozíció alapú függelmi- és a szakmai utasítási réteghálózat az emberek közötti formális függelmi viszonyokból épül fel, ezért módszeremben e kettővel együttesen modellezem a Mastenbroek-féle hatalmi és függőségi kapcsolatok hálózatát.

A negyedik Mastenbroek-féle kapcsolati hálózat a *tárgyalási kapcsolatok* hálózata, ahol a szervezet, mint belső piac jelenik meg. Ebben a hálózatban az emberek az erőforrásokért versengenek, felosztják a belső piacot, folyamatosan megpróbálják a saját piaci határaikat kiterjeszteni a többiek rovására annak érdekében, hogy nagyobb volumenben birtokolják az erőforrásokat és nagyobb súllyal szerepeljenek a döntéshozatalban. A szervezeti kapcsolati hálóban a hagyományos erőforrásokon kívül az információért folytatott versengés is meghatározó tényező. Ezért a Mastenbroek-féle tárgyalási kapcsolatok hálózatát az erőforrások és az információk birtoklásáért folytatott versengés hálózati platformjának tekintem. A tárgyalási kapcsolatok hálózatát a pozíció alapú függelmi-, a szakmai utasítási-, az önkéntes tudásmegosztási- és az informális

kommunikáció réteghálózatokkal együttesen modelleztem. A 3. táblázat mutatja a szervezeti kapcsolati háló réteghálózatai és a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrák közötti általam meghatározott megfeleltetést.

3. táblázat A szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatainak megfeleltetése a Mastenbroek-féle hatalmi struktúráknak.

	Instrumentális	Szocio-emocionális	Hatalmi és függőségi	Tárgyalási
Pozíció alapú függelmi réteghálózat ( $R_p$ )			•	•
Szakmai utasítási réteghálózat ( $R_v$ )	•		•	•
Folyamat réteghálózat ( $R_f$ )	•			
Önkéntes tudásmegosztási réteghálózat ( $R_t$ )	•			•
Helyettesítési réteghálózat ( $R_h$ )			•	
Informális kommunikáció réteghálózat ( $R_i$ )		•		•

A szervezet egyes tagjai a működés során érvényesíthetik egyéni hatalmukat, ezzel növelve a működési- és a tudásmegosztási folyamatok tőlük való függőségét, ezért a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrák feltárása működésbiztonsági szempontból releváns.

**A fentiek alapján bizonyítottam a H3 hipotézisemet, mely szerint a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataival feltárhatók a működésbiztonságot befolyásoló hatalmi struktúrák.**

#### 4.4 A szervezeti kapcsolati háló tudásmegosztási struktúrái

A szervezeten belüli tudásmegosztás kulcsfontosságú tényező a szervezetek sikeressége és működésbiztonsága szempontjából [59]. Az a szervezet, amelyikben a tudásmegosztás gyorsabban és hatékonyabban zajlik, gyorsabban és sikeresebben képes alkalmazkodni a piaci környezet változásaihoz [67]. Barabási szerint „Minden szervezet vezetői hajlamosak a hivatali hierarchia alapján gondolkodni, holott egyre nyilvánvalóbb, hogy egy szervezet sikerét az emberek egymás közti kommunikációja által definiált informális hálózat határozza meg” [68]. A szervezet tudásmegosztási hálózata része a szervezeti kapcsolati hálónak, és a hatalmi struktúrákhoz hasonlóan, a

szervezetben belüli tudásmegosztás a különböző tudásmegosztási réteghálózatokban zajlik. Ezeknek a réteghálózatoknak a topológiai és kvantitatív tulajdonságai meghatározzák, hogy az új tudás milyen gyorsan és milyen mértékben terjed szét a szervezetben. Kutatásomban meghatároztam a különböző tudásmegosztási réteghálózatokat, és azonosítottam azon tulajdonságaikat, melyek szerepet játszanak az új tudás gyors és hatékony elterjedésében. Ezek ismeretében olyan stratégiák dolgozhatók ki egy szervezetben, amik alkalmazása növeli a szervezet versenyképességét és működésbiztonságát.

A szervezeteknek ma már egy gyorsan és gyakran nagymértékben változó piaci környezetben kell működniük [69]. Amelyik szervezet versenyben akar maradni ebben a turbulens piaci környezetben, annak teljesen új szemléletet kell elsajátítani. Korábban egy szervezet sikerességét és működésbiztonságát nagymértékben meghatározta az általa birtokolt erőforrások mennyisége és minősége, valamint a technológiai és a menedzsment folyamatok hatékonysága [70]. Ennek megfelelően alakultak ki azok a menedzsment módszerek, amik a menedzsment folyamatok szabályozottságával igyekeztek javítani a versenyképességet és működőképességüket. A minőségmenedzsment az ismétlődő munkafolyamatokhoz [71], a projektmenedzsment az egyedi projektfolyamatokhoz nyújtott olyan módszereket [72], amik segítségével úgy lehet javítani a versenyképességet, hogy közben csökkenjen a szükséges erőforrások mennyisége, és javuljon a működésbiztonság is. A posztindusztriális menedzsment korban azonban már nem jelent előnyt a bevált menedzsment módszerek ismerete és alkalmazása, hiszen ezekhez bárki könnyen és gyorsan hozzáférhet. Még az elsőként sikeresen adaptálók előnye is csak rövid ideig tart, miután széles körben ismertté és alkalmazottá válnak az új módszerek [73]. Az erőforrások nagy mennyiségű birtoklása sem nyújt biztosan versenyelőnyt. Az infokommunikációs termékek piacára a kis költségvetésű garázs-cégek is képesek betörni egy új termékkel, mert a fejlesztések eszközigénye alacsony. Míg korábban a materiális erőforrások alapján mérték egy szervezet értékét, ma az innováció orientált szervezetek legfőbb vagyona az alkalmazottak tudása, ötletek, ismeretek és készségek formájában [74]. A gyorsan változó piaci környezetben nagyobb mennyiségű erőforrás birtoklása nem jelent feltétlen piaci előnyt, a piaci előnyre egyre inkább azok a szervezetek tehetnek szert, amelyek gyorsabban tanulnak, és az új tudást gyorsabban képesek adaptálni. A

szervezeteknek nem elég gyorsan felismerni és megszerezni az új tudást, ezt a szervezetben rövid időn belül el kell terjeszteni és internalizálni.

A tudás napjainkban az egyik legfontosabb erőforrássá vált és minden szervezet számára kiemelt szerephez jut a piaci versenyben [75]. A tudás fogalmát a különböző tudományterületek, különböző módon közelítik meg, nem létezik egyetlen, általános definíció. A tudás több mint pusztán adat, vagy információ, és lényeges, hogy megkülönböztessük azokat [76]. Ahhoz, hogy a tudást tudásmenedzsment szempontból lehessen megközelíteni, tartalmi és funkcionális különbséget kell tenni adat, információ és tudás között [77]. Az adatok tárgyak, események, illetve azok környezetének tulajdonságait mutatják meg egy adott időpontra vonatkozóan. Az adatok még csak nem értelmezett jelsorozatnak tekinthetők, amik nem tartalmaznak összefüggéseket vagy következtetéseket, csupán objektív tények [59]. Amikor az adatokhoz hozzáadott értéként valamilyen hasznos jelentést tartalmat is rendelünk, akkor beszélünk információról [78]. Az információ megerősítheti vagy módosíthatja egy problémahelyzet megoldására vonatkozó válaszkészletünket. A tudás pedig olyan válaszkészletnek tekinthető, amit az új információk alapján folyamatosan pontosítunk [79].

Nem csak emberek, a szervezetek is rendelkeznek tudással és a tanulás képességével. A szervezeti tudás nem pusztán az egyének tudásának összessége, hanem azoknak szinergikus hatása: a tudásteremtés [80]. A szervezetek versenyképessége szempontjából egyre nagyobb hangsúllyal jelenik meg a tudásteremtés. Polányi a tudás megragadhatósága és kodifikálhatósága szempontjából különbséget tett explicit, és tacit tudás között [81]. Míg az explicit tudás formalizált módszerekkel, és egyes elemei közvetlen emberi interakció nélkül is átadhatók, addig a tacit tudás az egyén olyan belső tudása, ami csakis emberi interakció során, és a gyakorlatban adható át [82]. Ahhoz azonban, hogy a tudás a szervezet tagjának hozzáférhetővé váljon, mindkét tudásfajta esetében az egyéni tudást el kell juttatni a szervezet tagjaihoz. A szervezetben a tudásmegosztás jellemzően formális és informális emberi kapcsolatokon keresztül valósul meg [83]. Ezek a formális és informális kapcsolatok a szervezeten belül különböző hálózatokat alkotnak, és ezek a tudásmegosztási hálózatok részei a szervezeti kapcsolati hálónak.



A tudásmegosztás közvetett és közvetlen módon történhet [84]. A közvetett tudásmegosztás strukturális csatolásokon keresztül valósul meg. Ennek egyik módja a munkahely csere, aminek során célzottan és irányítottan változtatják a szervezet tagjainak munkakörét, így az egyén a szóbeli tudásmegosztáson túl, saját tapasztalattal is kiegészíti az új tudást. Másik közvetett tudásátadási mód a munkakörök átszervezése. A korábbi trenddel szemben – ami a munkakörök egyre kisebb részekre bontását és specializálást preferálta –, ma már a funkcionális határok lebontása és a bürokrácia csökkentése a cél. Ennek keretében a munkakörök kiterjesztése, illetve kiszélesítése, illetve munkacsoportok létrehozása kerül előtérbe, melynek során az egyén egyre több, más területekhez tartozó munkatársával kerül kapcsolatba, ami elősegíti a tudásátadást. További közvetett tudásmegosztási lehetőség a szocializáció, amikor nem technológiai ismeretek, hanem viselkedésformák kerülnek átadásra. Az egyént olyan munkaközegbe helyezik, ahol az elsajátítandó viselkedésformák és normák már internalizálódtak a többiekben, így az egyén formális eszközökkel nehezen átadható viselkedésformákat vesz át az őt körülvevő szociális környezetből.

A tudás megosztása történhet közvetlen módon is. Ennek egyik formája a továbbképzés, ahol az, aki a tudás birtokában van, szervezett és irányított keretek között megosztja tudását a szervezet más tagjaival. Egy másik formája, amikor a munkatársak, közel azonos hierarchia szinten lévőkből létrehozott és tartósan működtetett kiscsoportokban, minőségkörökben osztják meg tudásukat egymás között [85]. Ezekben a minőségkörökben már nem csak tudásmegosztás, hanem új tudás létrehozása is történik. A közvetlen tudásmegosztás egy másik formája, amikor a szervezetek olyan teakonyhákat hoznak létre, ahol a munkatársak ad hoc beszélgetés közben, önkéntesen oszthatják meg saját tudásukat munkatársaikkal [86].

Kutatásomban a szervezeti kapcsolati háló tudásmegosztási réteghálózatainak ismeretében tárom fel, hogy a szervezetben milyen emberi kapcsolatokon keresztül, milyen dinamikával, és milyen széles körben terjed el az új tudás. Vizsgáltam a közvetlen tudásmegosztási formák közül a továbbképzés típusú tudásmegosztáshoz tartozó formális, és a teakonyha-típusúhoz tartozó informális tudásmegosztási réteghálózatok topológiai tulajdonságait, és a különböző tudásmegosztási réteghálózatokban a tudás terjedésének dinamikai jellemzőit.

Nonaka és Takeuchi tudáskonverziós elmélete szerint [87] egy szervezet flexibilitása, vagyis azon képessége, ahogyan reagál a stratégiai kihívásokra egyrészt attól függ, hogy milyen tudással rendelkezik az adott szervezet, másrészt függ attól is, hogyan képes felhasználni, illetve mobilizálni a szervezet tudását. A szervezet alkalmazkodóképessége szempontjából kulcsfontosságú a tudás gyors és hatékony megosztása, amire a hagyományos szervezeti struktúra nem képes [88]. A függelmi alapon strukturált szervezeti organigram téves eligazodást ad a valódi tudásmegosztás struktúrájáról [89]. Kutatásomban ezért azt vizsgáltam, hogy a napi munkavégzés során ki-kivel oszt meg rendszeresen szakmai információkat, vagyis a szervezetben hogyan zajlik a nem szervezett formában történő tudásátadás.

A pozíció alapú függelmi réteghálózatban explicit tudás megosztása zajlik, a vezetők a vezetési illetve stratégiai információkat ezen a hálózaton osztják meg. A szakmai folyamatok működtetéséhez azonban a pozíció alapú függelmi struktúra kommunikációs szerkezete nem megfelelő. A szakmai tudás megosztása a szakmai utasítási réteghálózatban zajlik, és ebben a réteghálózatban is explicit tudást osztanak meg. A szakmai hierarchiában magasabban állók, mint kooperátorok [90] adják át tudásukat a hierarchiában alattuk elhelyezkedő személyeknek, szervezett képzések formájában. A szakmai utasítási réteghálózatot tehát a szakmai hierarchiából adódó kényszerkapcsolatok alkotják. A szakmai hierarchia struktúrája eltér a pozíció alapú hierarchiától, mivel a funkcionális szervezeti struktúra, a pozíció alapú függelmi kapcsolatokon felül, megengedi és koordinációs, illetve technológiai szempontból még igényli is a keresztkommunikációs kapcsolatokat a különböző szakmai ágazatok között.

Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban közvetlen tudásátadás zajlik, és spontán módon. Az önkéntes tudásmegosztás a bizalomra épül, ezért ezt a réteghálózatot önkéntes kapcsolatok alkotják. Amikor az emberek munkájuk során olyan szakmai problémába ütköznek, amit nem tudnak megoldani, ahhoz fordulnak tudásért, akiben szakmai szempontból megbíznak. Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban nem csak explicit, hanem tacit tudás megosztása is zajlik [91]. Az önkéntes alapon felépülő hálózatok kis világ típusú hálózatokat alkotnak, amik topológiai tulajdonságuk miatt zavartűrőbbek, mint a hierarchia alapon rendeződő decentralizált hálózatok. Ezért az önkéntes tudásmegosztási hálózat működésbiztonsági szempontból releváns.

A szakmai kommunikáció mellett lényeges az is, hogy ki, kivel szokott napi rendszerességgel nem szakmai témákról beszélgetni. A szakmai kapcsolatokhoz tartozó hálózatokat a működési folyamatok határozzák meg, a nem szakmai tevékenységhez tartozó kommunikációs hálózat pedig a munkatársak közötti érzelmi viszonyokon alapul, és szimpátia alapokon strukturálódik [92]. Bár ezt a hálózatot az érzelmek dominálják, közvetve hatást gyakorol a szervezet működésére. Itt terjednek a pletykák és a viselkedésformák is. A pletykák nem feltétlenül károsak, pozitív és negatív hatásuk egyaránt lehet [93]. Az informális kommunikáció réteghálózatban a nem szakmai információk mellett közvetett szakmai információk is megosztásra kerülnek. Ha például a szervezetben elterjed a hír, miszerint valakinek, vagy valakiknek nemsokára fel fognak mondani, ez olyan viselkedésformákat válthat ki az érintettektől, ami közvetve, de akár közvetlenül is befolyásolhatja a szervezet működésbiztonságát. Az ilyen jellegű információk birtoklása is tudás, és az ilyen típusú tudás az informális kommunikáció réteghálózatban terjed. Kutatásomban az informális kommunikáció réteghálózat ismeretében határoztam meg a réteghálózat hálózat struktúráját és jelentős csomópontjait.

Mivel a szervezeti kapcsolati háló egy multiplex hálózat, a gyakorlatban a szakmai utasítási, az önkéntes tudásmegosztási és az informális kommunikáció réteghálózatok egyszerre léteznek és funkcionálnak a szervezetben. A szakmai utasítási réteghálózat, ami egy fa struktúrának, kevés számú keresztkapcsolattal történő kiegészítéséből jön létre, megfelelő az explicit tudás átadására. Ebben a réteghálózatban, belső képzések keretében lehet átadni a tudást. Az explicit tudás közvetlen átadása azonban a tudástranszfer három eleméből csak az elsőt, a tudás megosztását támogatja. A másik két elem, a tudás befogadása és annak használata már a tudás átadójával szembeni bizalomtól is függ. A hierarchia alapú hálózatban a tudásmegosztás során a szervezet tagjai részéről egy tranzakciós részvétel valósul meg. Amikor a szakmai hierarchiára felépített hálózatban a tudásmegosztás gyenge hatásfokkal történik, akkor a szervezet valójában az emberi kapcsolatokban rejlő bizalmatlanságból fakadó kockázatok árát fizeti meg [94]. Ezzel szemben, amikor a résztvevők önkéntes alapon vesznek részt a tudásátadásban, a tudástranszfer mindhárom eleme megvalósul. Az informális kommunikáció réteghálózatban olyan bizalmas információk megosztása is zajlik, amik közvetve ugyan, de befolyásolhatják a működési folyamatokat. A 4. táblázat a különböző tudásmegosztási réteghálózatok tulajdonságait mutatja be.

4. táblázat A különböző tudásmegosztási réteghálózatok tulajdonságai.

	Megosztott tudás típusa	Megosztott tudás tartalma	Tudásmegosztás jellege	Tudásmegosztás hatása a működésre
szakmai utasítási réteghálózat ( $R_u$ )	explicit	szakmai	formális	közvetlen
önkéntes tudásmegosztási réteghálózat ( $R_t$ )	explicit és tacit	szakmai	informális	közvetlen és közvetett
informális kommunikáció réteghálózat ( $R_f$ )	explicit és tacit	szakmai és magán	informális	közvetett

A szervezeti kapcsolati háló tudásmegosztási réteghálózatai megmutatják, hogy milyen struktúrában és milyen kapcsolatokon keresztül zajlik az explicit és a tacit tudás megosztása. Működésbiztonsági szempontból a tudásterjedési réteghálózatok ismerete fontos, mert azok ismeretében modellezhető a tudásterjedés dinamikája és meghatározható elterjedésének maximális mértéke.

## 4.5 Összefoglalás

Ebben a fejezetben bemutattam, hogy a szervezeti kapcsolati háló több különböző réteghálózatból áll, és hogy a réteghálózatok együtt egy multiplex hálózatot alkotnak. Működésbiztonsági szempontból hat réteghálózatot azonosítottam: a pozíció alapú hatalmi-, a szakmai utasítási-, az önkéntes tudásátadási-, a folyamat-, a helyettesítési- és az informális kommunikáció réteghálózatokat. Ismertettem a szervezeti tudásmegosztás alapelveit és megmutattam, hogy a szervezeti tudásmegosztás nem egyetlen struktúrában valósul meg. Azonosítottam, hogy mely réteghálózatokban zajlik a tudásmegosztás, és hogy melyik réteghálózatban osztanak meg explicit és melyikben tacit tudást a szervezet tagjai.

Ismertettem a Mastebroek-féle hatalmi struktúrákat, melyek megmutatják, hogy a szervezetben miből ered az egyének hatalmi pozíciója. Bizonyítottam, hogy a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataiban kimutathatók ezek a hatalmi struktúrák, valamint megfeleltettem egymásnak a szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatait és a Mastebroek-féle hatalmi struktúrákat.

## **5 MŰKÖDÉSBIZTONSÁGI ELEMZÉSEK A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓBAN**

Egy szervezetben az emberi tényezőből adódik a működéssel kapcsolatos biztonsági kockázatok egy része [95]. Mivel a szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatai működésbiztonsági szempontból relevánsak, a réteghálózatok alkalmasak működésbiztonsági elemzésekre. A gráfelméletben és a hálózattudományban használt elemzéseket és mutatók működésbiztonsági szempontból is értelmezhetőek és a gyakorlatban is alkalmazhatóak. Segítségükkel az emberi kapcsolatokból adódó, rejtett működésbiztonsági kockázatok feltárhatók. Ezeknek a mutatóknak a meghatározását és működésbiztonsági értelmezését végeztem el kutatásom következő fázisában.

### **5.1 A folyamat réteghálózat felépítése és működésbiztonsági mutatói**

A legtöbb folyamatmenedzsment módszer a folyamatokat elemi tevékenységekre bontja, és meghatározza a tevékenységekhez tartozó paramétereiket. Ezek a paraméterek határozzák meg azt, hogy Mit?, Mikor?, Hogyan?, Mivel?, és Ki? végez el. A Mit? kérdés arra vonatkozik, hogy az elemi tevékenység elvégzése során mi az a részproduktum, vagy részproduktumok, amiknek létre kell jönnie. A Mikor? az adott tevékenység elvégzésének logikai sorrendi és idő vonatkozásaira ad választ. Ennek keretében megadja a más tevékenységekkel való logikai kapcsolatokat (a közvetlen megelőző tevékenységeket, ami után az adott elemi tevékenységet el kell végezni) és az elvégzéshez rendelt normaidőt, azt, hogy mennyi idő alatt kell a tevékenységet elvégezni. A Hogyan? kérdésre adott válasz rögzíti a technológiai leírását annak, ahogyan a tevékenységet szakszerűen kell elvégezni, a Mivel? kérdés pedig az elvégzéshez szükséges eszközöket. A Ki? kérdés határozza meg, hogy az adott elemi tevékenységhez milyen szakmai kompetencia szükséges. Szakmai kompetencia alatt értekezésemben az Európai Unió által ajánlott DISCO-rendszer, azaz a Készségek és kompetenciák európai szótárában (European Dictionary of Skills and Competences) [96] szereplő kategóriák közül, a foglalkozásokhoz köthető kompetenciákat értem. Ezek azok a személyes kompetenciák, amik ahhoz szükségesek, hogy valaki képes legyen az adott tevékenységet a szakmai elvárásoknak megfelelően elvégezni. Ez a

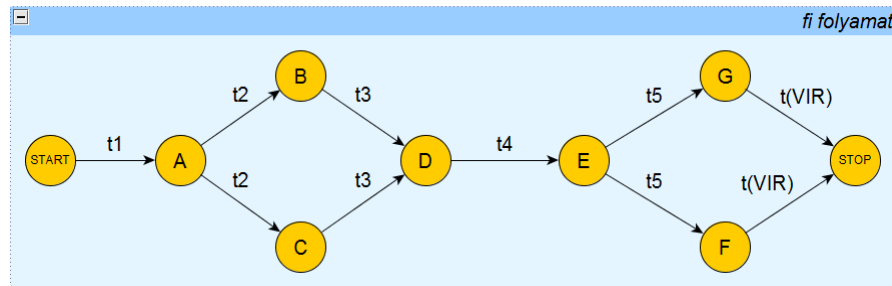
szemlélet a szervezetben a folyamatokat helyezi a középpontba, és az emberre úgy tekint, mint a folyamatok elvégzéséhez szükséges egyik erőforrásra. Ebben a megközelítésben a szervezet olyan, mint egy gép: a szükséges tudás birtokában, az előírt műveletek elvégzésével, folyamatosan és kiszámíthatóan működtethető. A korszerű menedzsment szemléletekben a folyamatcentrikus szemléletet egyre inkább felváltja a hálózat centrikus szemlélet [97], amiben nem a folyamatok, hanem az emberek vannak a középpontban, és a szervezet működését az emberek kapcsolatrendszerén keresztül vizsgálják.

#### 4.1.1 A folyamat réteghálózat felépítése

A hagyományos tevékenység-hálózatban a csomópontok jelenítik meg a folyamatok elemi tevékenységeit, az élek pedig a tevékenységek közötti logikai kapcsolatokat. Az emberek a csomópontokhoz, azaz az egyes tevékenységek elvégzéséhez rendelt erőforrásokként jelennek meg a folyamatot megjelenítő tevékenység-hálózatban. Kidolgoztam egy hálózat alapú folyamatmodellezési módszert, amiben a szervezet egyes működési folyamatait nem a megszokott módon tevékenység csomópontú hálózattal, hanem Håkansson és Shenota [98] szemléletét követve, emberi kapcsolati hálózattal modelleztem. Az általam kialakított folyamatmodellezésben a szervezet egy-egy működési folyamatát a hozzá tartozó **egyedi folyamat-hálózattal** modelleztem. Ez nem a szervezet teljes folyamat réteghálózata, csak egyetlen folyamatnak a hálózata. Az egyedi folyamat-hálózatok olyan irányított hálózatok, melyeknek csomópontjai a szervezet tagjai, az egyes szakmai tevékenységek pedig a csomópontok közötti irányított kapcsolatok. Egy egyedi folyamat-hálózatban akkor mutat egy csomópont felé irányított él, ha az adott él által reprezentált szakmai tevékenységet a csomóponttal jelzett személy képes elvégezni. A kapcsolat megléte szakmai kompetencia alapú és nem beosztás alapú, ebből adódóan egy egyedi folyamat-hálózatban egy elemi tevékenység – mint él – többször is megjelenhet a szerint, hogy hányan képesek elvégezni az adott szakmai tevékenységet.

Egy példával illusztrálva, legyenek  $A, B, C, D, E, F, G$  a szervezet tagjai, és legyen  $f_i$  egy folyamat, aminek  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  az egymást követő szakmai tevékenységei. A példában szereplő  $f_i$  folyamatban a  $t_2$  tevékenységet a szervezet tagjai közül  $B$  és  $C$  is el tudja végezni, ezért  $A$ -ból  $B$ -be valamint  $A$ -ból  $C$ -be is vezet irányított kapcsolat (21. ábra). Az  $f_i$  folyamathoz tartozó hálózatban látszik, hogy akár  $B$ , akár  $C$  is el tudja végezni a  $t_2$  tevékenységet, de ezt csak az után tehetik meg, hogy  $A$  elvégezte a  $t_1$

tevékenységet. Látható, hogy a  $t_3$  tevékenységet csak  $D$  tudja elvégezni, de csak azután, ha vagy  $A$  vagy  $B$  befejezte a  $t_2$  tevékenységet. A  $t_{(VIR)}$  tevékenységek virtuális, 0 időtartamú, erőforrást nem igénylő tevékenységek, a  $START$  és  $STOP$  csomópontok pedig virtuális csomópontok, melyek a folyamatok egymáshoz kapcsolásához szükségesek. A szervezet összes egyedi folyamatát magába foglaló folyamatrendszerben az egyes folyamatok  $STOP$  csomópontjai más folyamatok  $START$  csomópontjaihoz kapcsolódnak.



21. ábra Példa egy öt tevékenységből álló folyamatot megjelenítő egyedi folyamat-hálózatra.

(Forrás: saját ábra)

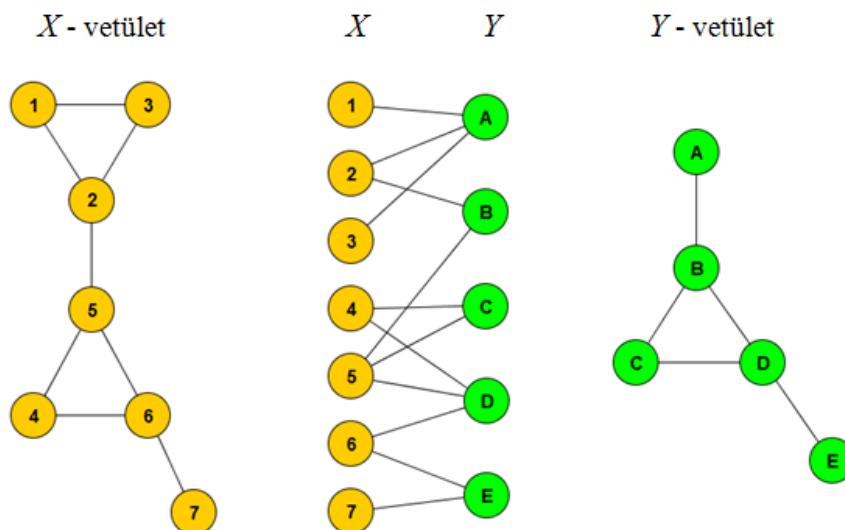
A szervezet folyamatainak egyedi folyamat-hálózataiból összevont hálózat a **folyamat réteghálózat** (Jele:  $R_f$ ). A folyamat réteghálózat irányított hálózat, tartalmazza a szervezet összes szakmai folyamatát, a folyamatokon belül a működéshez szükséges valamennyi elvégzendő szakmai tevékenységet, a szervezet minden tagját, valamint a szervezet tagjai között a működés során lehetséges összes szakmai kapcsolatot. Az egyedi folyamat-hálózatokat különálló réteghálózatként is lehetne értelmezni, de mivel ez esetben jelentősen megnőne a réteghálózatok száma, ezért az egyedi folyamat-hálózatokat a folyamat réteghálózat alrétegeinek tekintem. A folyamat réteghálózat megfelel a szervezeti kapcsolati háló definíciójában szereplő feltételeknek: csomópontjai a szervezet tagjai, a csomópontok közötti kapcsolatok a működési folyamatokból adódó kényszerkapcsolatok. Ezek alapján megállapítottam, hogy a folyamat réteghálózat a szervezeti kapcsolati háló egyik réteghálózata.

A folyamat réteghálózat felrajzolásához a szervezet valamennyi folyamatát ismerni kell. Amennyiben a szervezet rendelkezik olyan minőségirányítási rendszerrel, aminek részeként dokumentált folyamatszabályozások állnak rendelkezésre, akkor azok alapján a folyamat réteghálózat meghatározható. A gyakorlatban azonban, még ha van is működő minőségirányítási rendszer a szervezetben, a dokumentált folyamatok nem fedik le a szervezet teljes folyamatrendszerét, mert nem szükséges minden folyamatnak

dokumentálnak lennie. Ezért a folyamat réteghálózat felmérését célzott interjúk keretében kell elvégezni. Ennek során azonosítani kell a szervezet minden folyamatát, a folyamatok minden elemi tevékenységét, azok kapcsolatait és logikai sorrendjét, az egyes tevékenységekhez tartozó bejövő és kimenő információkat, a tevékenységhez szükséges szakmai kompetenciákat, valamint ismerni kell a szervezet minden tagjának szakmai kompetenciáit. Ezek ismeretében a folyamat réteghálózat a gyakorlatban is nagy pontossággal felvehető. Gyakorlati tapasztalataim szerint egy 100-150 fős szervezet folyamatainak ilyen szintű azonosítása a vizsgált szervezet aktív együttműködésével, egy hónap alatt elvégezhető.

#### 4.1.2 A szakmai kompetenciák hálózati modellezése

Módszeremben a szervezet tagjai által birtokolt kompetenciák hálózati modellezéséhez páros gráfot alkalmaztam. A páros gráfokban a csomópontok két különálló halmazba tartoznak és nincsenek élek az egyes halmazokon belüli csomópontok között [99]. A páros gráfnak két hálózati vetülete létezik. Ezekben a hálózati vetületekben a páros gráf egyes halmazainak azon csomópontjai vannak kapcsolatban egymással, amelyeknek van közös szomszédjuk a másik halmazban (22. ábra).



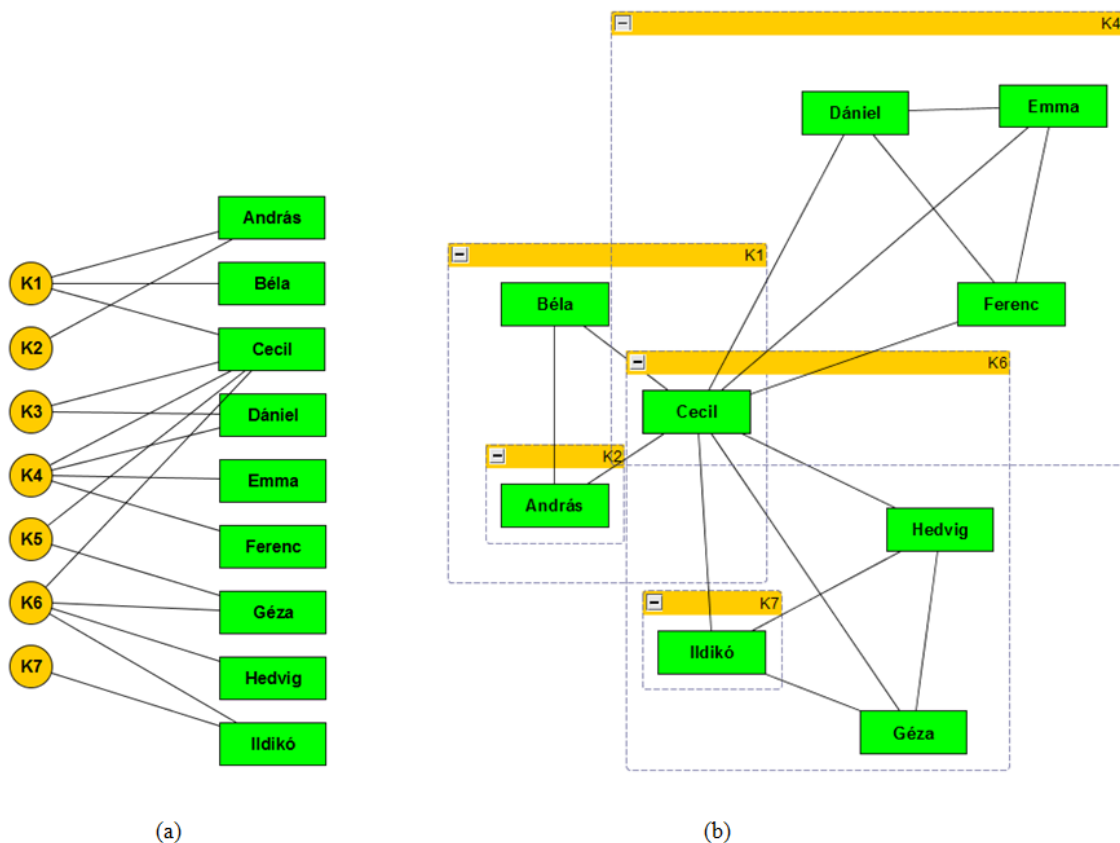
22. ábra Páros gráf és vetületei. (Forrás: saját ábra)

A páros gráf egyik csomópont halmazába a szervezet tagjait, másik csomópont halmazába a szervezet működéséhez szükséges szakmai kompetenciákat soroltam. Az így létrehozott páros gráfban a szervezet egy tagját akkor köti össze egy szakmai kompetenciával kapcsolat, ha az adott személy rendelkezik azzal a kompetenciával. Az így kialakított páros gráfnak az egyik vetülete a szervezet tagjainak hálózata, amiben a



csomópontok között akkor van kapcsolat, ha a szervezet tagjai rendelkeznek azonos szakmai kompetenciával. A közös szakmai kompetenciával rendelkező emberek a szervezetben kapcsolatba kerülnek egymással a közös kompetenciához tartozó képzések, munkavégzések és helyettesítések során, ezért a kompetencia alapú hálózati vetület megfelel a szervezeti kapcsolati háló kritériumának: csomópontjai a szervezet tagjai, a kapcsolatok pedig a működés során létrejövő kényszerkapcsolatok.

A kompetencia alapú hálózati vetületben az azonos szakmai kompetenciával rendelkezők csoportosulásokat alkotnak, amikben a csoportképződés a közös kompetenciából adódik. Akik több különböző kompetenciával rendelkeznek, több különböző csoportosulásnak is a tagjai, így a kompetencia alapú hálózati vetületben átfedő csoportosulásokat hoznak létre. A 23. ábrán egy hét kompetenciából és kilenc személyből álló páros gráf, és annak kompetencia alapú hálózati vetülete látható.



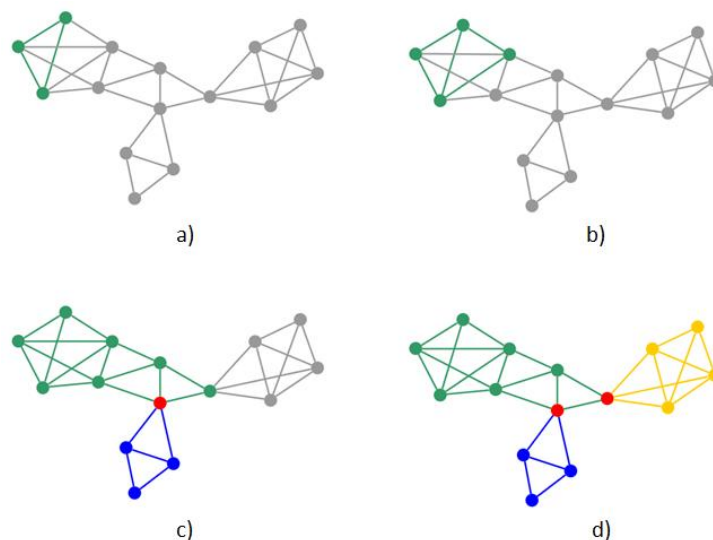
23. ábra A szakmai kompetenciák és a szervezet tagjaiból álló páros gráf (a), és annak kompetencia alapú hálózati vetülete (b). (Forrás: saját ábra)

Az ábrán az áttekinthetőség miatt csak a három legtöbb csomópontot tartalmazó kompetencia alapú csoportosulás ( $K1$ ,  $K4$ ,  $K6$ ), és az a két kompetencia, van megjelenítve, amivel csak egyetlen ember rendelkezik ( $K2$ ,  $K7$ ). Látszik, hogy átfedő

csoporthoz van a hálózatban, *Cecil* az, aki összeköti a három legnagyobb kompetencia alapú csoportot azzal, hogy több különböző szakmai kompetenciával is rendelkezik.

### 4.1.3 A multifunkcionális személyek mutató

Módszeremben a különböző szakmai kompetencia csoportokat összekötő személyeket a kompetenciákból és emberekből alkotott páros gráf kompetencia alapú vetületén, klikkperkolációs (CFinder) algoritmussal azonosítom be [100]. A klikkperkolációs algoritmus alkalmas a hálózatban lévő átfedő csoportosulások feltárására, és a több csoportosuláshoz is tartozó, azokat összekötő csomópontok azonosítására. Az algoritmus a csoportosulásokat átfedő klikkeként értelmezi, amiknek a klikkekben lévő csomópontok számánál egyel kevesebb közös csomópontja van. Két különböző, három csomópontból álló klikk akkor szomszédos, ha két közös csomópontjuk van (24. ábra). A CFinder algoritmus a hálózat egy csomópontjából kiindulva, egy kapcsolati klikket (a 24. ábrán egy háromszöget) gördít végig a hálózaton oly módon, hogy két egymást követő háromszögnek mindig csakis két csomópontja legyen közös. A gördítést addig folytatja, amíg talál közös csomópontú klikkeket, ezek tartoznak egy csoportosulásba. Amint nem talál több ilyen csomópontot, a még nem vizsgált csomópontok valamelyikén újra kezdi a folyamatot, végül a teljes hálózat átvizsgálása után azonosíthatók a csoportosulások és az átfedések.



24. ábra A CFinder algoritmus működése (Forrás: Saját ábra)

A 24.a ábrán a CFinder algoritmus a zölddel jelölt klikkből indul, a 24.b ábra pedig az első lépést mutatja. A 24.c ábrán látható, hogy ha a zöld csoportosulásban már nem talál

újabb szomszédos klikket, akkor egy újabb, eddig még nem vizsgált klikkből kiindulva újra végzi a műveletet. A 24.d ábrán láthatók az algoritmus által azonosított csoportosulások és pirossal jelölve az átfedő csoportosulásokat összekötő közös csomópontok. A szakmai csoportosulások közötti átfedést adó csomópontoknak konkrét működésbiztonsági értelmezést adtam, és azokat **multifunkcionális személyeknek** neveztem el. A multifunkcionális személyek növelik a működésbiztonságot, mert több kompetenciájuk miatt több különböző szakmai tevékenységet képesek elvégezni, szélesebb szakmai rálátással rendelkeznek, és nagyobb szakmai csoportok közötti mobilitással rendelkeznek, aminek következtében nem csak egyetlen szakmai területen tudnak helyettesíteni. Egy szervezetben a multifunkcionális személyek magasabb száma növeli a működésbiztonságot, ezért működésbiztonsági mutatóként értelmeztem.

#### **4.1.4 A kompetencia-monopól személyek mutató**

Működésbiztonsági szempontból fontos, hogy a szervezetben ne legyen olyan tevékenység, amit csak egyetlen ember képes elvégezni, mert ez működésbiztonsági kockázatot jelent. A szakmai kompetenciákból és a szervezet tagjaiból létrehozott páros gráfban azonosíthatók azok a kompetenciák, amikkel csak egy valaki rendelkezik a szervezetben. A 23. ábrán látható példában ilyen *András*, és *Ildikó*, mert a *K2* kompetenciával csak *András*, a *K7* kompetenciával pedig csak *Ildikó* rendelkezik. Az ilyen személyek hiányzása esetén a szervezet egyetlen tagja sem képes elvégezni azokat a tevékenységeket, amikhez a szükséges szakmai kompetenciával csak ezek a személyek rendelkeznek. A kompetenciákból és a szervezet tagjaiból létrehozott páros gráf kompetencia halmazában azonosíthatók azok a csomópontok, amiknek csak egy a fokszáma. Ezeknek a csomópontoknak konkrét működésbiztonsági értelmezést adtam, az ilyen személyeket **kompetencia-monopól személyeknek** neveztem el. Ha van a szervezetben olyan személy, aki egyedül rendelkezik egy adott szakmai kompetenciával, akkor ez helyettesíthetőségi szempontból működésbiztonsági kockázatot jelent. Egy szervezetben a kompetencia-monopól személyek nagyobb száma csökkenti működésbiztonságot, ezért ezt a mutatót működésbiztonsági mutatóként értelmeztem.

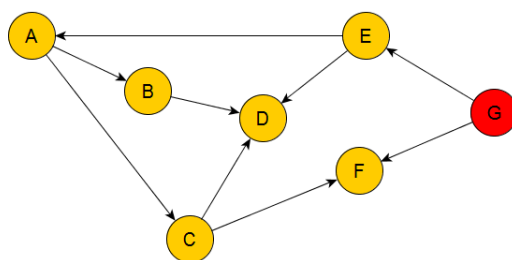
## 5.2 A helyettesítési-réteghálózat felépítése és működésbiztonsági mutatói

A szervezetekben többnyire írásban szabályozott a helyettesítés rendje, a munkaköri leírásokban, folyamatszabályozásokban rögzítik, hogy hiányzás esetén ki, kit helyettesít. Általában ezt a helyettesítési rendet a szervezet tagjai ismerik és követik is munkájuk során. A gyakorlatban azonban gyakran eltérés mutatkozik a szabályozó dokumentumokban rögzített helyettesítési rend és a valós helyettesítési szokások, továbbá a valóságban alkalmazott és a lehetséges helyettesítési lehetőségek között. Ezek az eltérések hatással vannak a működésbiztonságra. A helyettesítési rendszer működésbiztonságát az is meghatározza, hogy vannak-e szervezetben olyan személyek, akiket senki sem képes önállóan helyettesíteni. Kutatásom során a nagy működésbiztonsági kockázatot rejtő személyek azonosítására és a helyettesítési rendszer ellentmondásainak feltárására és mérésére alkalmas hálózati mutatókat határoztam meg.

### 4.1.5 A helyettesítési réteghálózat felépítése

Egy szervezetben a helyettesítések emberi kapcsolatrendszerét az mutatja meg, azt, hogy a szervezetben ki, kit képes, vagy lenne képes helyettesíteni. Ezek a kapcsolatok több különböző hálózatot képeznek, amik együttesen alkotják a szervezet helyettesítési rendszerének hálózatát. Ezt a hálózatot a szervezeti kapcsolati háló **helyettesítési réteghálózat**aként (Jele:  $R_h$ ) értelmezem. A helyettesítési réteghálózat hálózati tulajdonságainak elemzésével a valós és a vélt helyettesítési rendszer ellentmondásosságát mértem fel. A helyettesítési réteghálózat egy irányított hálózat, amiben a hálózat csomópontjai a szervezet tagjai, a köztük lévő kapcsolatok pedig a szakmai kompetencia alapú helyettesítési kapcsolatok. Ebből következik, hogy a helyettesítési réteghálózat megfelel a szervezeti kapcsolati háló követelményeinek.

A helyettesítési réteghálózat az alábbiak szerint épül fel: amennyiben a szervezet tagjai közül  $A$  képes helyettesíteni  $B$ -t, akkor a helyettesítési réteghálózatban  $A$ -ból  $B$ -be vezet irányított kapcsolat. A 25. ábrán látható, hogy  $F$  senkit nem tud helyettesíteni,  $D$ -nek három helyettese is lehet, de  $G$ -t senki sem tudja helyettesíteni.



25. ábra Helyettesítési kapcsolatok hálózati modellezése. (Forrás: saját ábra.)

A helyettesítési réteghálózat több különböző alrétegből áll. Ezek az alrétegek a vélt és valós helyettesítési rendet modellező hálózatok, amik a helyettesítési réteghálózatban belül egy multiplex hálózatot alkotnak. A működésbiztonságot veszélyeztető helyettesítési problémák az alrétegek különbözőségéből adódnak. Ennek mérésére dolgoztam ki a helyettesítési réteghálózat ellentmondásosságának mérési módszerét, ami megmutatja, hogy milyen mértékben térnek el a valós, és az emberek által feltételezett helyettesítési kapcsolatok.

A helyettesítési rendszer ellentmondásosságának méréséhez a helyettesítési réteghálózatban négy különböző belső alréteg hálózatot definiáltam. Az alrétegek a helyettesítési rendszer valós és vélt helyettesítési kapcsolatait modellezzik. Az egyes alrétegek feltárására kérdőíves módszert dolgoztam ki, zárt, feleletválasztós kérdéssel. Két kérdés a helyettesítési rendszerben a gyakorlatban alkalmazott kapcsolatokat, két kérdés pedig a válaszadók szerint lehetséges helyettesítési kapcsolatokat tárja fel. A kérdések olyan helyettesítési kapcsolatokra vonatkoznak, amikor a helyettesítést önállóan, egyetlen ember képes ellátni. A válaszadók tetszőleges számú kollégájukat jelölhetik meg, lehetőségük van arra is, hogy senkit se jelöljenek meg, de saját magukat nem jelölhetik meg. Módszeremben azzal a feltételezéssel élek, hogy a válaszadók nem adnak szándékosan hamis válaszokat, és a kérdésekkel összhangban minden valós vagy általuk lehetséges helyettesítési kapcsolatot megjelölnek. Ezt őszinteségi elvként minden válaszra alkalmazom.

A felmérésben a valós helyettesítést modellező egyik alréteghez tartozó kérdés során a szervezet tagjainak arra kell választ adniuk, hogy hiányzásuk esetén, kik azok a munkatársaik, akik őket önállóan szokták helyettesíteni. Az ehhez tartozó kérdés: *Kik szokták Önt önállóan helyettesíteni?* A második kérdésben arra kell válaszolni, hogy a válaszadó kiket szokott önállóan helyettesíteni: *Kiket szokott Ön önállóan helyettesíteni?* Mindkét kérdés a helyettesítési szokásokat tárja fel, de hálózati

szempontból különböző irányítottsággal, így a két kérdés egymás kontrollkérdésének tekinthető, amivel a helyettesítési rendszerben lévő ellentmondásosságot mutatom ki. Mivel a módszerben feltételezem, hogy a válaszadó szándékosan nem ad hamis válaszokat, ezért akiket nem jelöl meg, azok vagy ténylegesen nem tudják őt önállóan helyettesíteni, vagy a válaszadónak nincs tudomása arról, hogy az általa megjelölteken kívül mások is szokták őt helyettesíteni.

A harmadik kérdés nem a helyettesítés rendjét, hanem a válaszadó véleményét tárja fel: *Az Ön véleménye szerint, kik képesek Önt önállóan helyettesíteni?* A kérdésben a válaszadónak azokat is meg kell jelölnie, akik önállóan szokták helyettesíteni őt, de azokat is, akik nem szokták ugyan helyettesíteni, de véleménye szerint képesek lennének rá. Ezzel a kérdéssel a helyettesítési-réteghálózatban rejlő, de ki nem használt lehetőségeket térképezem fel. A negyedik kérdés: *Az Ön véleménye szerint, Ön kiket képes önállóan helyettesíteni?* A harmadik és a negyedik kérdés az egyéni véleményeket tárja fel, és ezek is egymás kontrollkérdései, és az ezeket megjelenítő hálózati kapcsolatok irányultsága ellentétes.

Módszeremben a kérdésre adott válaszok alapján a négy különböző helyettesítési hálózat kapcsolatainak hasonlóságát a bennük lévő azonos kapcsolatok összehasonlításával vizsgálom. Az egyes kérdésekre adott válaszokból helyettesítési kapcsolatokat hoztam létre, és ha az adott kérdésre vonatkozó válaszában *A* megjelölte *B*-t, akkor azt egy irányított kapcsolattal, *AB*-vel jelölöm. A kapcsolat iránya ez esetben *A*-ból *B*-felé mutat. Amennyiben *B* jelölte meg *A*-t, akkor a kapcsolat *BA*, és a kapcsolat iránya *B*-ből mutat *A*-felé. A 25. ábrán látható példában a helyettesítési hálózat kapcsolati halmazának elemei ennek megfelelően *AB*, *AC*, *BD*, *CD*, *CF*, *EA*, *ED*, *GE*, *GF*.

Következő lépésben az egyes kérdésekhez tartozó kapcsolatokat külön halmazokba rendezem. Mivel a kérdések közül kettő ellentétes irányú kontrollkérdés, ezért ahhoz, hogy hasonlósági elemzést lehessen végezni, a kontrollkérdések alapján létrehozott kapcsolatok irányát megfordítom. A *Kik szokták Önt önállóan helyettesíteni?* kérdésből adódó kapcsolatokat a  $H_1$ , a *Kiket szokott Ön önállóan helyettesíteni?* kérdésből adódóakat a  $H_2$  kapcsolati halmaz tartalmazza, utóbbi fordított irányultsággal. Hasonlóan *Az Ön véleménye szerint, kik képesek Önt önállóan helyettesíteni?* kérdésből adódó kapcsolatokat a  $H_3$ , és *Az Ön véleménye szerint, Ön kiket képes önállóan*

*helyettesíteni?* kérdésből adódóakat pedig a  $H_4$  helyettesítési kapcsolati halmazok tartalmazzák, utóbbi halmaz esetében is fordított irányultsággal.

#### 4.1.6 A valós helyettesítési hasonlóság mutató

Az egyes helyettesítési kapcsolati halmazok kvantitatív összehasonlításához a Jaccard koefficienset használom [101]. A Jaccard koefficiens két halmaz ( $A$  és  $B$ ) hasonlóságát méri oly módon, hogy a két halmaz metszetének számosságát viszonyítja a két halmaz uniójának számosságához.

$$J_{(A,B)} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (25)$$

Két hálózat összehasonlítása esetén a Jaccard koefficiens 0 értéke azt jelenti, hogy a két kapcsolati halmazban egyetlen azonos kapcsolat sem található, 1-es érték esetén pedig a két halmaz kapcsolati elemei teljesen azonosak. Működésbiztonsági szempontból ezt úgy értelmezem, hogy minél kisebb két helyettesítési kapcsolati halmaz Jaccard koefficiense, annál több ellentmondást tartalmaz a válaszadók véleménye a helyettesítési rendről.

Módszeremben olyan hálózat alapú működésbiztonsági mutatókat hoztam létre, amik a helyettesítési réteghálózat egyes alrétegeinek kapcsolati halmazait hasonlítják össze. A  $H_1$  és a  $H_2$  kapcsolati halmazok a valós helyettesítési rendszerben létező tényleges helyettesítési kapcsolatokat tartalmazzák. E két halmaz Jaccardoefficiense alkalmas a valós helyettesítési rendszer ellentmondásosságának mérésére. Ezt a mutatót **valós helyettesítési hasonlóság** mutatónak neveztem el (Jele:  $S_h$ ).

$$S_h = \frac{|H_1 \cap H_2|}{|H_1 \cup H_2|} \quad 0 \leq S_h \leq 1 \quad (26)$$

Minél kisebb az  $S_h$  értéke, az emberek annál ellentmondásosabban ítélik meg, hogy a valóságban ki, kit szokott helyettesíteni. A tényleges helyettesítési kapcsolatok ismerete közvetlenül összefügg a működési folyamatok elvégzésének biztonságával, mert működési kockázatot jelent, ha a szervezet tagjai különböző módon ítélik meg a helyettesítési kapcsolatokat. Ezért a valós helyettesítési hasonlóság egy működésbiztonsági mutató, amivel egy adott szervezet helyettesítési rendszerében lévő ellentmondásosság számszerűen mérhető.

#### 4.1.7 Az elméleti helyettesíthetőségi hasonlóság mutató

A helyettesítési kapcsolati halmazok hasonlóságán alapuló másik működésbiztonsági mutató, amit kutatásomban létrehoztam, az **elméleti helyettesítési hasonlóság** (Jele:  $S_e$ ). Ez a mutató a szervezet tagjai által lehetségesnek tartott helyettesítési kapcsolatokra vonatkozó azonos véleményeit hasonlítja össze a szakmai kompetenciákból adódó lehetséges maximális helyettesítési kapcsolatokkal. Az azonos véleményt a  $H_3$  és a  $H_4$  kapcsolati halmazok metszete adja meg. Mivel a hozzájuk tartozó kérdések egymásnak kontrollkérdései, így metszetükben csak olyan valós és lehetséges helyettesítési kapcsolatok vannak, amiket a helyettesítendő és a helyettesítő személy is megjelölt, tehát ezek a kapcsolatok azonos véleményt tükröznek. Az előző fejezetben bemutatott kompetencia alapú hálózati vetületből adódó  $K$  kapcsolati halmaz pedig a közös kompetenciák alapján, az elméletileg maximálisan lehetséges helyettesítési kapcsolatokat tartalmazza. Az  $S_e$  elméleti helyettesítési hasonlóság mutató a szervezet tagjai által lehetségesnek tartott helyettesítési kapcsolatok halmazát hasonlítja össze a kompetencia alapú hálózati vetület maximálisan lehetséges  $K$  kapcsolati halmazával.

$$S_e = \frac{|H_3 \cap H_4|}{|K|} \quad (27)$$

Az  $S_e$  elméleti helyettesítési hasonlóság megmutatja, hogy milyen jellegű és milyen mértékű eltérés van a lehetséges helyettesítési kapcsolatok és a szakmai kompetenciákból következő lehetséges maximális helyettesítési kapcsolatok között. Amennyiben  $S_e > 1$ , a szervezet tagjai valójában több szakmai kompetenciával rendelkeznek, mint amit a kompetencia mátrixban rögzítettek.  $S_e = 1$  esetén a lehetséges helyettesítési kapcsolatok teljesen azonosak a kompetencia alapú hálózati vetületből következő lehetséges maximális helyettesítési kapcsolatokkal, tehát a szervezetben maximálisan kihasználják a szakmai kompetenciákból adódó helyettesítési lehetőségeket. Abban az esetben, amikor  $0 \leq S_e \leq 1$ , a szakmai kompetenciákból adódó helyettesítési lehetőségeket nem használják ki maximálisan.  $S_e = 0$  esetén a valós és a szakmai kompetenciákból következő helyettesítések teljesen eltérnek egymástól. Bár matematikai szempontból lehetséges, hogy  $S_e = 0$  legyen, a valóságban ez teljes működésképtelenséget jelentene. Ez esetben ugyanis egyetlen helyettesítő sem lenne képes elvégezni a helyettesített munkáját, hiszen nem rendelkezik az ehhez szükséges szakmai kompetenciával. Az  $S_e$  elméleti helyettesítési hasonlóság mutató tehát megmutatja, hogy milyen mértékben használják ki a szakmai kompetenciákból



adódó helyettesítési lehetőségeket. Az a szervezet, amelynek nagyobb az  $S_e$  elméleti helyettesítési hasonlósági értéke, nagyobb biztonsággal képes megoldani a helyettesítéseket, ezért az elméleti helyettesítési hasonlóság mutató a szervezeti kapcsolati hálóban egy működésbiztonsági mutató.

#### 4.1.8 A helyettes-nélküliek mutató

A helyettesítési réteghálózatban értelmeztem egy fokszám alapú működésbiztonsági mutatót, ami azonosítja azokat a személyeket, akiket senki sem szokott helyettesíteni. Ez a mutató nem azonos a kompetencia-monopól mutatóval ezért **helyettes-nélküliek** mutatónak neveztem el. A kompetencia-monopól mutató azokat a személyeket mutatja meg, akik valamely kompetenciával kizárólagosan rendelkeznek a szervezetben, míg a helyettes-nélküliek mutató azokat a személyeket is azonosítja, akik nem kizárólagosan rendelkeznek valamely szakmai kompetenciával. Tehát lehetséges lenne őket helyettesíteni, de a gyakorlatban mégsem helyettesíti őket senki. A helyettesítési rend ebből adódó ellentmondásossága működésbiztonsági kockázatot jelent, mivel a gyakorlatban lecsökkenti az elméletileg lehetséges maximális helyettesítési kapcsolatok számát.

A helyettes-nélküliek meghatározásához a  $H_1$  és a  $H_2$  kapcsolati halmazok uniójából egy irányított hálózatot hoztam létre és ebben a hálózatban egy fokszám alapú elemzést végeztem. Módszeremben azért a  $H_1$  és a  $H_2$  unióját alkalmazom, mert ha akár a kérdésre, akár a hozzá tartozó kontrollkérdésre adott válaszban megjelenik két személy között a helyettesítési kapcsolat, az ösztinteségi elv alapján ezt úgy tekintem, hogy a valóságban is létezik a kapcsolat, csak valamelyik válaszadó megfeledezett róla.

Az elemzés során meghatározom, hogy a hálózatban mely csomópontok be-fokszám nulla, azaz mely  $i$  csomópontok esetén igaz, hogy  $k_i^{be} = 0$ . A ki-fokszám is használható lenne mutatóként, de kutatásomban a helyettesítési kapcsolatok iránya a helyettesítő felől, a helyettesítendő személy felé mutat. Azoknak az embereknek, akiknek a be-fokszáma nulla, nincs önálló helyettesük, ők a helyettes-nélküliek. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy ezeket az embereket senki sem szokta önállóan helyettesíteni, ezért hiányzásuk egyes folyamatok lelassulását eredményezi. Mivel a szervezetben a működési folyamatok is egy folyamathálózat részei, ezért bármely folyamat késése működésbiztonsági kockázatot jelent.

A **valós helyettesítési hasonlóság**, az **elméleti helyettesítési hasonlóság**, valamint a **helyettes-nélküliek** olyan mutatók, amik megmutatják, hogy egy szervezet helyettesítési rendszerében mennyire tér el a szervezet tagjainak véleménye a vélt és a valós helyettesítési renddel kapcsolatban, illetve kik a helyettesítési rendszer kockázatot jelentő tagjai, ezért ezeket a mutatókat működésbiztonsági mutatókként értelmezem.

### **5.3 A tudásmegosztási réteghálózatok felépítése és működésbiztonsági mutatói**

A tudás az emberi természetben gyökerezik és valamely szakterülettel kapcsolatos rendszerezett információk birtoklását jelenti, azonban tudással nem csupán az egyén rendelkezhet, a tudás a szervezeteknek is sajátja [59]. Szeleczyk értelmezésében a tudásmenedzsment ciklus magában foglalja a technológiai folyamatokat is, és ahhoz, hogy a szervezeti tudás üzleti értéket és versenyelőnyt is adjon egy szervezet számára, a szervezeti tudás különböző formáit tudásmenedzsment keretében kell kezelni [102]. A tudásmenedzsment célja, hogy növelje a szervezet hozzáadott érték termelését és innovációs potenciálját, aminek következtében javul a szervezet versenyképessége. Az új tudás elterjedésének gyorsasága és mértéke azonban nem csak a versenyképességre, hanem a működésbiztonságára is hatással van, és a szervezet túlélésének egyik feltétele is [59].

A szervezetekben az egyének által birtokolt tudás az emberek között formális és informális kapcsolatokon keresztül kerül átadásra és ezek a kapcsolatok különböző tudásmegosztási hálózatokat alkotnak. A formális és az informális tudásmegosztási hálózatok a szervezeti kapcsolati háló réteghálózatai, mert csomópontjaik a szervezet tagjai, éleik pedig az emberek közötti tudásátadás önkéntes- és kényszerkapcsolatai. A szakmai utasítási réteghálózat formális tudásmegosztási hálózat, mert az egyének közötti kapcsolatok a szakmai hierarchiából adódó kényszerkapcsolatok. Az önkéntes tudásmegosztási, és az informális kommunikáció réteghálózatok informális hálózatok, mivel ezekben a hálózatokban a kapcsolatok kizárólag önkéntes alapon jönnek létre. Ebből adódóan a formális és informális tudásmegosztási réteghálózatok topológiai szempontból különbözőek. A szakmai utasítási réteghálózatban az explicit tudás megosztása, míg az önkéntes tudásmegosztási hálózatban a tacit tudás átadása zajlik. A tudásmegosztási réteghálózatok tulajdonságainak ismeretében modellezhető, hogy az

egyis réteghálózatokban milyen dinamikával, és milyen mértékben terjed el az új tudás a szervezet tagjai között.

A tudásmegosztási réteghálózatok feltérképezésére kérdőíves módszert dolgoztam ki, melyben az egyes réteghálózatokhoz különböző kérdések és kontrollkérdések is tartoznak. A válaszadó saját magán kívül a szervezet tetszőleges számú tagját megjelölheti, vagy üresen hagyhatja.

A szakmai utasítási réteghálózat feltérképezéséhez a *Közvetlenül ki adhat Önnek szakmai utasításokat munkavégzése során?* kérdést, illetve ennek kontrollkérdését az *Ön kinek adhat közvetlenül szakmai utasításokat munkavégzése során?* határoztam meg.

Az önkéntes tudásátadási réteghálózat esetében a *Ha Ön a munkavégzésével kapcsolatban új elméleti tudást szerez, vagy gyakorlati tapasztalatra tesz szert, kivel szokta megosztani?* illetve a *Ki szokta megosztani Önnel a munkavégzéssel kapcsolatos új elméleti tudását, vagy gyakorlati tapasztalatait?* kérdéseket definiáltam.

Az informális kommunikáció réteghálózat esetében pedig a *Ki szokta megosztani Önnel a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?* és az *Ön kivel szokta megosztani a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?* kérdéseket határoztam meg.

Módszeremben a kapott válaszok alkotják a kapcsolatpárokat. A szakmai utasítási réteghálózatban a kapcsolatokat irányítottként kezelem, mert ezek a kapcsolatok hierarchia alapú kapcsolatok, így a tudásmegosztás egyirányú folyamat. Az önkéntes tudásmegosztási és az informális kommunikációs réteghálózatok esetében a kapcsolatokat kölcsönösnek tekintem, mert bizalmi alapon jönnek létre. A kérdések és hozzájuk tartozó kontrollkérdések alapján kapott kapcsolatpárokat a helyettesítési réteghálózatnál alkalmazottal azonos módon, kérdésenként halmazokba rendezem. Ez esetben is érvényes az őszinteségi elv, mellyel azt feltételezem, hogy a válaszadók nem adnak szándékosan hamis válaszokat, de az lehetséges, hogy válaszaikban megfélekedeznek bizonyos kapcsolatokról. Az egyes normál kérdésekhez tartozó  $V_n$  és a hozzá tartozó  $V_k$  kontrollkérdés kapcsolati halmazának uniója adja meg a kérdés valós  $V_v$  kapcsolati halmazát.

$$V_n \cup V_k = V_v \quad (28)$$

Az így kapott kapcsolati halmazok adják az egyes tudásmegosztási réteghálózatok szomszédsági mátrixát, és ebből készíthető el azok gráfjai, amin olyan hálózati elemzések végezhetők, amiknek működésbiztonsági értelmezést adtam.

#### 4.1.9 A tudásterjedés modellezése

Megvizsgáltam, hogy a különböző tudásmegosztási réteghálózatokban, milyen gyorsan terjed el az új tudás. A szakmai utasítási réteghálózat struktúrájában annyi időegység alatt terjed el a teljes szervezetben az új tudás, ahány hierarchia szintje van a szakmai utasítási réteghálózatnak. Megállapítottam, hogy a szakmai utasítási réteghálózatban a tudás teljes elterjedéséhez szükséges  $T$  idő egyenes arányban van a hierarchia szintek számával, tehát

$$T = (h - 1) \cdot t \quad (29)$$

ahol  $h$  a hierarchia szintek száma,  $t$  pedig a hierarchia szintek közötti tudásátadás időegysége. Ez abból adódik, hogy a szakmai utasítási réteghálózat egy szakmai hierarchia alapon rendezett hálózat, minden kapcsolatban egyértelmű az alárendeltségi viszony, a tudás a hierarchia felső szintjétől az alacsonyabb szintek irányába áramlik, és az egyes hierarchia szinteken nincsenek keresztirányú kapcsolatok. Ebben a réteghálózatban utasítás vagy belső képzés formájában gyorsan terjed az explicit tudás, és a szervezet minden tagja a birtokába jut. A tacit tudás terjedését ebben a réteghálózatban a hierarchia szintektől független keresztirányú kapcsolatok hiánya gátolja.

A szakmai utasítási réteghálózattal szemben, az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat önkéntes kapcsolatokból áll. Stanley Milgram kísérletei [9] megmutatták, hogy az emberek közötti önkéntes kapcsolatok kis világ típusú hálózatokat eredményeznek, tehát a kényszerkapcsolatokból álló szakmai utasítási réteghálózat és az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat topológiai szempontból különbözőek. A szakmai utasítási réteghálózat egy hierarchikus skálafüggetlen hálózat, az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat pedig kis világ típusú hálózat.

Kidolgoztam egy tudásterjedési modellt, mellyel modellezhető, hogy a tudásmegosztási réteghálózatokban, milyen dinamikával terjed, és maximálisan hány emberhez jut el az új tudás [104]. A tudásterjedés modellezéshez a  $V_v$  valós kapcsolati halmazból létrehoztam a  $A_{ij}$  szomszédsági mátrixot oly módon, hogy az  $A_{ij}$  oszlopaiban szerepelnek azok a személyek, akik átadják a tudást, a sorokban pedig azok, akik átveszik. Mivel a válaszadók saját magukat nem jelölhetik meg válaszaikban, az  $A_{ij}$

mátrix főátlójában csupa 0 érték szerepel. A terjedési modellezéshez az  $A_{ij}$  szomszédsági mátrixot egy mátrixszá alakítottam át, melynek főátlójában csupa 1-es érték szerepel. Az  $A_{ij}$  szomszédsági mátrixhoz hozzáadva az  $E$  egységmátrixot, megkaptam a terjedési modell egyik elemét, a  $P_{ij}$  tranzíciós mátrixot.

$$A_{ij} + E = P_{ij} \quad (30)$$

A terjedési modell másik eleme egy  $S^t$  állapotvektor, ami azt mutatja meg, hogy egy  $t$  időpontban kik azok, akik az új tudást birtokolják. Az  $S^t$  állapotvektor elemei a szervezet  $N$  tagjának  $s_n$  állapotai, ahol  $s_n$  értéke a szerint 1 vagy 0, hogy az adott ember birtokolja-e az új tudást, vagy nem.

$$S^t = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_n \end{pmatrix} \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (31)$$

$$s_n = \begin{cases} 1 & \text{ha az } n - \text{edik személy birtokolja az új tudást} \\ 0 & \text{ha az } n - \text{edik személy nem birtokolja az új tudást} \end{cases}$$

A tudásterjedési modellben a  $P_{ij}$  tranzíciós mátrix és az  $S^t$  állapotvektor szorzata egy olyan vektort eredményez, aminek elemei nem csak 0 és 1-es értéket vehetnek fel. Ez abból adódik, hogy a tudásterjedési hálózat irányított hálózat, amiben hurkok is lehetnek. Ezért a kapott vektort a szignum függvény alkalmazásával olyan állapotvektorra alakítottam, amiben ismét csak 0 és 1-es értékek szerepelnek. Az így kapott  $S^{t+1}$  állapotvektor megmutatja, hogy a hálózatban, egy időegység elteltével kik lesznek birtokában az új tudásnak.

$$\text{sgn}(P_{ij} \cdot S^t) = S^{t+1} \quad (32)$$

A szorzási műveletet iterálva modellezhető a tudásterjedés a hálózatban. Az iterációs műveletet addig kell folytatni, amíg az új tudást birtoklók száma maximálissá válik a hálózatban, és egy újabb iteráció már nem változtatja meg az  $S^t$  állapotvektort, azaz  $S^t = S^{t+1}$  lesz.

A terjedési modellekben értelmezni kell az iterációs lépéseket [105]. Modellemben az iterációs lépések ütemezett, egyszerre lezajló tudásátadásoknak felelnek meg. Az iterációs lépéseket azonos hosszúságú időintervallumokként határoztam meg. Ezt úgy értelmezem, hogy a modellben az iterációk időtartama a szervezetre jellemző átlagos

tudásátadási időtartammal azonos, és a tudás maximális elterjedéséhez szükséges idő az ehhez szükséges iterációk számával arányos. Természetesen a valóságban nem ütemezetten és nem egyszerre történik a tudás átadása, mert az időintervallum, amin belül biztosan megvalósul két személy között a tudásátadás, kapcsolatonként különböző. Egy szervezetben az egyes kapcsolatok egyéni tudásátadási időintervallumait több tényező is befolyásolja. Ilyenek például, hogy milyen időközönként tudnak kommunikálni egymással az egyes személyek, vagy hogy milyen szintű köztük a bizalom az új információt átadóval kapcsolatban. Egy olyan tudásterjedési modell kidolgozása, mely ezeket a paramétereket is kezeli, további kutatásom céljai között szerepel.

#### **4.1.10 A zéró-tudásbirtokosok mutató**

Az általam kialakított tudásterjedési modellel megvizsgáltam, van-e különbség a terjedés dinamikájában, ha a kiinduláskor különbözőek a tudásbirtokosok. Az egészségügyi járványmodellezésben az első fertőzötteket „zérópáciensnek” nevezik, modellemben ennek analógiájára azokat a személyeket, akik a kiindulási időpontban birtokolják az új tudást **zéró-tudásbirtokosoknak** nevezem. A tudásterjedési modell lehetőséget ad arra, hogy a szervezet optimalizálni tudja a képzési költségeket. A képzési költségkeret ismeretében meghatározható, hogy maximum hány ember képzési díját tudja kifizetni, majd a modell segítségével modellezi, hogy mely zéró-tudásbirtokosok esetében terjed el leggyorsabban az új tudás a szervezetben, és ezeket iskolázza be. Az a szervezet, amelyik ilyen képzési stratégiát követ, gyorsabban és költséghatékonyabban tudja elterjeszteni az új tudást a szervezetben, ezzel innovációs versenyelőnyre tehet szert. Abban az esetben, amikor a működést veszélyeztető problémával áll szemben egy szervezet, valódi működésbiztonsági tényező, ha ismeri a leggyorsabb és legnagyobb mértékű tudásterjedéshez tartozó zéró-tudásbirtokosokat, mert rajtuk keresztül a probléma megoldásához szükséges új tudást gyorsabban tudja elterjeszteni a szervezetben. A tudásmegosztás eredményessége ma már a szervezetek túlélésének feltétele, nem csak egy lehetséges stratégiai opció a piaci előny megszerzéshez [59].

A tudásmenedzsment célja nem csak az, hogy az explicit tudás minél gyorsabban és minél szélesebb körben elterjedjen a szervezetben, hanem az is, hogy az explicit tudás tacit tudássá váljon [91]. Miután az explicit tudást a szervezet tagjai elkezdik alkalmazni és gyakorlati tapasztalatokra tesznek szert, ezeket a tapasztalatokat bizalmi

alapon, spontán osztják meg egymással [59]. Olyan tudást is hozzá tesznek az explicit tudáshoz, ami eredetileg nem volt része, ez által az explicit tudás továbbfejlődik és tacit tudássá válik [81]. Ez a folyamat az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban zajlik, és ebben a kapcsolati hálózatban tudásmegosztási körök is kialakulnak. Ebben a hálózatban vannak olyan csomópontok, amikből kiindulva olyan utak találhatók, melyeken vissza lehet térni a kiindulási csomópontba. A hálózatban ezek tudásmegosztási körök tapasztalati visszacsatolásként funkcionálnak, ezzel teszik lehetővé a szervezeti tudás folyamatos fejlesztését, valamint az egyéni tudás szervezeti tudássá válását. Minél több ilyen kör van az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban, annál nagyobb a tudásfejlesztés lehetősége a szervezetben. Ezeknek a köröknek működésbiztonsági jelentőségük is van. Amikor valamilyen, a működéssel összefüggő problémát kell megoldania szervezetnek, ezek a körök teszik lehetővé a gyors és többszöri visszacsatolást, és a visszacsatolások által kontrollálható, hogy az adott beavatkozás a gyakorlatban mennyire eredményes és milyen nem várt következményeket indukál.

#### **4.1.11 A pletykafészkek mutató**

Az informális kommunikációs réteghálózat nem a szakmai tudásmegosztás platformja, mégis nagy jelentőséggel bír működésbiztonsági szempontból. Ebben a réteghálózatban ugyanis javarészt bizalmas információkat osztanak meg egymással a szervezet tagjai. Vezetői szempontból lényeges, hogy ezt a kommunikációs csatornát a szervezet vezetője tudja-e kontrollálni. Ehhez ismerni kell ennek a réteghálózatnak a topológiai tulajdonságait. Szvetelszky megmutatta, hogy a szervezetekben az informális kommunikációs hálózatra az alábbi tulajdonságok jellemzőek: található benne néhány kiemelkedően nagy mennyiségű kapcsolattal rendelkező csomópont; a hálózatban csoportosulások alakulnak ki; ezeket a csoportosulásokat kevés számú csomópont köti össze egymással [62]. Ezek a tulajdonságok a Barabási-Albert féle hálózatokra jellemző topológiai tulajdonságok [27], ami azt jelenti, hogy az informális kommunikációs réteghálózat egy skálafüggetlen hálózat.

A skálafüggetlen hálózatok esetében az egyik fontos mutatószám, hogy kik a hálózatban a legnagyobb fokszámú csomópontok [106], azaz kik azok, akik a legtöbb emberrel tartanak fenn informális kommunikációs kapcsolatot. Az informális kommunikációs réteghálózatban ők a pletykafészkek. A pletykafészkek nem egyértelműen káros vagy hasznos személyek a szervezetben [93]. Amennyiben valós

információkat, nem ártó szándékkal továbbítanak, akkor nagyon hasznos elemei a szervezetnek, mert általuk képes a szervezeti kapcsolati háló hálózati szempontból relaxálni, azaz szétesztani a feszültséget. Ennek hiányában a hálózat egyes csomópontjaiban felgyülemelő feszültség akár a hálózat szétesését is eredményezhetné [46]. Természetesen, ha ártó szándékkal és valótlan információt terjesztenek, akkor hatásuk káros, ezért gátolni kell. Működésbiztonsági szempontból tehát fontos ezeknek a csomópontoknak a feltárása és beazonosítása. A hálózatban ezeknek a csomópontoknak legnagyobb a  $k_i$  fokszám centralitása. Ezek alapján meghatároztam a **pletykafészek mutatót**. Mivel az informális kommunikáció réteghálózat egy skálafüggetlen hálózat, amiben a fokszám eloszlás hatványfüggvényt követ, ezért alkalmazható a Pareto-féle 80/20-as arányú eloszlás [20]. Ennek megfelelően egy szervezetben az informális kommunikáció réteghálózatban a legnagyobb fokszámú csomópontok felső 20%-át tekintem pletykafészeknek.

#### 4.1.12 A hidak mutató

Az informális kommunikáció réteghálózatban ismerni kell azt is, hogy hány sűrűn kapcsolt közösségi csoportosulást tartalmaz. A hálózaton belüli csoportosulások feltárására több, különböző algoritmus is alkalmas. Ilyen algoritmusok például a Grivan-Newman algoritmus [107], a Ravasz algoritmus [108], vagy a különböző klikkperkolációs algoritmusok. Az átfedő csoportosulások feltárásában a Derényi és munkatársai által kidolgozott algoritmus [100] hozott áttörést. Ezzel az algoritmussal feltárhatók a sűrűn kapcsolt részgráfok. Ezeket a sűrűn kapcsolt részgráfokat informális klasztereknek nevezem. Az informális klaszterek ismeretében azonosítani lehet, hogy kik azok akik több informális klaszternek is a tagjai. Ők a **hidak**. A hidak nem rendelkeznek nagyszámú kapcsolattal, de tudásmegosztási szempontból meghatározó szerepük van, mert ők kötik össze a különböző informális klasztereket [109], és ezzel lehetőséget adnak a különböző informális klaszterek közötti tudásmegosztásra. Működésbiztonsági szempontból nagy a jelentőségük, mert a hidak kommunikációjának gátlásával akadályozni lehet bizonyos információk elterjedését, de elvesztésük az összefüggő hálózat szétesését eredményezheti. Ezek alapján a hidakat működésbiztonsági mutatónak tekintem.

A szervezet informális kommunikáció réteghálózatának ismerete lehetőséget nyújt a vezetés számára, hogy különböző kommunikáció stratégiákat alkalmazzon. A hálózat tulajdonságainak ismeretében gyorsítható, lassítható, de akár gátolható az információ



terjedése a szervezetben. Krízishelyzetben vagy a változások menedzselésében a vezető befolyásolni tudja a nem szakmai információk terjedését a szervezetben [110]. Könnyebben és gyorsabban elfogadottá tehető a szervezet tagjai számára a változás, illetve megakadályozható a valótlan tartalmú vagy negatív hatást indukáló információk széleskörű elterjedése. A szervezet informális kommunikáció réteghálózatának ismerete a biztonság területén is felhasználható, hiszen a bizalmas információk kezelésének gyakorlatában is érdemes a hálózat tulajdonságait figyelembe venni. Mivel az informális kommunikáció hálózat szimpátia alapú, ebből adódóan az emberi kapcsolatok változásával együtt változik, ezért időről időre újra fel kell térképezni a szervezetben, mert csak így kaphatunk valós képet a kapcsolatokról egy adott időpontra vonatkozóan.

#### **5.4 A hatalmi pozíciók mutatói**

Értekezésem korábban megmutattam, hogy a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrák megfeleltethetők a szervezeti kapcsolati háló réteghálózatainak. A különböző hatalmi struktúrákban a szervezet tagjai hatalmi pozícióval rendelkeznek, és ezeknek a hatalmi pozícióknak a mértéke eltérő. A hatalom függőviszonyt jelent a hatalommal bíró személy és azok között, akik felett hatalma van. Minél több réteghálózatban rendelkezik valaki hatalmi pozícióval, annál nagyobb befolyása van a szervezet működésére. A szervezeti kapcsolati háló egy multiplex hálózat, ezért a szervezet minden tagjának viselkedése hatással van a teljes szervezetre. Ebből adódóan a hatalmi pozíciók azonosítása és a hatalmi szintek mérése a szervezetben működésbiztonsági mérésekre használható.

Olyan hálózat alapú módszert dolgoztam ki, amivel azonosítani lehet a szervezet különböző hatalmi pozícióban lévő tagjait, és hatalmi pozíciójuk az egyes réteghálózatokban és a teljes szervezetben is mérhető. Módszeremben a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrákban a személyes hatalmi pozíciók méréséhez az egyes struktúrákhoz tartozó réteghálózatok hálózati elemzését alkalmaztam. A Mastenbroek-féle instrumentális hatalom a szakmai utasítási réteghálózatban, a folyamat réteghálózatban és az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban betöltött hálózati pozíciókból adódik. A hálózatban betöltött pozíció mérésére a csomópontok különböző centralitási értékeit használtam fel.

A Mastenbroek-féle instrumentális hatalmi struktúrában valósul meg a szervezeten belüli munkamegosztás és koordináció. Ebben áramlanak a szakmai információk, itt zajlik az adatszolgáltatás, a kommunikáció és a döntések is ebben a hálózatban realizálódnak [65]. Ezért ebben a struktúrában működésbiztonsági szempontból az információáramlás a kritikus jellemző. Egy hálózatban áramlási szempontból fontos jellemző, hogy egy csomóponton hány információs út halad át [111]. A hálózatokban a köztiség centralitás azt mutatja meg, hogy a hálózat bármely két csomópontja között lehetséges összes legrövidebb útból hány megy át az adott csomóponton [27]. Egy hálózatban az  $n$ -edik csomópont köztiség centralitási értéke

$$C_b(n) = \sum_{\substack{i,j,n=1 \\ i \neq j \neq n}}^N \frac{g_{ij}(n)}{g_{ij}} \quad (33)$$

ahol  $g_{ij}(n)$  az  $i$  és  $j$  csomópontok közötti legrövidebb utak száma, ami átmegy az  $n$  csomóponton,  $g_{ij}$  pedig az  $i$  és  $j$  csomópont közötti összes legrövidebb utak száma a hálózatban. A köztiség centralitás felhasználásával működésbiztonsági mutatókat alakítottam ki.

#### 4.1.13 Az instrumentális hatalmi mutató

A szervezet egy  $n$ -edik tagjának instrumentális hatalmi pozíciójának meghatározásához kialakítottam az **instrumentális hatalmi mutatót** (jele:  $P_n^{(I)}$ ). Ez egy relatív mérőszám, ami azt méri, hogy a szakmai utasítási réteghálózatban ( $R_e$ ), a folyamat réteghálózatban ( $R_f$ ) és az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban ( $R_t$ ) összesen hány legrövidebb út megy át az  $n$  csomóponton, és ezt az értéket viszonyítja a három hálózati rétegben lehetséges összes legrövidebb utak számához.

$$P_n^{(I)} = \sum_{\substack{i,j,n=1 \\ i \neq j \neq n}}^N \frac{g_{ij}^{(R_e)}(n) + g_{ij}^{(R_f)}(n) + g_{ij}^{(R_t)}(n)}{g_{ij}^{(R_e)} + g_{ij}^{(R_f)} + g_{ij}^{(R_t)}} \quad (34)$$

A nagyobb  $P_n^{(I)}$  értékkel rendelkező csomópont, erősebb instrumentális hatalmi pozícióval rendelkezik a szervezetben.

#### 4.1.14 A szocio-emocionális hatalmi mutató

A szocio-emocionális hatalmi struktúrát az informális kommunikáció réteghálózat ( $R_i$ ) modellezi. Ebben a réteghálózatban a hatalmi pozíció abból fakad, hogy hány lehetséges

információs út megy át egy csomóponton. Ennek mérésére a köztiség centralitást (35) használtam, de működésbiztonsági értelmezést adtam neki, és **szocio-emocionális hatalmi mutató**nak (jele:  $P_n^{(SZ)}$ ) neveztem el Ezek alapján az  $n$ -edik csomóponthoz tartozó **szocio-emocionális hatalmi mutató** (jele:  $P_n^{(SZ)}$ ) értékét az alábbi módon határoztam meg:

$$P_n^{(SZ)} = \sum_{\substack{i,j,n=1 \\ i \neq j \neq n}}^N \frac{g_{ij}^{(R_i)}(n)}{g_{ij}^{(R_i)}} \quad (35)$$

Egy szervezetben a nagyobb  $P_n^{(SZ)}$  értékű csomópont erősebb szocio-emocionális hatalmi pozícióval rendelkezik.

#### 4.1.15 A hatalmi függőségi mutató

A Mastenbroek-féle hatalmi és függőségi struktúrához, a pozíció alapú függelmi réteghálózat ( $R_p$ ), a szakmai utasítási réteghálózat ( $R_u$ ) és a helyettesítési réteghálózat ( $R_h$ ) tartozik. Mindhárom réteghálózat hierarchikus, kapcsolataik irányítottak, ezért ezekben a hálózatokban a nagyobb foksám centralitás jelenti a nagyobb hatalmat. A szervezet egy  $n$ -edik tagjához tartozó hatalmi függőségi pozíció méréséhez egy relatív mutatót alakítottam ki. A mutató egy adott csomópontnak a fenti három réteghálózatban mérhető foksámainak összegét viszonyítja a három réteghálózatban összesen lehetséges maximális foksámához. A **hatalmi függőségi mutató** (jele:  $P_n^{(HF)}$ )

$$P_n^{(HF)} = \frac{1}{3} \frac{k_n^{(R_p)} + k_n^{(R_u)} + k_n^{(R_h)}}{N - 1} \quad (36)$$

A nagyobb  $P_n^{(T)}$  értékű csomópont, erősebb hatalmi pozícióval rendelkezik a szervezetben.

#### 4.1.16 A tárgyalási hatalmi mutató

A Mastenbroek-féle tárgyalási hatalmi pozíció négy réteghálózatból adódik össze. A pozícióból adódó hatalmi réteghálózat ( $R_p$ ) és a szakmai utasítási réteghálózat ( $R_u$ ) esetében a relatív foksám centralitás értékeket, az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat ( $R_t$ ) és az informális kommunikáció réteghálózat ( $R_i$ ) esetében pedig a köztiség centralitás értékeket alkalmazom, hogy megkapjam a szervezet egy tagjának

Matenbroek-féle tárgyalási hatalmi pozícióját. Mindkét esetben relatív mutatókat használok. Az általam kialakított **tárgyalási hatalmi mutató** ( $P_n^{(T)}$ ):

$$(P_n^{(T)}) = \frac{1}{2} \frac{k_n^{(Rp)} + k_n^{(Ru)}}{N - 1} + \sum_{\substack{i,j,n=1 \\ i \neq j \neq n}}^N \frac{g_{ij}^{(Rt)}(n) + g_{ij}^{(Ri)}(n)}{g_{ij}^{(Rt)} + g_{ij}^{(Ri)}} \quad (37)$$

A nagyobb  $P_n^{(T)}$  értékű csomópont, erősebb tárgyalási hatalmi pozícióval rendelkezik a szervezetben.

Az általam kialakított hatalmi mutatókkal mérhetők a szervezet tagjainak Mastenbroek-féle hatalmi pozíciói. Mivel egy szervezetben a nagyobb hatalmi pozícióval rendelkező személyek közvetve vagy közvetlenül hatással vannak a szervezet folyamatainak működtetésére és teljesítményére, ezért az általam kialakított hatalmi mutatókat működésbiztonsági mutatóként értelmeztem.

## 5.5 Összefoglalás

Ebben a fejezetben ismertettem, hogyan lehet felmérni az egyes szervezeti kapcsolati háló réteghálózatait és milyen működésbiztonsági elemzéseket lehet végezni azokon. Bemutattam hogyan lehet a szervezet működési folyamatait a korábbi folyamatcentrikus modellezés helyett emberi kapcsolatokkal modellezni, ezzel lehetővé tettem, hogy a folyamat réteghálózatot a multiplex szervezeti kapcsolati háló egyik réteghálózatoként lehessen kezelni. A folyamat réteghálózatban definiáltam az egyes folyamatokhoz tartozó egyedi folyamat-hálózatokat, amik együttesen alkotják a folyamat réteghálózatot. A hálózattudományban használt fokszámeloszlást működésbiztonsági mutatóként értelmeztem, mint a folyamat réteghálózat kompetenciaeloszlása. Bemutattam, hogy páros gráf alkalmazásával, hogyan lehet meghatározni a több kompetenciával rendelkező embereket. Ezt a mutatót multifunkcionális személyek mutatójának neveztem el, és működésbiztonsági mutatóként értelmeztem. Megmutattam, hogy ugyanezzel a módszerrel feltárhatók azok a személyek is, akik kizárólagosan rendelkeznek egy szakmai kompetenciával. Ezt a mutatót kompetencia-monopól személyeknek neveztem el, és működésbiztonsági mutatóként értelmeztem.

Meghatároztam, hogy a helyettesítési réteghálózatot hogyan lehet feltérképezni egy szervezetben. Megmutattam, hogyan lehet a helyettesítési rendszerben rejlő

ellentmondásokat feltárni a Jaccard-féle hasonlósági elemzéssel. Definiáltam a valós helyettesítési hasonlóság, az elméleti helyettesítési hasonlóság, működésbiztonsági mutatókat. Megmutattam, hogy a helyettesítési réteghálózatban fokszámelemzést alkalmazva azonosíthatók, akiknek nincs helyettese a szervezetben. Mivel ezek az emberek működésbiztonsági kockázatot hordoznak, ezt a mutatót működésbiztonsági mutatóként értelmeztem, és helyettes-nélküliek mutatónak neveztem el.

Kialakítottam egy hálózat alapú tudásterjedési modellt, amivel az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban modellezni lehet a tudásterjedést különböző zéró-tudásbirtokosok esetén.

Az informális kommunikáció réteghálózatban foksámcentralitási elemzést alkalmazva meghatároztam a pletykafészek mutatót, amit működésbiztonsági mutatóként értelmeztem. Topológiai elemzéssel azonosítottam az informális kommunikáció réteghálózatban azokat a személyeket, akik a különböző informális klasztereket összekötik a szervezetben. Ezt a mutatót hidaknak neveztem el, és működésbiztonsági mutatóként értelmeztem.

A különböző réteghálózatokat megfeleltettem a Mastenbroek-féle hatalmi struktúráknak. Foksámcentralitás és köztiség centralitás felhasználásával olyan működésbiztonsági mutatókat alakítottam ki, amikkel mérhető a szervezet tagjainak különböző típusú hatalmi pozíciója. Az általam kialakított hatalmi mutatók: instrumentális hatalmi mutató, szocio-emocionális hatalmi mutató, hatalmi függőségi mutató, tárgyalási hatalmi mutató.

**A fentiek alapján bizonyítottam a H4 hipotézisemet, mely szerint a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataiban gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel működésbiztonsági elemzések végezhetőek.**

## 6 ELLÁTÁSI LÁNCOK ZAVARTÚRÓ KÉPESSÉGE

Ma már nem tekinthetünk úgy a szervezetekre, mint független, különálló és saját stratégiát folytató szervezetekre, amelyek egymással elszigetelt tranzakciókat folytatnak [112]. A vezetők döntései nem csak saját szervezeteikben fejtenek ki hatásokat. A szervezetek közötti kapcsolatok miatt ezek a hatások tovább terjednek és hatással vannak más szervezetek stratégiai és taktikai döntéseire is. Olyan üzleti hálózatban kell gondolkodnunk, ami egymástól kölcsönösen függő szervezetekből és a köztük létrejövő többszintű kapcsolatok rendszeréből áll [113]. A piaci kapcsolatok erősségét meghatározza a szervezetek közötti emberi kapcsolatok száma [114]. Kutatásomban azt a célt tűztem ki, hogy megmutassam, a szervezeti kapcsolati háló kiterjeszhető a szervezetközi kapcsolatokra is. Azok a szervezetek, amelyek az ellátási láncban a hagyományos soros kapcsolódás helyett, többszintű, párhuzamos kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncot alakítanak ki üzleti partnereikkel, képesek együttesen növelni működésbiztonságukat.

### 6.1 Az ellátási lánc hálózati modellezése

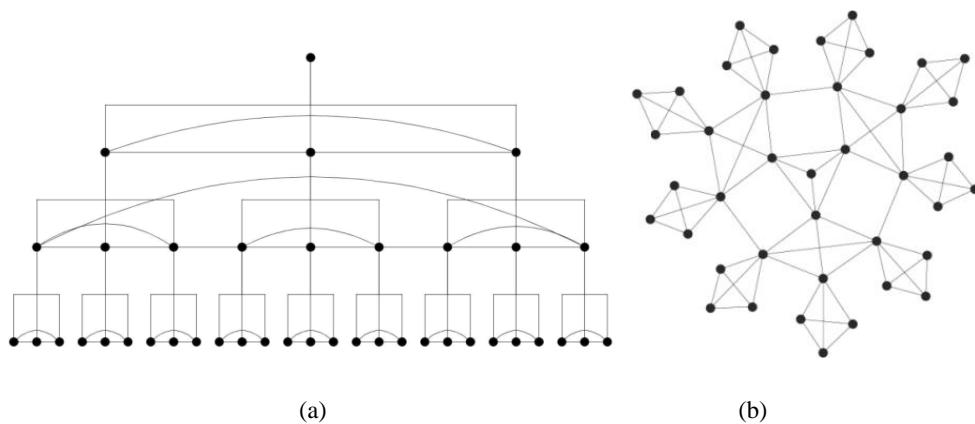
Létrehoztam egy három szervezetből álló ellátási lánc modellt, és megvizsgáltam a különböző szinten és mértékben kapcsolt ellátási láncok zavartűrő képességét valamint tudásmegosztási tulajdonságait. Ennek során hálózatelemzési módszerekkel vizsgáltam, hogy a különböző kapcsoltságú ellátási láncok:

- milyen topológiai tulajdonságokkal rendelkeznek,
- mennyire ellenállóak a véletlen zavarokkal illetve a célzott támadásokkal szemben.

Definiáltam egy kisméretű szervezetekre jellemző strukturális tulajdonságokkal rendelkező alapmodellt, majd három alapmodellből egy ellátási lánc modellt állítottam össze. Megvizsgáltam a különböző kapcsoltságú ellátási lánc modellek topológiai tulajdonságait, a véletlen zavarok és a szándékos támadások hatásait, továbbá a szervezetközi tudásterjedés dinamikáját.

Egy negyvenfős, kisméretű szervezeti alapmodellt alakítottam ki. Azért ezt a méretet választottam, mert ez lehetővé teszi, hogy egy három szervezetből kialakított ellátási lánc mérete a Dunbar-féle határon belül maradjon, amiben még minden ember ismerheti egymást személyesen is [56]. Hill és Dunbar megközelítése szerint munkatársaink és közeli ismerőseink száma nagyjából harmincöt főre tehető, és körülbelül százötven fő az, akit képesek vagyunk valamilyen formában megjegyezni. Ezek a határok a csoport tagjainak egymással való viselkedési jellegét is meghatározzák [46]. Strukturális szempontból a modell egy négy szinttel rendelkező, hierarchikus szervezetet modellez. Első lépésben, a hálózatban egy csomóponthoz három új csomópontot kapcsoltam, majd minden további lépésben a már meglévő csomópontokhoz három újabbat. Ez egy olyan strukturális modell, amiben minden vezetőnek csak egyetlen közvetlen felettese és három közvetlen beosztottja van. A tisztán lineáris szervezeti struktúra ma már ritka, a szervezetekre a funkcionális szervezeti struktúra a jellemző, amiben az egyes hierarchikus szinteken horizontális kapcsolatok is megengedettek. Ezt úgy jelenítettem meg a modellben, hogy a második hierarchia szinten teljes a horizontális kapcsoltság, a harmadik szinten részleges, a negyedik szinten pedig lokálisan teljes. Utóbbi azt jelenti, hogy szakmai szinten a lokális csoportok tagjai között teljes, de az egyes lokális csoportok között nincs közvetlen kapcsolat.

A modellben a hálózati csomópontok szimbolizálják az embereket, az élek pedig a köztük lévő rendszeres, napi munkavégzéssel kapcsolatos szakmai kommunikációs kapcsolatokat. A modellemben a napi szakmai kommunikációt kölcsönösnek, a felek közötti kommunikációt kétirányúnak tekintem, ezért irányítatlan gráfokat alkalmaztam. A 26.a ábrán látható az általam kialakított szervezeti alapmodell, a 26.b ábrán pedig annak gráfizomorf transzformációja, mely az alapmodellel azonos számú csomópontot, és a köztük lévő kapcsolatokkal azonos kapcsolatokat tartalmaz [115]. A 26.b ábrán látható gráfot alkalmaztam a vizuális megjelenítéshez, mert így az ellátási lánc modellben jobban láthatóak a szervezeten belüli kapcsolatok.



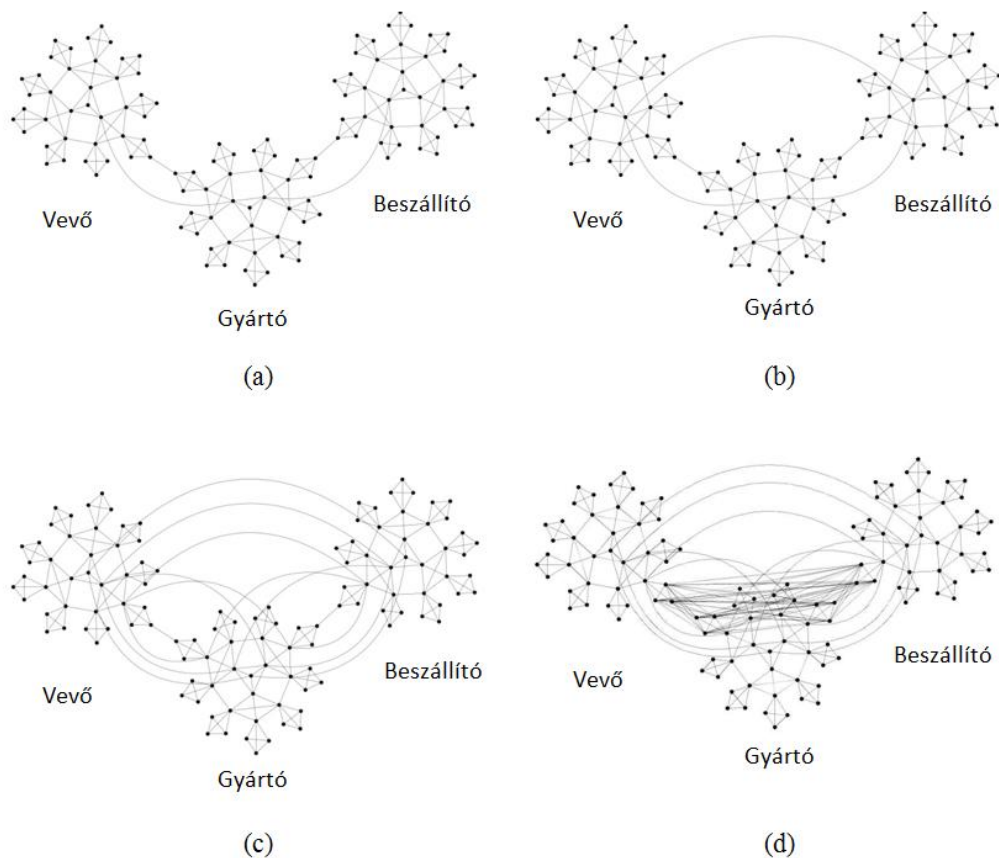
26. ábra A szervezeti alapmodell (a) és annak gráfizomorf leképezése (b). (Forrás: saját ábra)

Az alapmodell felhasználásával alakítottam ki a különböző ellátási lánc modelleket oly módon, hogy a beszállítót, a gyártót és a vevőt szimbolizáló hálózatok is a szervezeti alapmodellel megegyezők. A vizsgálat során négy különböző jellegű szervezetközi kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncot modelleztem.

Az általam **tradicionális ellátási láncnak** nevezett hálózati modellben csak két kapcsolatot hoztam létre a beszállító és a gyártó között, valamint szintén két kapcsolatot a gyártó és a vevő között. Egy kapcsolat van ágazatvezetői szinteken és egy az ágazat értékesítő/vevő kapcsolati szintjén (27.a ábra).

Kialakítottam egy második ellátási lánc modellt, melyben a vevő és a beszállító ágazatvezetői között is létrehoztam egy kapcsolatot. Ezzel egy olyan ellátási láncot modelleztem, amiben a vevő, a gyártó és a beszállító ágazatvezetői is közvetlen kapcsolatban állnak egymással (27.b ábra). Ebben a modellben az érintett ágazatvezetők közösen és közvetlenül egyeztetetik egymással a termékkel kapcsolatos igényeiket, problémáikat. Ezt az ellátási lánc modellt **taktikai szintű ellátási láncnak** nevezem.





27. ábra A különböző ellátási láncok hálózati modelljei. (Forrás: saját ábra)

Tovább növelve a kapcsolatok számát egy stratégiai szintű együttműködési modellt hoztam létre, amiben a szervezetek között, a taktikai szintű ellátási lánc kapcsolatain felül, a csoportvezetői és a felsővezetői szinten is megvalósul a szervezetek közötti kapcsoltság. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a csoportvezetők és a felsővezetők is teamet alkotnak, így nem csak közvetlenül a termékkel kapcsolatos kommunikáció zajlik az ellátási láncban, hanem összehangolt piaci stratégiai egyeztetések és döntések is megjelennek (27.c ábra), tehát magasabb szinten is létrejön az együttműködés. Ezt az ellátási lánc modellt **stratégiai szintű ellátási láncnak** nevezem. A menedzsment szakirodalomban gyakran eltérően értelmezik a stratégia, taktika és az operatív fogalmakat, valamint a hozzájuk rendelt vezetési és irányítási szinteket. Értekezésemben ezeket a fogalmakat a hadászatban alkalmazott tipológia szerint használom, mi szerint hierarchikus rendezésben a stratégia szintje alatt található a taktikai szint, és a taktikai szint alatt az operatív szint.

Végül létrehoztam egy olyan ellátási lánc modellt, amiben nem csupán vezetői szinteken valósul meg a lokális kapcsoltság, hanem az érintett ágazatok operatív

szintjén is. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy mindhárom szervezet operatív emberei is egy szoros együttműködést megvalósító szakmai csoportot alkotnak, miközben megmaradnak a vezetői szintű csoportok is (27.d ábra). Ezt az ellátási lánc modellt **teljes együttműködés szintű ellátási láncnak** nevezem. Ebben az ellátási láncban a három szervezet egyedi tudásmenedzsmentje egy közös tudásmenedzsmentté alakul. Ez azt eredményezi, hogy bármelyik szervezetben, bármely területen is jelenik meg egy új tudás - akár explicit, akár tacit tudás -, az gyorsan és nagymértékben átterjed a másik két szervezetbe is. A szervezetben az új tudás gyors elterjedése összefügg a szervezet versenyképességével [85], ezért az ilyen ellátási láncot kialakító szervezetek eredményesebben és hatékonyabban képesek reagálni a piaci változásokra.

## 6.2 Az ellátási lánc modellek hálózati tulajdonságai

Megvizsgáltam a különböző ellátási lánc modellek hálózati tulajdonságait. A vizsgálatot a Gephi hálózatrajzoló és elemző szoftverrel végeztem [116], a kapott eredményeket az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat Az ellátási láncok modelljeinek hálózati jellemzői.

Ellátási lánc típusa	csomópontok száma	kapcsolatok száma	átlagos fokszám	átmérő	modularitás	átlagos úthossz	fokszámkitevő ( $\gamma$ )
tradicionális	120	247	4,1	9	0,759	5,1	3,38
taktikai szintű	120	250	4,1	7	0,755	5	3,38
stratégiai szintű	120	259	4,2	7	0,724	4,6	3,32
teljes együttműködés szintű	120	311	5,2	7	0,716	4,4	2,91

Bár a tradicionális és a taktikai szintű ellátási lánc kapcsolatszámait között csupán egyetlen kapcsolat különbség van, ez mégis nagy hatással van a hálózat átmérőjére, ettől az átmérő jelentősen lecsökken. További kapcsolatok hozzáadása viszont már nem csökkenti tovább az átmérőt. Önmagában ez az eredmény nem bizonyítja, hogy a tradicionális ellátási lánc kapcsolatainak kibővítése topológiai átalakulást eredményez, ezért megvizsgáltam, hogy a különböző ellátási láncok esetében milyen értékű a  $\gamma$  fokszámkitevő. A fokszámkitevő értékéből következtetni lehet a hálózat topológiai tulajdonságára [20]. A véletlen hálózatokban  $\gamma > 3$ , míg kis világ típusú hálózatok esetében  $2 < \gamma < 3$  érték jellemző. A kisméretű hálózatokban a különböző topológiájú hálózatok fokszámkitevői csak kis mértékben térnek el egymástól, ezért a fokszámkitevőkre kapott eredmények alapján csak a topológiai fejlődés irányát lehet

egyértelműsíteni. Ezek figyelembevételével megállapítottam, hogy a többszintű szervezetközi kapcsolatok számának növekedése, erősíti a kis világ jellegét az ellátási láncban.

Az 5. táblázatban látható, hogy az ellátási lánc modellek közül a teljes együttműködési szintű modellnek a legkisebb a hálózati modularitása. A modularitás egy hálózat különböző csoportjainak elkülönültségét jellemzi [20]. A modularitással mérhető, hogy egy adott hálózat mennyire tér el egy ugyanolyan fokszámeloszlású véletlen hálózattól. Az eltérés mértékéből következtetni lehet a hálózat belső csoportosulási tulajdonságaira. Minél nagyobb a modularitás értéke egy hálózatban, annál elkülönültebbek az egyes csoportok. A modellben a szervezetek közötti kapcsolatok számának növekedésével csökken a teljes ellátási lánc modularitása. A szervezeti határok, amik korábban erőteljes izolációs határt jelentettek, kezdenek egyre inkább elmosódni, aminek következtében a három elkülönült szervezetből egy együttműködő hálózatscsoport alakul ki.

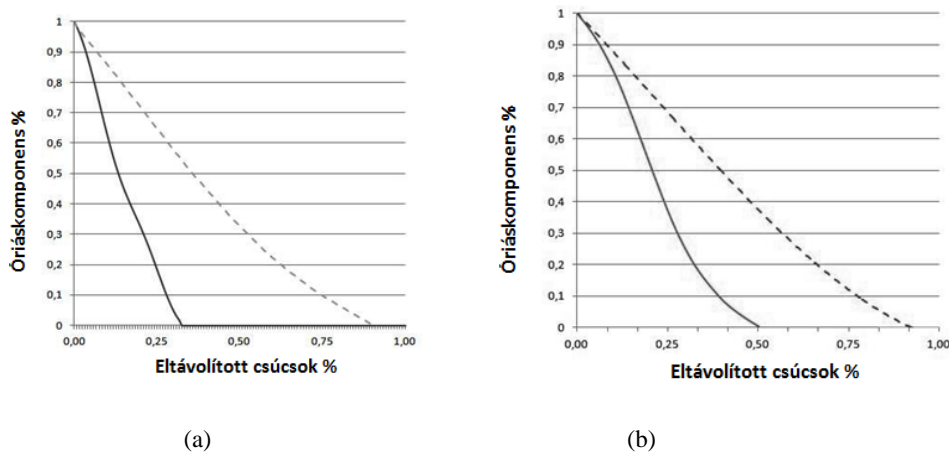
Az átlagos úthosszok legnagyobb mértékű csökkenése akkor következett be a modellben, amikor a stratégiai szintű ellátási láncban második szintű vezetői csoportok is létrejöttek. Az operatív szintű kapcsoltság már nem eredményezett ugyanekkora csökkenést, annak ellenére, hogy a legnagyobb mértékben ekkor nőtt a kapcsolatok száma. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a felső vezetők stratégiai szintű együttműködése szükséges ahhoz, hogy a szervezetscsoportban létrejöjjön a közös tudásmenedzsment, ami elősegíti a piaci változásokra történő gyors reagálást.

### **6.3 Az ellátási láncok robusztussági vizsgálata**

Megvizsgáltam, hogy a tradicionális és a teljes együttműködési ellátási láncok mennyire ellenállók a véletlen meghibásodásokkal és a célzott támadásokkal szemben. A robusztussági elemzés a véletlenszerűen egy időben kieső csomópontok hatását vizsgálja. Véletlen hálózati meghibásodásként értelmezhető például egy országos egészségügyi járvány [20], és célzott támadásként jelentkezik, ha egy konkurens szervezet célzottan csábítja át magához a szervezet különleges tudással rendelkező tagjait.

Egy szervezetben a hiányzások esetén a helyettesítési rendszer teszi lehetővé a működésképeség fenntartását. A helyettesítés feltétele, hogy a helyettesítő személy vagy személyek, képesek legyenek ellátni a hiányzó feladatait. A robusztussági elemzés elvégezhetőségéért a modellemben azzal a feltételezéssel éltem, hogy a szervezet tetszőleges számú hiányzót képes helyettesíteni. A valóságban ez nem valós feltétel, de a modellben alkalmazhatónak tartom, mert a vizsgálatom célja nem egy valós szervezet modellezése, hanem a különböző típusú topológiai tulajdonságú ellátási láncok robusztussági különbségeinek megmutatása.

Az elemzést a Newman-féle robusztusság vizsgálattal végeztem [38]. Azt vizsgáltam, hogy az eltávolított csomópontok függvényében hogyan változik a hálózatokban az óriáskomponens, vagyis a hálózat legnagyobb összefüggő részhálózatának mérete. A véletlen hibákkal szembeni ellenálló képesség vizsgálata során a hálózatból véletlenszerű sorrendben távolítottam el a csomópontokat. A célzott támadásokkal szembeni ellenálló képesség vizsgálatakor először meghatároztam az egyes csúcspontok fokszámcentralitását, majd a legnagyobb centralitású csúccsal kezdve, sorban eltávolítottam a csúcspontokat, csökkenő centralitási sorrendben. A csomópontok eltávolítását addig folytattam, míg a hálózatok kapcsolat nélküli csomópontokra estek szét. A vizsgálatot mindkét esetben száz alkalommal végeztem el, és az egyes lépések eredményeinek átlagából kapott görbéket hasonlítottam össze.



28. ábra A tradicionális (a) és teljes együttműködésű ellátási lánc (b) robusztussági görbéi.

(Forrás: saját ábra)

A 28. ábrán látható az a tradicionális és az operatív ellátási láncok robusztussági vizsgálatának eredményei. Szaggatott vonallal a véletlen hibákkal szembeni, folytonos

vonallal a célzott támadásokkal szembeni ellenálló képesség jellege látható. Látszik, hogy mindkét ellátási lánc ellenállóbb a véletlen meghibásodásokkal szemben, mint a célzott támadásokkal szemben, de a teljes együttműködésű ellátási lánc célzott támadásokhoz tartozó robosztussági görbéje jobban közelít a véletlen zavarokhoz tartozó robosztussági görbéhez. Működésbiztonsági szempontjából az a cél egy hálózatban, hogy a véletlen zavarokhoz tartozó robosztussági görbe minél jobban közelítsen a célzott támadásokkal szembeni robosztussági görbéhez [117].

**Modellezési eredményeimmel bizonyítottam a H4 hipotézisemet, mi szerint a párhuzamos, többszintű szervezeti kapcsolatokból álló ellátási láncok zavartűrő képessége nagyobb az egyszintű, soros kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncokénál.**

## **6.4 Összefoglalás**

Ebben a fejezetben az ellátási láncokat szervezetek közötti szervezeti kapcsolati hálóként értelmeztem, és kialakítottam egy hálózati modellt, amivel a különböző kapcsolati szinttel rendelkező ellátási lánc típusok modellezhetők. Az általam kialakított hálózati modellekben megvizsgáltam a hálózatok jellemző mutatóit és azok alapján összehasonlítottam a különböző ellátási láncok kvantitatív és topológiai tulajdonságait. Robosztussági elemzést végeztem a tradicionális és a teljes együttműködés szintű ellátási lánc modelleken, és megállapítottam, hogy a többszintű kapcsoltság nagyobb zavartűrő képességet eredményez az ellátási láncokban.

## **7 ESETTANULMÁNY: A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ FELTÉRKÉPEZÉSE EGY SZERVEZETBEN**

Egy magyarországi szervezetben hálózattudományi módszerekkel feltérképeztem és elemeztem a szervezeti kapcsolati hálót. Azonosítottam az egyes réteghálózatokat, elkészítettem azok gráf modelljét, és topológiai, valamint kvantitatív elemzéseket végeztem azokon.

A szervezet a kutatás eredményeinek publikálásához sem a szervezet megnevezését, sem a szakmai terület megjelölését nem engedélyezte. Ezt azzal indokolta, hogy az adott szakterületen kevés a piaci szereplő, ezért a szakterület és méretének ismeretében a szervezet könnyen beazonosítható. Amennyiben a kutatás eredményeinek bemutatása a szervezet – vagy akár csak a szakterület – megnevezésével történne, annak esetleges kitudódása a versenytársait piaci előnyhöz juttathatná. Ezt tudomásul véve az esettanulmányban a szervezet nevét nem említem.

### **7.1 A szervezet bemutatása**

A szervezet a vizsgálat időpontjában egy a nemzetközi piacon is jelen levő külföldi anyaszervezetnek, a magyarországi divíziójaként működött, és több mint húsz éve végezte tevékenységét a magyar piacon. Országos irodahálózattal rendelkezett és a kutatás idejében Magyarországon piacvezetőnek számított. Jó minőségű és nagy mennyiségű infrastrukturális erőforrással rendelkezett, alkalmazottai magasan képzettek és komoly piaci tapasztalatokkal rendelkeztek. A szervezetnek a kutatás időpontjában 147 alkalmazottja volt, ebből 3 személy több éves időtartamú távolléten volt, így a kutatásban 144 fő vett részt.

A szervezet alapvető szervezeti struktúráját a szakmai diverzifikáció határozta meg, de mivel az egyes szolgáltatásokat projektszerűen kellett megvalósítani, a funkcionális szervezeti struktúrák mellett egy gyenge-mátrix struktúra [118] is jelen volt a szervezeti struktúrában. A szervezeti kultúrát a Handy-féle tipológia szerinti hatalom-kultúra jellemezte [57], ami a szervezetben lokálisan és globálisan is érvényesült. A döntések jellemzően fa típusú döntési struktúrában születtek, ez összhangban volt a kialakult funkcionális szervezeti struktúrával és hatalom-kultúrával.

Bár a működési folyamatok szabályozottak voltak, és auditált minőségirányítási rendszer is működött a szervezetben, nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. A nyári szabadságolási időszakban a folyamatok gyakorta lelassultak, illetve nem megfelelően futottak le, ami több esetben is vevői reklamációkat eredményezett. A szoros piaci verseny miatt azonban ez nem volt megengedhető, mert a tevékenység jellegéből adódóan a teljesítési késedelem azt eredményezi, hogy a vevők azonnal egy másik szervezethez kénytelenek fordulni igényeikkel, nehogy ők is késedelembe essenek.

A szervezet mindent megtett annak érdekében, hogy a működés során a folyamatok ne késsenek, ezért nagy hangsúlyt fektetett a munkatársak képzésébe. A vezetők és menedzserek számára folyamatosan külső képzéseket szerveztek, melyeket elismert tanácsadócégek tartottak. A munkavállalók részére évente több alkalommal is többnapos csapatépítő tréninget tartottak, amiket szintén professzionális tanácsadó cégekkel valósítottak meg. Mindezek ellenére az új tudás mégsem terjedt el széleskörűen a szervezet tagjai között, és a működést veszélyeztető hibák sem szűntek meg. Létezett szakmai tudásmegosztás, de ennek a belső tudásátadási hálózatnak a struktúrája nem követte sem a függelmi, sem a szakmai hierarchia struktúráját, hanem egy bizalmi alapon kialakult rejtett struktúrán terjedt a tudás.

A szervezet vezetése a fenti problémákat érzékelte, és azok valós okainak feltárása érdekében engedélyezte a szervezeti kapcsolati háló feltárását és elemzését.

## **7.2 A vizsgálat menete**

A szervezeti kapcsolati háló feltérképezését névszerinti, feleletválasztós, zárt kérdésekkel készítettem. A kérdések egy része közvetlenül a munkavégzéssel összefüggő folyamatokra irányult, de egy másik része adatvédelmi szempontból érintette az emberek személyes szféráját, ezért a szervezet tagjai nyilatkoztak arról, hogy részt kívánnak-e venni a felmérésben. A szervezet minden tagja írásban nyilatkozott arról, hogy részt kíván venni a felmérésben, és hogy a teljes anonimizálás mellett hozzájárul személyes válaszainak feldolgozásához a kutatás során. A felmérést szerződés keretében egy külső szervezet végezte, a szerződésében rögzítve lett, hogy az anonimitást olyan szinten kell megoldani, hogy a nem közvetlenül a munkavégzéshez

kapcsolódó kérdésekben a megbízó is csak teljesen anonimizált adatokhoz juthat hozzá.

A felméréshez a felmérést végző szervezet, az általam adott instrukciók alapján, egy web alapú szoftver fejlesztett, aminek kitöltő felületére egyéni belépési kóddal tudtak bejelentkezni a résztvevők. A szervezet tagjai az egyes kérdésekre adott válaszként, legördülő menüben választhattak a kérdésnek megfelelő számban munkatársaik közül. A kitöltés megszakítható volt, megszakítás esetén a már kitöltött adatok megőrződtek és következő belépés esetén, egészen a kitöltés lezárásáig továbbra is módosíthatóak maradtak. A kitöltő felület munkahelyi és otthoni számítógépről is elérhető volt a személyes belépési kóddal. Ez a megoldás lehetővé tette, hogy a kitöltés ne kösse le egyszerre hosszú ideig a kitöltőt, és így ne akadályozza a munkavégzést.

A kitöltésre a szervezet vezetője két hét időtartamot adott a munkavállalóknak, ez lehetővé tette az egyéni ütemű kitöltést, és elegendő időt adott a kérdések megválaszolására. Néhányan ugyan kicsúsztak a határidőből, de az automatikus email-ben küldött jelzést követően azonnal kitöltötték a kérdéseket. A szoftver az egyes kérdésekre adott válaszok alapján minden kérdésre elkészítette az adott réteghálózat kapcsolati halmazát és szomszédsági mátrixát, Excel fájl formátumban. Ezekből az adatokból készítettem el az yEd hálózatrajzoló szoftverrel [119] az egyes hálózati rajzokat, a kvantitatív hálózati elemzéseket pedig a Gephi hálózatelemző szoftver [116] segítségével végeztem.

### **7.3 A vizsgálat eredményei**

A vizsgálat során a szervezet függelmi, tudásmegosztási, helyettesítési és hatalmi réteghálózatait térképeztem fel és elemeztem hálózati szempontból.

A pozíció alapú függelmi réteghálózat feltérképezését a *Ki az Ön közvetlen felettese a szervezetben?* kérdéssel végeztem. Ennél a kérdésnél nem alkalmaztam kontrollkérdést, mert tapasztalataim szerint egy szervezetben a pozíció alapú függelmi hierarchiával mindenki pontosan tisztában van, és tudja, hogy ki a közvetlen felettese. A szakmai utasítási réteghálózat feltérképezéséhez a *Közvetlenül ki adhat Önnek szakmai utasításokat munkavégzése során?* kérdést, illetve az *Ön kinek adhat közvetlenül szakmai utasítást munkavégzése során?* kontrollkérdést használtam.



A szakmai utasítási réteghálózat feltérképezéséhez a *Közvetlenül ki adhat Önnek szakmai utasításokat munkavégzése során?* kérdést, illetve az *Ön kinek adhat közvetlenül szakmai utasításokat munkavégzése során?* kontrollkérdést alkalmaztam.

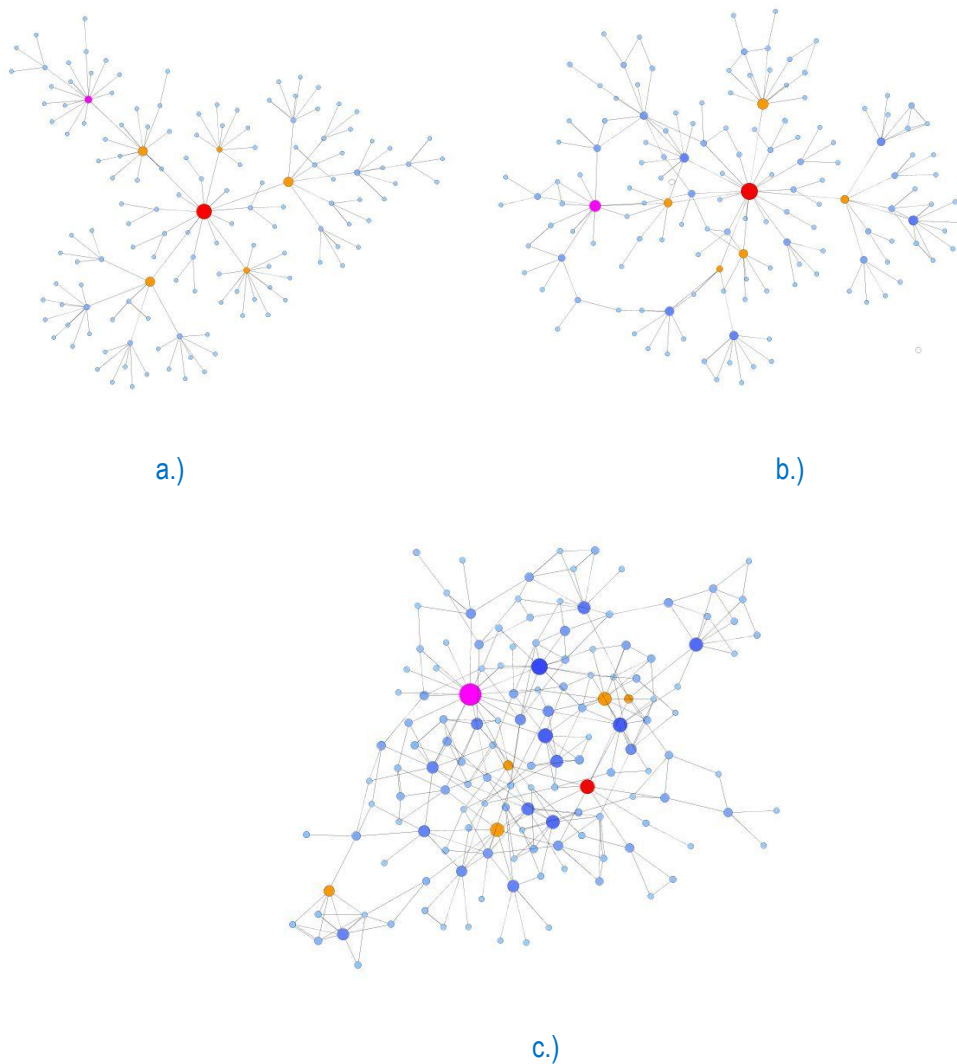
Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat esetében, a *Ha Ön a munkavégzésével kapcsolatban új elméleti tudást szerez, vagy gyakorlati tapasztalatra tesz szert, kivel szokta megosztani?* illetve kontrollkérdésként a *Ki szokta megosztani Önnel a munkavégzéssel kapcsolatos új elméleti tudását, vagy gyakorlati tapasztalatait?* kérdéseket definiáltam.

Az informális kommunikáció réteghálózat esetében pedig a *Ki szokott megosztani Önnel a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?* és az *Ön kivel szokta megosztani a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?* kérdéseket határoztam meg.

Az egyes kérdésekre adott válaszokból szomszédsági mátrixokat képeztem és ezek alapján rajzoltam fel és elemeztem a tudásmegosztási hálózatokat, a Gephi hálózatelemző szoftver segítségével. Az elemzés során vizsgáltam a különböző réteghálózatokban a csomópontok fokszámát, és azok fokszámeloszlását. Ezek segítségével tártam fel az egyes hálózatok erős és gyenge pontjait, a hálózatok topológiai tulajdonságait, valamint az egyes hálózatokban a tudásterjedési dinamikákat.

A kapott eredmények alapján megállapítottam, hogy a vizsgált szervezetben a pozíció alapú függelmi réteghálózat egy fa struktúrájú hálózat, öt hierarchia szinttel. Ez az eredmény összhangban volt a vizsgált szervezet működési szabályzatában szereplő szervezeti struktúrával. Ebben a hálózatban tudásmegosztási szempontból a stratégiai információk megosztása és a működéssel kapcsolatos vezetői utasítások megosztása zajlik. Az ilyen jellegű tudás megosztására ennek a hálózatnak a topológiai tulajdonságai megfelelőek, a vizsgált szervezetben maximum öt lépés szükséges ahhoz a szervezet valamennyi tagjához eljusson az információ. A szakmai utasítási réteghálózat már nem fa struktúrát mutatott, megjelentek benne keresztkapcsolatok is az ágazatok között (30.b. ábra). Ez az eredmény összhangban van a szervezetek többségére jellemző funkcionális szervezeti struktúrával [58], amiben a funkcionális szervezeti tagoltság mellett megjelennek a munkavégzéshez nélkülözhetetlen keresztkapcsolatok is. A hálózati kapcsolatalemzés kimutatta, hogy a szakmai utasítási réteghálózatban 20%-kal több kapcsolat realizálódott a munkatársak között, mint a pozíció alapú

függelmi hálózatban. A 29. ábra mutatja a pozíció alapú-, a szakmai utasítási-, és az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatokat. Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatot a 29.c ábra mutatja. A 29.a ábrán a pozíció alapú függelmi réteghálózat, a 29.b a szakmai utasítási réteghálózat, a 29.c ábrán pedig az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat. Az ábrán piros színnel jelöltem az ügyvezető igazgatót, sárga színnel az egyes területi igazgatókat. A csúcsok mérete arányos az adott hálózatban mért köztesség centralitási értékükkel.



29. ábra A különböző réteghálózatok a vizsgált szervezetben. (Forrás: saját ábra)

Jól látható, hogy a pozíció alapú- és a szakmai utasítási réteghálózatok struktúrája között csak a keresztkapcsolatokból adódik a különbség. Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózat strukturálisan teljesen eltérő mind a pozíció alapú függelmi-, mind pedig a szakmai utasítási réteghálózattól. Ebben a réteghálózatban háromszor annyi kapcsolat

van, mint a pozíció alapú függelmi réteghálózatban, és a szakmai utasítási réteghálózatban képest is több mint a kétszer annyi. A 29. ábrán az egyes embereket megjelenítő csomópontok mérete arányos relatív közöttség centralitásukkal, azaz az adott hálózatban betöltött tudásmegosztás alapú központi szerepükkel. Az önkéntes tudásmegosztási hálózatban a lila színnel jelölt személy – aki nem területi vezető – rendelkezik a legnagyobb közöttség centralitási értékkel.

A 6. táblázatban szerepelnek a 29. ábrán piros, sárga és lila színnel jelölt emberek, és a hozzájuk tartozó relatív közöttség centralitási mutatóik. A legnagyobb értékkel rendelkező csomópont 1,00 értéket kapott, a többiek ehhez viszonyított kisebb értékekkel szerepelnek. A 6. táblázatban *A* az ügyvezető igazgató (a 29. ábrán piros színnel jelölve), *B*, *C*, *D*, *E*, és *F* az ágazati igazgatók (a 29. ábrán sárga színnel jelölve), *G* pedig az a munkatárs, aki folyamatosan önként osztja meg tudását (a 29. ábrán lila színnel jelölve). Valójában *Ö* az, aki a legnagyobb mértékben járul hozzá az explicit tudás tacit tudássá alakításában. *Ö* nem felsővezető, hanem egy középvezető, a pozíció alapú függelmi hierarchia harmadik szintjén. A táblázatban az 1,00 érték jelenti a legnagyobb közöttség centralitást az adott réteghálózatban, a többi érték ehhez viszonyított arányt jelöl.

6. táblázat A vizsgált emberek különböző tudásmegosztó hálózatokban mért relatív fokszám centralitása.

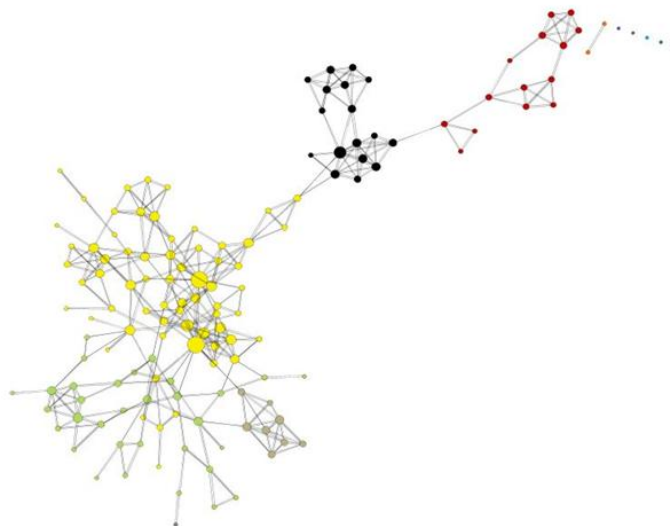
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
Pozíció alapú függelmi réteghálózat	1,00	0,50	0,20	0,45	0,48	0,13	0,29
Szakmai utasítási réteghálózat	1,00	0,30	0,50	0,30	0,15	0,35	0,55
Önkéntes tudásmegosztási réteghálózat	0,53	0,47	0,47	0,24	0,18	0,29	1,00

A 29.c. ábrán látható, hogy az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban a lila színnel jelölt *G*-n kívül több olyan személy is magasabb relatív közöttség centralitási mutatóval rendelkezik, mint az ágazatvezetők. Ők a szervezet tudásbrókerei [120]. A szakmai utasítási hálózatban *G* magasabb relatív közöttség centralitási értékkel rendelkezik (0,55), mint bármely ágazati igazgató. Ez a formális szakmai hierarchiának látszólag ellentmond, hiszen *G* nem áll magas hierarchia szinten a szervezetben. Önkéntes tudásmegosztó szerepe azonban azt eredményezi, hogy olyanok is a szakmai hierarchiában felettük állónak tekintik, akik hivatalosan nem beosztottjai. Ez az eredmény összhangban van Mintzberg véleményével [91], miszerint a középszintű

menedzserek kulcsszerepet játszanak a tudástranszferben, mert ők szintetizálják mind a szakmai emberek, mind pedig a felső vezetők tacit tudását, és elősegítik annak beépülését az új termékekbe és technológiákba.

Az informális kommunikáció a munkatársak közötti érzelmi kapcsolatokon alapul, ezért a napi informális kapcsolattartás összefügg a szimpátiakapcsolatokkal. Ez valamivel szűkebb kapcsolati rendszer, mint a Mérei-féle szociometriai hálózat [6], de a szervezeti működés szempontjából valósabb képet mutat, mivel napi kommunikációs kapcsolatokon alapul. Abból ugyanis, hogy valaki szimpatikus számunkra, még nem következik biztosan, hogy napi rendszerességgel információkat osztunk meg vele. Tehát a szimpátia szükséges, de nem elégséges feltétel az informális kommunikációs kapcsolat fennállásához két ember között.

Az eredmény azt mutatta, hogy az informális kommunikáció réteghálózat struktúrája nem követte az országos regionális strukturáltságot (30. ábra). Az ábrán a csomópontok mérete a hozzájuk tartozó fokszám centralitással arányos. A szervezet regionális tagoltsága befolyásolja ugyan az emberek közötti informális kommunikációt, de ennek ma már kisebb mértékben szab gátat a szervezet térbeli tagoltsága. A mobiltelefonok és az internetes kommunikációs platformok lehetőséget adnak az emberek számára, hogy a szimpátia alapú kapcsolataikat a térbeli tagoltságtól függetlenül fenn tudják tartani, és ez nagy hatást gyakorol a szervezet informális kommunikáció réteghálózatára.



30. ábra A vizsgált szervezet informális kommunikáció réteghálózata. (Forrás: saját ábra)

Az informális kommunikáció réteghálózatban látható, hogy a központi részéhez, két, egymással láncba kapcsolt kisebb klaszter, inda jelleggel kapcsolódik. A központi rész

és a két kisebb klasztert tartalmazó inda kapcsolatában két olyan személy is azonosítható, akiknek hiánya esetén a két kisebb klaszter elveszíti informális kommunikációs kapcsolatát a központi résszel. Ők a hidak ebben a réteghálózatban. Ezen személyek hiánya esetén, a teljes létszám több mint 20%-a leszakad a központi résszel való informális kommunikációról. Látható, hogy a központi részen kívül található csoportokban a valós kapcsolatok száma vagy azonos, vagy nagyon közeli a lehetséges maximális kapcsolatok számával. A szervezet hét tagja azonban nem része az informális kommunikáció réteghálózatnak, ami azt jelenti, hogy velük nem osztanak meg a munkatársaik bizalmas információkat. Ez azzal magyarázható, hogy vagy korábban elvesztették a szervezet többi tagjának bizalmát, vagy még nem szerezték meg. Kutatásom során ennek okát nem vizsgáltam.

Az informális kommunikáció réteghálózat kvantitatív eredményeiből látszik, hogy ez a réteghálózat rendelkezik a legtöbb kapcsolattal (7. táblázat). Ugyanakkor a csomópontok közötti átlagos távolság a többi réteghálózathoz képest magas, ez abból adódik, hogy a központi részhez a két kisebb klaszter, kevés éllel kapcsolódik. Elemzésemben a központi részt egy informális centrumnak tekintettem és külön is elemeztem. Az informális centrumban az átlagos elérési úthossz a többi réteghálózathoz képest kisebb értéket mutat.

7. táblázat A vizsgált réteghálózatok hálózati mutatói.

	<b>pozíció alapú függelmi réteghálózat</b>	<b>önkéntes tudás- megosztási réteghálózat</b>	<b>szakmai utasítási réteghálózat</b>	<b>informális kommunikáció réteghálózat</b>	<b>informális centrum</b>
<b>csomópontok</b>	144	144	144	144	102
<b>kapcsolatok</b>	194	486	316	330	243
<b>átlagos fokszám</b>	1,35	3,25	2,18	2,29	2,38
<b>átlagos távolság</b>	2,03	4,47	4,49	5,45	3,98

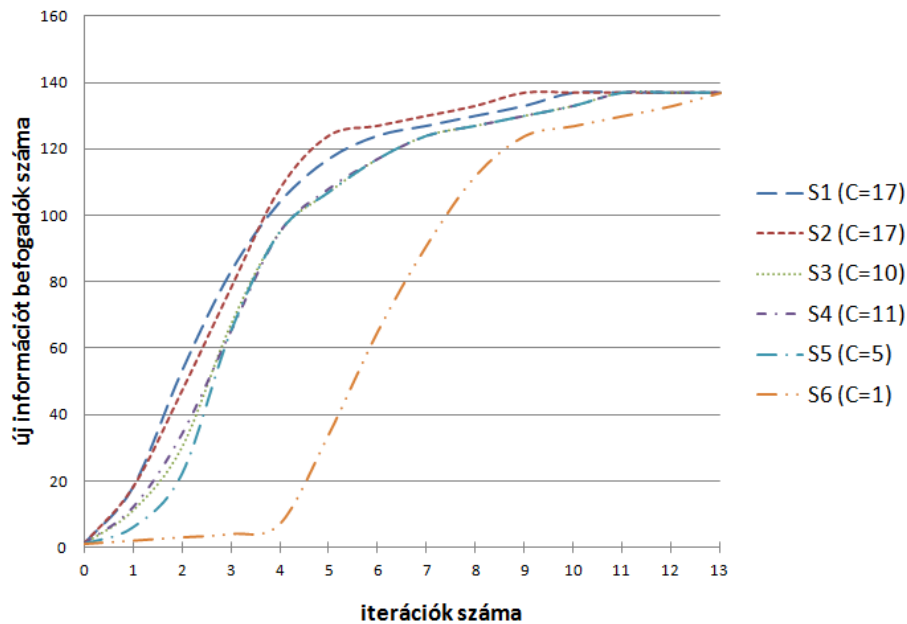
Az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban modelleztem az információterjedést. Az információterjedés szempontjából releváns mutatószám, hogy maximálisan hány személyt ér el az új információ, mindez hány iterációs lépésben valósul meg, valamint lényeges az is, hogy hány információátadási interakció kell az új információ befogadásához.

Hat különböző kiinduló állapotvektor esetén vizsgáltam a terjedési dinamikát. A kiindulási állapotvektorok minden esetben egyetlen kiinduló személyt tartalmaztak, azaz kezdetben csak egy ember van birtokában az új információnak. Modelleztem a két legnagyobb fokszámú ( $C=17$ ) személy által képzett állapotvektorokkal ( $S1$  és  $S2$ ), a legkisebb fokszámú ( $C=1$ ) személy által képzett állapotvektorral ( $S6$ ), továbbá egy  $11$ , egy  $10$  és egy  $5$  fokszámú személlyel is. A 8. táblázat a különböző kiinduló személyek esetén, az egyes iterációs lépésekhez tartozó új információt befogadók számát mutatja.

8. táblázat Információterjedés különböző kiindulási állapotvektorok esetén.

iteráció	Különböző kiindulási állapotvektorok					
	S1 (C=17)	S2 (C=17)	S3 (C=10)	S4 (C=11)	S5 (C=5)	S6 (C=1)
0	1	1	1	1	1	1
1	18	18	11	12	6	2
2	53	47	30	34	22	3
3	83	78	67	65	65	4
4	104	108	95	95	95	7
5	117	124	107	108	107	34
6	124	127	117	117	117	65
7	127	130	124	124	124	91
8	130	133	127	127	127	112
9	133	137	130	130	130	124
10	137	137	133	133	133	127
11	137	137	137	137	137	130
12	137	137	137	137	137	133
13	137	137	137	137	137	137

A különböző fokszámú kiindulási személyekhez tartozó terjedési dinamikákat grafikonon is ábrázoltam, ennek eredményét a 31. ábra mutatja.



31. ábra Különböző információterjedési dinamikák. (Forrás: saját ábra)

A növekedési görbék jellege és a kiindulási személyek fokszáma között összefüggés áll fenn. A magasabb foksámú kiindulási személyekhez tartozó növekedési görbék jellemzően Mitscherlich-féle [122], míg az alacsonyabb foksámúakhoz tartozók logisztikus jellegűt mutatnak [123]. A növekedési görbék közti különbségek a görbék kezdeti szakaszában azonosíthatók. A grafikonon látható, hogy a kiindulási személyek foksámának növelésével összhangban a növekedési görbe logisztikusból Mitscherlich-féle növekedési görbébe megy át. Utóbbira jellemző, hogy már az első iterációs lépés után magas növekedési ütem áll fenn. A grafikonokon az is látszik, hogy bár a kiindulási személyek magasabb fokszáma az első iterációs lépésekben gyorsabb terjedést eredményez, de 124 fős elterjedtség után a növekedés dinamikája nem követi sem a logisztikus, sem a Mitscherlich-féle növekedési görbét, és minden görbén egy közel azonos ütemű, lineáris növekedési ütem áll be. A 13. iterációs lépést követően még a legkisebb foksámú kiindulási személyhez tartozó görbe is eléri az új információt befogadók maximális számát, ami ez esetben 137, azaz a teljes szervezet, mert 7 fő nem része az informális kommunikáció réteghálózatnak. Az általam mért információterjedési dinamikai eredmények összhangban vannak más kutatók eredményeivel [124].

Megvizsgáltam a szervezet helyettesítési rendszerét is. Ennek során a helyettesítési réteghálózat feltérképezésével azonosítottam a helyettes-nélküli munkatársakat, akiket hiányuk esetén senki sem tud önállóan helyettesíteni és így működésbiztonsági kockázatot hordoznak. A helyettesítési réteghálózat alrétegeinek feltérképezésével és

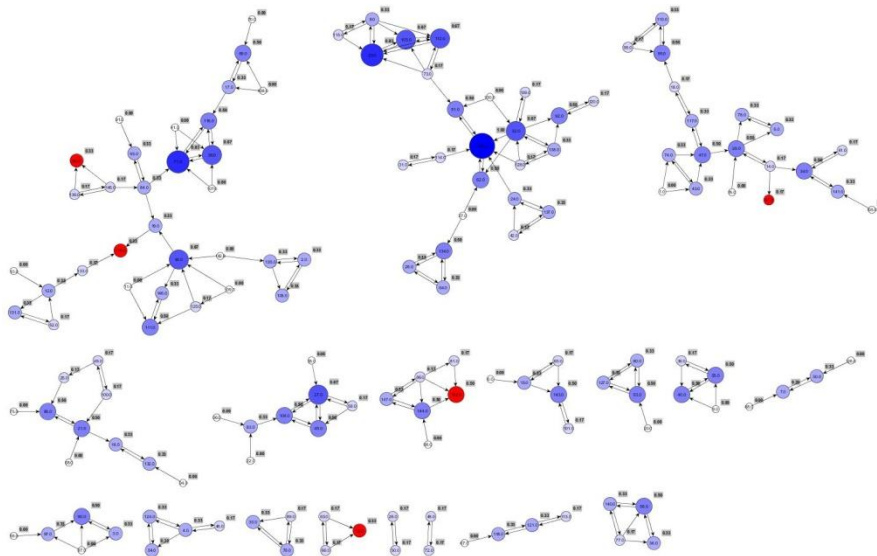
elemzésével pedig feltártam a helyettesítési rendszerben rejlő ellentmondásokat, amik szintén működésbiztonsági kockázatot jelentenek.

A helyettesítési réteghálózat alrétegeinek feltérképezéséhez, a helyettesítésre vonatkozó, de különböző megközelítésű kérdéseket alkalmaztam. Az egyik alréteghez tartozó kérdés során a résztvevőknek arra kellett választ adniuk, hogy hiányzásuk esetén, ki szokta őket önállóan helyettesíteni a munkában. A kérdés így szólt: *Kik szokták Önt önállóan helyettesíteni?* A kontrollkérdés így szólt: *Kiket szokott Ön önállóan helyettesíteni?* Mindkét kérdés a valós helyettesítési szokásokat tárja fel, de két különböző irányból.

Egy másik kérdés és a hozzá tartozó kontrollkérdés nem a helyettesítés rendjére, hanem a válaszadók véleményére vonatkozott. A résztvevőknek arra a kérdésre kellett válaszolniuk, hogy *Az Ön véleménye szerint, kik képesek Önt önállóan helyettesíteni?* valamint a *Az Ön véleménye szerint, Ön kiket képes önállóan helyettesíteni?* Az ösztinteségi elvet alkalmazva, a kapott válaszok alapján, az egyes kérdésekre és kontrollkérdéseikre kapott kapcsoltpár halmazok unióját használtam fel a helyettesítési alrétegek felrajzolásához és elemzéséhez. Az elemzés keretében az egyes alrétegek hasonlóságának mértékét vizsgáltam.

A 32. ábrán a kapott válaszok alapján kialakított, valós helyettesítési rendszer réteghálózata látható. A hálózat nem összefüggő, az egyes összefüggő részhálózatok a szervezet ágazati és regionális tagoltságát tükrözik. A helyettesítési réteghálózat egy irányított hálózat, és a működéshez nem szükséges, hogy összefüggő legyen. A 32. ábrán minél nagyobb egy csomópont mérete, annál több embert képes helyettesíteni, piros színnel pedig azok vannak jelölve, akiket senki sem tud helyettesíteni, vagyis a „helyettes-nélküliek”.





32. ábra A vizgált szervezet valós helyettesítési réteghálózata. (Forrás: saját ábra)

Az egyes kérdésekre kapott válaszokból kapcsolati pár halmazokat hoztam létre, és ezeknek a halmazoknak az összehasonlításával végeztem el a helyettesítési rendszer hasonlósági vizsgálatát a Jaccard koefficiens alkalmazásával.

A *Kik szokták Önt önállóan helyettesíteni?* kérdéshez tartozó  $L$ , és a *Kiket szokott Ön önállóan helyettesíteni?* kérdéshez tartozó  $M$  kapcsolat halmazok között állt fenn a legnagyobb hasonlóság,  $J(L,M) = 0.36$  hasonlósági értékkel. Mivel ezek a kérdések a valós helyettesítési rendre kérdeznék rá, a kapott érték azt mutatja meg, hogy mennyire azonosan látják a helyettesítési rendet a helyettesítő és helyettesítendő oldalról. A vizgált szervezetben ez azt jelenti, hogy a helyettesítési kapcsolatok 36%-ára vonatkozóan megegyezett a szervezet tagjainak véleménye, 64%-ában azonban nem. Ez megmutatja, hogy a valós helyettesítési kapcsolatok hány százalékában nem egyértelmű a szervezet tagjai számára, hogy ki, kit szokott helyettesíteni.

*Az Ön Véleménye szerint, kik képesek Önt helyettesíteni?* és *Az Ön véleménye szerint, Ön kiket képes önállóan helyettesíteni?* kérdésekhez tartozó  $N$  és  $O$  kapcsolati halmazok Jaccard koefficiense a vizsgálatban  $J(N,O) = 0.33$  értéket mutatott. Ez a mutatószám a helyettesítési rendszer fejlesztésére vonatkozóan lényeges. A válaszban a valós és a szerintük lehetséges helyettesítési kapcsolatokat is meg kellett jelölniük a válaszadóknak. A hasonlósági érték azt mutatta meg, hogy melyek azok a létező és a válaszadók szerint lehetséges helyettesítési kapcsolatok, amikre vonatkozóak megegyezett a szervezet tagjainak véleménye. A vizgált szervezetben a valós és a

válaszadók szerint lehetséges helyettesítési kapcsolatok 33%-ában volt egyetértés a szervezet tagjai között.

Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a vizsgált szervezetben a kapcsolati háló általam vizsgált réteghálózatai különböző topológiai tulajdonságúak. A pozíció alapú függelmi- és a szakmai utasítási réteghálózatban a formális hierarchia határozza meg a struktúrát, az önkéntes tudásmegosztási- és az informális kommunikáció réteghálózatok bizalmi alapon strukturálódtak. A pozíció alapú függelmi- és a szakmai utasítási réteghálózatban az ügyvezető a hálózat legnagyobb fokszám centralitású csomópontja, és az ágazatvezetők is jelentős centralitással rendelkeznek. Ezzel szemben az önkéntes tudásmegosztási réteghálózatban egy olyan személy a réteghálózat legnagyobb fokszám centralitású csomópontja, aki a függelmi és a szakmai hierarchia harmadik szintjén található. Ezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a vizsgált szervezetben kimutatható, hogy az explicit és a tacit tudás megosztása különböző réteghálózatokban történik. Megvizsgáltam az egyes tudásmegosztási réteghálózatokban a tudásterjedés dinamikáját, és megmutattam, hogy annak függvényében, hogy ki birtokolja elsőként az új tudást, más dinamikával terjed el a szervezetben. A vizsgálat eredményeit a szervezet képzési stratégiájának költségoptimalizálására lehet a gyakorlatban felhasználni oly módon, hogy elsősorban a nagyobb fokszámú személyek beiskolázását támogatják. A helyettesítési réteghálózat feltérképezésével azonosítottam a szervezetben azokat a személyeket, akiknek nincsenek helyetteseik, és hiányzásuk működésbiztonsági kockázatot rejt. Feltártam a szervezet valós és vélt helyettesítési rendszerében lévő ellentmondásokat, valamint azokat a lehetséges helyettesítési kapcsolatokat, amiket a jelenlegi helyettesítési rendszerben nem használnak ki.

A felmérés eredményeit a szervezet vezetőinek prezentáltam és az anonimizált vizsgálati eredményeket tartalmazó beszámolót átadtam.

## 8 ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

### 8.1 Új tudományos eredmények

Az értekezésemben bemutatott kutatómunka új tudományos eredményeit az alábbi tézisekben foglalom össze:

**1. Definiáltam a szervezeti kapcsolati hálót, mint a szervezet tagjainak, a szervezet működésével összefüggő, kizárólag emberek közötti, kényszer- és önkéntes kapcsolatokból álló hálózatát.**

A szakirodalmak feldolgozása alapján megállapítottam, hogy a szakmai és a hétköznapi szóhasználatban is több kifejezést használnak az emberek közötti kapcsolati hálózatokra vonatkozóan, és ezek a fogalmak tartalmilag különbözőek és nem rendezettek. Definiáltam a szervezeti kapcsolati háló fogalmát (2.2 fejezet) és ezzel elhatároltam az emberi kapcsolatokat vizsgáló más tudományterületek emberi kapcsolati hálózati fogalmaitól. Mivel az általam definiált szervezeti kapcsolati háló kizárólag a szervezet tagjainak, a szervezet működésével összefüggő emberi kapcsolatok hálózata, ezért ez a hálózat lehetőséget ad az emberi tényezővel összefüggő működésbiztonsági problémák feltárására.

Kapcsolódó publikációim: [125] [130]

**2. Bizonyítottam, hogy a szervezeti kapcsolati háló, különböző réteghálózatokból álló multiplex hálózat.**

Megmutattam, hogy az általam definiált szervezeti kapcsolati háló több különböző réteghálózatból áll (4.1 fejezet). Azonosítottam a szervezeti kapcsolati háló működésbiztonsági szempontból releváns réteghálózatait: a pozíció alapú függelmi-, a szakmai utasítási-, a folyamat-, az önkéntes tudásmegosztási-, a helyettesítési-, és az informális kommunikáció réteghálózatokat. Bizonyítottam, hogy ezek a réteghálózatok részei a szervezeti kapcsolati hálónak, és együttesen egy multiplex hálózatot alkotnak (4.2 fejezet).

Kapcsolódó publikációim: [125] [126] [127] [129] [130] [131]

### **3. Megmutattam, hogy a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataival feltárhatók a működésbiztonságot befolyásoló hatalmi struktúrák.**

Kutatásomban megmutattam, hogy a szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatai megfeleltethetők a Mastenbroek-féle hatalmi struktúráknak. Ezek alapján rendeztem a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrák és a szervezeti kapcsolati háló kapcsolatrendszerét, és megfeleltettem az egyes hatalmi struktúrákat az azokat megjelenítő réteghálózatoknak (4.3 fejezet). Ezzel lehetővé tettem, hogy a Mastenbroek-féle hatalmi struktúrák gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel feltérképezhetők legyenek, és a működésbiztonsággal összefüggő hálózati elemzéseket lehessen végezni azokon.

Kapcsolódó publikációim: [134]

### **4. Bizonyítottam, hogy a szervezeti kapcsolati háló réteghálózataiban gráfelméleti és hálózattudományi módszerekkel működésbiztonsági elemzések végezhetők.**

Meghatároztam, hogy az egyes réteghálózatok hogyan térképezhetők fel a szervezetben. Kidolgoztam a módszert, amivel a működési folyamatokat a szervezeti kapcsolati háló réteghálózatoként lehet modellezni, és kompetencia alapú működésbiztonsági mutatókat határoztam meg: multifunkcionális személyek, kompetencia-monopól személyek (5.1 fejezet).

Működésbiztonsági mutatókat definiáltam, amikkel mérhető a helyettesítési rendszer ellentmondásossági szintje, és azonosíthatók azok az emberek, akiknek hiánya magas működésbiztonsági kockázatot jelent: valós helyettesítési hasonlóság, elméleti helyettesítési hasonlóság, helyettes nélküli személyek (5.2 fejezet).

Modelleztem a tudásterjedés dinamikáját a különböző tudásmegosztási réteghálózatokon, és különböző kiindulási feltételek mellett. A tudásmegosztással kapcsolatosan működésbiztonsági mutatókat határoztam meg: zéró-tudásbirtokosok, pletykafészek, hidak (5.3 fejezet).

A szervezeti kapcsolati háló réteghálózatait megfeleltettem a Mastenbroek-féle hatalmi struktúráknak, és az általam definiált mutatókkal lehetővé tettem a működésbiztonságot befolyásoló hatalmi pozíciók számszerű mérését: instrumentális hatalmi mutató, szocio-emocionális hatalmi mutató, hatalmi függőségi mutató, tárgyalási hatalmi mutató (5.4 fejezet).

Kapcsolódó publikációim: [125] [126] [127] [128] [129] [130] [131] [132]

## **5. Bizonyítottam, hogy a többszintű szervezatközi kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncok zavartűrő képessége nagyobb, mint az egyszintű kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncoké.**

Megmutattam, hogy a szervezeti kapcsolati háló értelmezése kiterjeszthető a szervezetek közötti kapcsolati hálózatra is. Kialakítottam egy hálózati modellt, amivel a különböző szintű kapcsolatokból álló ellátási láncok modellezhetők (6.1 fejezet). Ezzel lehetővé tettem, hogy hálózatelemzési módszerekkel elemezni lehessen a különböző kapcsolságú ellátási láncok működésbiztonságot befolyásoló tulajdonságait (6.2 fejezet). Az elemzés eredményei alapján megállapítottam, hogy az ellátási láncok közötti többszintű kapcsolatok létrehozása topológiai változást eredményez az ellátási láncban. Robosztussági elemzést végeztem a különböző ellátási láncokon, és megmutattam, hogy a többszintű kapcsolatokkal rendelkező ellátási láncok zavartűrő képessége jobb, mint a tradicionális, egyszintű kapcsolattal rendelkezőké (6.3 fejezet).

Kapcsolódó publikációim: [133]

## **8.2 Ajánlások**

A szervezetek működése emberi tevékenységeken keresztül valósul meg, ezért a működésbiztonság szempontjából fontos tényező az ember. Kutatási eredményeim a szervezeti működésbiztonság emberi tényezőjét vizsgáló területeken hasznosíthatók.

A működési folyamatok emberi kapcsolati hálózattal történő modellezése lehetőséget ad a szervezet folyamatrendszerének olyan megközelítésére, melyben nem a szakmai tevékenységek, hanem az emberek a hálózat csomópontjai. Ezzel a megközelítéssel olyan folyamatmenedzsment rendszer alakítható ki, amiben nem csupán az egyének szakmai kompetenciái, hanem más jellegű emberi tulajdonságai is figyelembe vehetők. A folyamatok úgy optimalizálhatók, hogy az emberek munkavégzéssel kapcsolatos érzete is javul, ami különösen a nagy figyelmet igénylő, komoly felelősséggel járó munkahelyek esetén fontos működésbiztonsági tényező. Erre vonatkozó kutatási eredményeim felhasználását a különösen nagy mentális terheléssel járó tevékenységeket végző szervezetek számára ajánlom.

A helyettesítési rendszer hálózatalvú elemzési módszerével kimutatható és mérhető, hogy a szervezetben mennyire tér el a valós és a vélt helyettesítési rendtől.

Azonosíthatók azok a személyek is, akiket a szervezetben senki sem tud helyettesíteni. Ezek az ellentmondások és ezek a személyek működésbiztonsági kockázatot jelentenek. A helyettesítési rendszerre vonatkozó kutatási eredményeim alapján, hálózatalvú működésbiztonsági kockázatelemzési módszereket kifejlesztését javaslom a kritikus infrastruktúrákat üzemeltető szervezetek számára.

Ha egy szervezetben azokat az embereket részesítik szakmai képzésekben, akik a tudásmegosztási hálózatban meghatározó szerepet töltenek be, akkor az új tudás gyorsabban terjed el a szervezetben és gyorsabban válik gyakorlati tudássá. A kutatásom során kidolgozott tudásterjedési modellel a szervezetek képzési terve optimalizálható.

A nagyobb hatalommal bíró személyek, hatalmi pozíójuktól függően, közvetlenül is hatással lehetnek a biztonságos működésre. A hatalmi pozíciók ismeretében csökkenteni lehet a szervezet működését negatívan befolyásoló személyek hatalmi erejét, növelve ezzel a szervezet működésbiztonságát. A hatalmi pozíciók feltárására vonatkozó kutatási eredményeimet a szervezetek vezetőinek figyelmébe ajánlom.

A szervezeten belüli emberi kapcsolatok bővítése növeli a hálózatot alkotó szervezetek együttes piaci biztonságát, mert a sűrűbb szervezeten belüli kapcsolati hálózat jobban ellenáll a külső és belső zavaroknak. A többszintű kapcsoltság miatt a szervezetek között gyorsabban terjed el az új tudás. Erre vonatkozó eredményeimet a piaci versenyben lévő szervezetek tudják hasznosítani, mert ezzel üzleti partnereikkel közösen tudják piaci pozíójukat erősíteni.

## 9 HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Pink, D. H.: *Motiváció 3.0.* HVG Kiadó, Budapest, 2010.
- [2] Losey, M., Ulrich, D., Meisinger, S.: *A HR jövője.* HVG Kiadó, Budapest, 2006.
- [3] Karinthy, F.: Láncszemek. in *Minden másképp van.* Atheneum Irodai és Nyomdai Rt., 1929.
- [4] Barabási, A-L.: *Behálózva.* Helikon Kiadó, Budapest, 2008.
- [5] Moreno, J. L.: *Who Shall Survive?* Beacon House Inc., 1978. (Első kiadás: 1934.)
- [6] Mérei, F.: *Közösségek rejtett hálózata,* Osiris Kiadó, 1996. (Első kiadás: 1971.)
- [7] Moreno, J. L.: *Sociometry, Experimental Method and the Science of Society.* Beacon House Inc., 1951.
- [8] Lengyel, Zs.: *Szociálpszichológia,* Osiris Kiadó, Budapest, 2002.
- [9] Milgram, S.: The Small World Problem. *Psychology Today*, Vol. 2, 1967. pp. 60-67.
- [10] Granovetter, M.S.: The Strength of Weak Ties, *American Journal of Sociology*, Vol. 78, Issue 6, 1973. pp. 1360-1380.
- [11] Buchanan, M.: *Nexus. Avagy kicsi a világ.* Typotex, Budapest, 2003.
- [12] Munk, S.: Hálózatok fogalma, alapjai. *Hadmérnök*, V. évfolyam, 3. szám, 2010. szeptember. pp. 176-186.
- [13] Szántó, Z., Tóth, I. Gy.: *A társadalmi hálózatok elemzése.* AULA, 1993.
- [14] O. Jackson, M.: *Human Network: How Your Social Position Determines Your Power, Beliefs, and Behaviors.* Pantheon, 2019.
- [15] Rédei, Á., Utasi, A.: Szociálisan érzékeny környezetfejlesztés. *Digitális Tankönyvtár*, Pannon Egyetem, 2012. 2. fejezet. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0012\\_szocialisan\\_erzekeny\\_kornyezet/adatok.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0012_szocialisan_erzekeny_kornyezet/adatok.html) (Letöltés ideje: 2018.10.19.)
- [16] Merrill, J., Bakken, S., Rockoff, M., Gebbie, K., Carley K. M.: Description of a method to support public health information management: Organizational network analysis. *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 40, 2007. pp. 422–428.
- [17] Euler, L.: „Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis”, *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 8, 1741. pp. 128-140.
- [18] Bertalanffy, L.: *General System Theory.* George Braziller Inc. New York, 1973.
- [19] Pokorádi, L.: *Rendszerek és folyamatok modellezése.* Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
- [20] Barabási, A-L.: *A hálózatok tudománya.* Libri Kiadó, Budapest, 2016.
- [21] Andrásfai, B.: *Gráfelmélet, folyamatok-mátrixok,* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.

- [22] Hajnal, P.: *Gráfelmélet*. Polygon Szeged, 2003.
- [23] Temesi, J., Varró, Z.: *Operációkutatás*. Akadémiai Kiadó Budapest, 2014.
- [24] Wang, X. F., Chen, G.: „Synchronization in Scale-free Dynamical Networks: Robustness and Fragility”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 49, Issue. 1, 2002. pp. 54-62.
- [25] Breiger, R., Carley, C., Pattison, P.: *Dynamic Social Network Modelling and Analysis*. National Academies Press, Washington D.C. 2001.
- [26] Newman M., Barabási, A. L., Watts D. J.: *The Structure and Dynamics of Networks*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2006. pp. 183-194.
- [27] Caldarelli, G.: *Scale-Free Networks, Complex Webs in Nature and Technology*, Oxford, Oxford University Press, 2007.
- [28] Erdős, P., Rényi, A. L.: Assymmetric graphs. *Acta Mathematica Acad. Sci. Hungarica*, Vol. 14, 1963. pp. 295-315.
- [29] Erdős, P., Rényi, A. L.: On Random Graph, I. *Publicationes Mathematicae*, Debrecen, Vol. 6, 1956. pp. 290-297.
- [30] Erdős, P., Rényi, A. L.: On random matrices II. *Studia Sci. Math. Hungary*, Vol. 13, 1968. pp. 459-464.
- [31] Erdős, P., Rényi, A. L.: On random matrices. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.*, Vol. 8, 1966. pp. 455-461.
- [32] Erdős, P., Rényi, A. L.: On the evolution on random graphs. *Bull. Inst. Internat. Statist.*, Vol. 38, 1961. pp. 343-347.
- [33] Erdős, P., Rényi, A. L.: On the evolution on random graphs. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.*, Vol. 5, 1960. pp. 17-61.
- [34] Erdős, P., Rényi, A. L.: On the existence of a factor of degree one of a connected random graph, *Acta Mathematica. Acad. Sci. Hungary*, Vol. 17, 1966. pp. 359-368.
- [35] Erdős, P., Rényi, A. L.: On the Strenght of Connectedness of a RANdom Graph, *Acta Mathematica. Acad. Sci. Hungary*, Vol. 12, 1961. pp. 261-267.
- [36] Gilbert, E. N.: Random graphs. *The Analysis of Mathematical Statistics*, Vol. 30, 1959. pp. 1141-1144.
- [37] Newman, M. E. J., Watts, D. J., Strgatz, S. H.: Random graph models of social networks. *PNAS*, 19, 2002. pp. 2566-2572.
- [38] Callaway, D. S., Newman, M. E., Strogats, S. H., Watts, D. J.: Netwrok robustness and Fragility: Percolation on Random Graph, *Physical Review Letters*, 2000. Vol. 85, pp. 5468-5471.
- [39] Balakrishnan R., Ranganathan, K.: *A Textbook of Graph Theory*. Springer Verlag, New York, 2000.
- [40] Watts, D. J., Strogatz, S. H.: Collective Dynamics of Small-World Networks, *Nature*, 393. 1998. pp. 440-442.
- [41] Belykh, I., Hasler, M., Belykh, V.: When Symmetrization Guaranties Synchronization in Directed Networks. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 17, No. 10, 2007. pp. 3387–3395.



- [42] Schelling, T. C.: Dynamic Models of Segregation, *Journal of Mathematical Sociology*, 1971. Vol. 1, pp. 143-186.
- [43] Watts D. J.: „Small Worlds - The Dynamics of Networks between Order and Randomness”. *Princeton University Press*, Princeton New Jersey, 2004. pp. 33-39.
- [44] Barabási, A-L. Albert, R., Jeong, H., Bianconi, G.: Power-law distribution of the world wide web, *Science*, Vol. 287, Issue 5461, pp. 2115.
- [45] Barabási, A-L., Albert, R.: Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286. 1999. pp. 509-512.
- [46] Csermely, P.: *A rejtett hálózatok ereje*. Vince Kiadó, Budapest, 2005. p. 35.
- [47] Bollobás, R., Riordan, O.: The Diameter of Scale-Free Random Graph. *Combinatorica*, Vol. 24, 2004. pp. 5-34.
- [48] Hill, R., Dunbar A.: Social network size in humans. *Human Nature* 14, 1994. pp. 53-72.
- [49] Jeong, H., Albert, R., Barabási, A.-L.: Internet: Diameter of the world-wide web. *Nature*, 401. 1999. pp. 130-131.
- [50] Barabási, A-L.: A hálózatok tudománya: a társadalomtól a webig. *Magyar Tudomány*, 2006/11. pp. 1298. <http://www.matud.iif.hu/06nov/03.html> (Letöltés ideje: 2018.08.14.)
- [51] Doye, J. P. K.: Network Topology of a Potential Energy Landscape: A Static Scale-Free Network, *Physical Review E*. 2002. Vol. 66, 238701.
- [52] De Domenico, M., Solé-Ribalta, A., Cozzo, E., Kivela, M., Moreno, Y., Mason Porter, M. A., Gómez, S., Arenas, A.: Mathematical Formulation of Multilayer Networks. *Physical Review* Vol. X. 3, 2013. pp. (041022) 1-15.
- [53] Kivela, M., Arenas, A., Barthelemy, M., Gleeson, J. P., Moreno, Y., Porter, M. A.: Multilayer Networks. *Journal of Complex Networks*, Vol. 2, Issue 3, 2014. pp.203-271.
- [54] Meng, X.: Centrality measures in multilayer networks. *The Undergraduate Awards Library*, University Oxford, 2015. <http://www.undergraduatelibrary.org/2015/mathematics-physics/centrality-measures-multilayer-networks> (Letöltés ideje: 2018. március 27.)
- [55] Szvetelszky, Zs.: *Rejtett szervezetek. Az informális kommunikáció hatalma*. Typotex, Budapest, 2017.
- [56] McChrystal, S.: *Csapatok csapata*. HVG Kiadó, Budapest, 2016.
- [57] Handy, C. B.: *Szervezetek irányítása a változó világban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1986.
- [58] Gyökér, I., Finna, H., Krajcsák, Z., Daruka, E., Szabó, T.: *Szervezeti viselkedés*. oktatási segédanyag, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Üzleti Tudományok Intézet, Budapest, 2016. pp. 116-122.
- [59] Bencsik, A.: *A tudásmenedzsment elméletben és gyakorlatban*. Akadémia Kiadó, Budapest, 2015.

- [60] Walsh, J. P., Ungson, G. R.: Organizational Memory. *Academy of Management Review*. Vol. 16. Issue, 1. 1991. pp. 57-91.
- [61] Lam, A.: Tacit Knowledge, Organizational Learning and Societal Institutions: An Integrated Framework. *Organization Studies*, 21. 3. 2000. pp. 487-513.
- [62] Szvetelszky, Zs.: Rejtett szervezetek. *Az informális kommunikáció hatalma*. Typotex, Budapest, 2017. p. 44.
- [63] Weber, M.: *Economy and Society - an Outline of Interpretive Sociology*. University of California Press, Berkley, Los Angeles, 1987. p.77.
- [64] Clegg, S., Courpasson, D., Phillips, N.: *Power and Organizations*. SAGE Publications, London, 2006, pp. 193-194.
- [65] Mastenbroek, W.: *Conflict Management and Organizational Development*. Wiley, 1994.
- [66] Korda, M.: *Hatalom. Hogyan szerezzük meg és hogyan éljünk vele*. Bagolyvár Könyvkiadó, Budapest, 1998.
- [67] Razmerita, L., Kirchner, K., Nielsen, P.: „What Factors Influence Knowledge Sharing in Organizations?: A Social Dilemma Perspective of Social Media Communication”, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 20, no. 6. 2016. pp. 1225-1246.
- [68] Barabási, A-L.: *A hálózatok tudománya*. Libri Kiadó, Budapest, 2016. p. 47.
- [69] Friedman, T.L.: *The World is Flat. A Brief History of the Twenty-First Century*, Straus and Giroux, New York, 2005.
- [70] Fayol, H.: *General and Industrial Management*, Pitman, London, Reprint 2013 by Martino Fine Books, Las Vegas USA.
- [71] Juran, J. M.: *Juran's Quality Book*, McGraw-Hill, New York, 1998.
- [72] Verzuh, E.: *The Fast Forward MBA in Project Management*, Wiley & Sons Inc, New Jersey, Hoboken, 2005.
- [73] Tryon, Jr. C.: *Managing Organizational Knowledge, 3rd Generation Knowledge Management...and Beyond*, CRC Press, London, 2012.
- [74] Handy, C. B.: *Az elefánt és a bolha*. HVG Kiadó, Budapest, 2004.
- [75] Boisot, M.: *Information Space. A Framework for Learning in Organizations. Institutions and Culture*, London, Routledge, 1995.
- [76] Simon, H.: *A vezetői döntés új tudománya*, Budapest, Statisztikai Kiadó Vállalat, 1982.
- [77] North, K., Kumta, G.: *Knowledge Management*. Springer, Switzerland, 2018.
- [78] Rowley, J.: The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, Vol. 33, Issue 2, 2007. pp. 163–180.
- [79] Bakacsi, Gy., Bokor, A., Császár, Cs., Gelei, A., Kováts, K., Takács, S.: *Stratégiai emberi erőforrás menedzsment*. KJK, Budapest, 1999.
- [80] Bierly, B. E., Kessler, E.H, Christensen, E.W.: „Organizational learning, knowledge and wisdom”, *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 13, Issue 6, 2000. pp. 595 - 618.

- [81] Polányi, M.: *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan, London, 1966.
- [82] Ackoff, R. L.: From Data to Wisdom, *Journal of Applied Systems Analysis*, Vol. 16, 1989. pp. 3-9.
- [83] Szeghegyi, Á.: A tudásmenedzsment stratégiai szerepe a vállalatoknál. In: Nagy Imre Zoltán (Ed.), *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században. Tanulmánykötet*. Budapest, Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar, 2011. pp. 53-68.
- [84] Jennex, M. E.: *Knowledge Management, Organizational Memory, and Transfer Behavior: Global Approaches and Advancements*, New York, Hershey, 2009.
- [85] Szaboszlai, V., Velencei, J., Baracska, Z.: Post-experiential education: from knowledge to 'knowing'. *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 11, No. 10, 2014. pp. 235-247.
- [86] Velencei, J.: Embervezényelt folyamatok: a tudásmegosztók fukarsága. *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században IV. Tanulmánykötet*, Óbudai Egyetem, 2014. pp. 337-346.
- [87] Nonaka, I., Takeuchi, H.: *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press, New York, 1995.
- [88] Blanchard, K.: *Leading at a Higher Level*. Blanchard Management Corporation, New Jersey, 2010.
- [89] Harford, T.: *Adapt: Why Success Always Starts with Failure*, Strauss and Giroux, Farrar, New York, 2011.
- [90] Jennex, M.E.: *Current Issues in Knowledge Management*, Information Science Reference, Hersey, New York, 2008.
- [91] Mintzberg, H., Ahlstrand, B., Lampel, J.: *Stratégiai szafari*, HVG Kiadó, Budapest, 2005.
- [92] Nonaka, I., Konno, N.: The Concept of „Ba”: Building a Foundation for Knowledge Creation, California, *California Management Review*, Vol. 40, No. 3. 1998. pp. 40-54.
- [93] Szeptelszky, Zs.: *A pletyka*. Gondolat Kiadói Kör, Budapest, 2002.
- [94] Lazányi, K.: Who do You Trust? – Safety Aspect of Interpersonal Trust among Young Adults with Work Experience. In: Szakál Anikó (Ed.) *Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, SACI 2016, pp. 412.
- [95] Madonna, M., Martella, G., Monica, L., Maini, E. P., Tomassini, L.: The Human Factor in Risk Assessment: Methodological Comparison Between Human Reliability Analysis Techniques. *Prevention Today*, 2009. Vol. 5, No. 1/2, pp. 67-83.
- [96] European Dictionary of Skills and Competences.  
[http://disco-tools.eu/disco2\\_portal/](http://disco-tools.eu/disco2_portal/) (Letöltés ideje: 2019.05.06.)
- [97] Cacciabue, P.C.: Human Factors Impact on Risk Analysis of Complex Systems. *Journal of Hazardous Materials*, 71, 2000. pp. 101–116.
- [98] Håkansson, H., Shenota I.: No business is an island: the network concept of business strategy, *Scandinavian Journal of Management*, No. 22, 2006. pp. 256-270.

- [99] Asratian, A. S., Denley, T. M. J., Häggkvist, R.: *Bipartite Graphs and their Applications (Cambridge Tracts in Mathematics)*. Cambridge University Press, 1998.
- [100] Derényi, I., Palla, G., Vicsek, T.: Clique Percolation in Random Networks. *Physical Review Letters*, Vol. 94, Art. No.: 160202, 2005.
- [101] Niwattanakul, S., Singthongchai, J., Naenudorn, E., Wanapu, S.: Using of Jaccard Coefficient for Keywords Similarity. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 2013. Vol I, IMECS 2013, March 13 - 15, 2013, Hong Kong.
- [102] Szeleczyk, Zs.: A tudásmenedzsment koncepciója és háttere. *Vezetéstudomány* 30. 1999. pp. 22-30.
- [103] Noszkay, E.: Tudás és menedzsment (tendenciák és jelenségek a tudásmenedzsment hazai alkalmazásai alapján.) Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar VI. Nemzetközi Konferencia „A közgazdászok 20. évfordulója alkalmából”. Konferencia Kötet. Miskolc-Lillafüred 2007. pp.120-127.
- [104] Karmeshu, V. P. J.: Non-Linear Models of Social Systems, *Economic and Political Weekly*, Vol. 38. No. 35. (Aug. 30 - Sep. 5. 2003.), pp. 3678-3685.
- [105] Modis, T.: *Predictions - 10 Years Later*, Growth Dynamics, Geneva, 2002.
- [106] Albert, R., Barabási, A-L.: Statistical Mechanics of Complex Networks, *Review of Modern Physics*, 2002. Vol. 74, pp. 47-97.
- [107] Grivan, M., Newman, M. E. J.: Community Structure in Social and Biological Networks. *PNAS*, Vol. 99, 2002. pp. 7821-7826.
- [108] Ravasz, E., Barabási, A-L.: Hierarchical Organization in Complex Networks. *Physical Review E*, Vol. 65, Art. No. 026112, 2003.
- [109] Newman, M. E. J., Grivan, M.: Finding and Evaluating Community Structure in Networks, *Physical Review*, Vol. 69, Issues 2. Art. No. 026113, 2004.
- [110] Christakis N. A., Fowler J. H.: *Kapcsolatok hálójában*. Typotex, Budapest, 2010.
- [111] Goh, K.-I., Kahng, B., Kim D.: Universal Behavior of Load Distribution in Scale-Free Networks. *Physical Review Letters*, Vol. 87, No. 27, December, 2001. 278701. pp. 1-4.
- [112] Lazányi, K.: Entrepreneurs, Not Lone Wolves. *MEB 2013 - 11th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking*, 31 May - 1 June, 2013, Budapest, Hungary.
- [113] Håkansson, H.: *Határtalan hálózatok. Az üzleti kapcsolatok menedzsmentjének új szemlélete*. Alinea Kiadó - Rajk László Szakkollégium. 2010.
- [114] Inkpen, A. C., Tsang, E. W. K.: Social Capital, Network and Knowledge Transfer. *Academy of Management Review*, Vol. 30, No. 1. 2005. pp. 1446-165.
- [115] Mayeda, W.: *Alkalmazott gráfelmélet*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1976.
- [116] Gephi Graph Viz Platform. <https://gephi.org/> (Letöltés ideje: 2014. március 10.)

- [117] Albert, R., Jeong, H., Barabási, A-L.: Error and Attack Tolerance of Complex Networks. *Nature*, 2000. Vol. 406, pp. 378-381.
- [118] PMBOK Guide (2000), A Guide to the Project Management Body for Knowledge, Pennsylvania, USA, Project Management Institute. p. 22.
- [119] yWorks, yEd Graph Editor. <https://www.yworks.com/products/yed> (Letöltés ideje: 2014. március 10.)
- [120] Velencei, J.: E-Coaching Trough Knowledge Platfrom. In: Kadocsa, Gy (Ed.), *Proceedings of the 10th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking*, Budapest, Óbuda University, 2012. pp. 235-242.
- [121] Mintzberg. H., Ahlstrand, B., Lampel, J.: *Stratégiai szafari*, HVG Kiadó, Budapest, 2005.
- [122] Fokasz, N.: *Káosz és fraktálok*. Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 2000. pp. 55-80.
- [123] Tsoularis, A.: Analisis of Logistic Growth Models. *Research Letters in the Information and Mathematical Sciences*, Vol. 2. 2001. pp. 23-46.
- [124] Karsai, M., Kivel, M., Pan, R. K., Kaski, K., Kertész, J., Barabási, A.-L., Saramaki, J.: *Small but slow world: How network topology and burstiness slow down spreading*. <http://www.barabasilab.com/> (Letöltés ideje: 2015.04.26.)

## 10 SAJÁT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

### 10.1 Tézisekhez tartozó publikációk

- [125] Szilágyi, Gy.: A szervezeten belüli információterjedés modellezése szervezeti human-network felhasználásával. *III. IRI Társadalomtudományi Konferencia: Program, tartalmi összefoglalók - abstrakty*. Komárno: International Research Institute, 2015. p. 51.
- [126] Szilágyi, Gy.: Reveal the Organizational Substitution Anomalies Using Network Analysis Methods. *10th Jubilee IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2015)*, Timisoara, Budapest, Óbudai Egyetem, 2015. pp. 341-344.
- [127] Szilágyi, Gy. A.: Információterjedési modellezés a szervezetek belső informális kommunikációs hálózatában. *Tanulmánykötet a 6. Báthory-Brassai nemzetközi konferencia előadásaiból*, Budapest, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 2015. pp. 281-288.
- [128] Szilágyi, Gy. A.: Determining Delay Risks of Processes Deriving from Personal Professional Competences. *IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Proceedings*, Subotica. New York, IEEE, 2015. pp. 205-208. (International Symposium on Intelligent Systems and Informatics)
- [129] Szilágyi, Gy.: A szervezeteken belüli tudásterjedés hálózatelméleti modellezése. *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században V.: tanulmánykötet*, Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar, Budapest, 2015. pp. 133-144.
- [130] Szilágyi, Gy.: A szervezeti működésbiztonság és a human-network összefüggései. Biztonságtechnikai Szimpózium, a Magyar Tudomány Ünnepe 2014 keretében, Óbudai Egyetem, *Bánki közlemények*, Budapest, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2015.
- [131] Szilágyi, Gy. A.: The spreading of non-formal information in the human networks of organizations. *International Conference on Applied Internet and Information Technologies, ICAIIT 2015, Proceedings*, Zrenjanin, University of Novi Sad, 2015. pp. 143-147.
- [132] Szilágyi, Gy. A.: Exploration of knowledge sharing networks using social network analysis methods. *Economics and Sociology*, Vol. 10. No. 3, 2017. pp. 179-191.
- [133] Szilágyi, Gy. A.: A vállalati üzleti kapcsolatok modellezése. *XV. Gazdaságmodellezési Szakértői Konferencia, Előadások*. Gazdaságmodellezési Társaság, 2018. pp. 107-116.
- [134] Szilágyi, Gy. A.: Mapping of organizational Mastenbroek networks by network theory methodology. *e-Bulletin*, Óbuda University. Vol. 8, Issue No. 3, 2018. pp. 7-11.

## 10.2 További publikációk

- [135] Szilágyi, Gy. A., Vécsey, A.: Study of Organisational Innovations Impacts by Multi-Logistic Analysis. *17th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2016)*. Budapest: IEEE Hungary Section, 2016. pp. 289-293.
- [136] Szilágyi, Gy. A.: Gépkocsi parkolók interaktív kiürítési rendszerének kialakítási lehetőségei. *Tanulmánykötet a 7. BBK előadásaiból*. Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, 2016. pp. 382-386.
- [137] Szilágyi, Gy. A., Vécsey, A.: Analysis of the Topological Changes of an E-mailing Network Using Network-theory Methods. *Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics SACI 2016*. Timisoara, IEEE, 2016. pp. 333-338.
- [138] Szilágyi, Gy. A.: Néhány ország olimpiai teljesítményének elemzése, multilogisztikus modellezéssel. *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században VI.: tanulmánykötet*. Budapest: Óbudai Egyetem, 2016. pp. 361-378.
- [139] Szilágyi, Gy. A.: A légi balesetek fraktáldimenziója. *Repüléstudományi Közlemények (1997-TŐL)*, 28:(2) pp. 41-48.
- [140] Szilágyi, Gy. A.: A különböző lakóhelyi szegregáció típusok kialakulásának hálózati modellezése. *Közép-Európai Közlemények*, 10.:(3) 2017. pp. 38-54.
- [141] Szilágyi, Gy. A.: Reveal of critical points of urban track-based community networks with network science methods. *Hadmérnök XIII. évf. 4. szám*, 2018. december. pp. 113-124.

## 11 TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat A gráfelmélet és a hálózattudomány által használt kifejezések megfeleltetése Barabási nyomán.....	20
2. táblázat A különböző, több rétegből álló hálózatok tulajdonságai (Forrás: saját táblázat [63] nyomán) .....	46
3. táblázat A szervezeti kapcsolati háló egyes réteghálózatainak megfeleltetése a Mastebroek-féle hatalmi struktúráknak. ....	54
4. táblázat A különböző tudásmegosztási réteghálózatok tulajdonságai. ....	60
5. táblázat Az ellátási láncok modelljeinek hálózati jellemzői. ....	90
6. táblázat A vizsgált emberek különböző tudásmegosztó hálózatokban mért relatív fokszám centralitása.....	99
7. táblázat A vizsgált réteghálózatok hálózati mutatói. ....	101
8. táblázat Információterjedés különböző kiindulási állapotvektorok esetén. ....	102



## 12 ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Egy 17 fős csoport szociogramja. (Forrás: [8]) .....	14
2. ábra Csoportokon belüli és csoportok közötti kapcsolatok. (Forrás: saját ábra) .....	15
3. ábra A Königsbergi hidak problémájának gráfmodellezése. ....	18
4. ábra Különböző hálózatok, amelyek ugyanazzal a gráffal modellezhetők. (Forrás: saját ábra [20] nyomán).....	20
5. ábra Szomszédsági mátrixok. (Forrás: saját ábra) .....	23
6. ábra Az $i$ csomópont be- és ki-fokszáma különböző. (Forrás: saját ábra.).....	24
7. ábra Két azonos számú csomóponttal rendelkező, de a csomópontok közötti kapcsolataiban különböző hálózat és azok fokszámeloszlása. (Forrás: saját ábra) .....	26
8. ábra Egy tíz csomópontból álló irányítatlan teljes gráf. (Forrás: saját ábra) .....	27
9. ábra Példák 0, 1, 2, 3-reguláris gráfokra. (Forrás: saját ábra).....	32
10. ábra Egy 10 csomópontú egydimenziós rács (a) és annak gráfizomorf körgráf leképezése (b). (Forrás: saját ábra.) .....	33
11. ábra Egy 25 csomópontból álló négy (a) és nyolc (b) szomszédságú négyzetrács hálózat. (Forrás: saját ábra).....	34
12. ábra A négyzetrács hálózat (a) átalaktása periodikus határfeltétellel, tórusz topológiájú hálózattá. (Forrás: saját ábra).....	34
13. ábra Egy 70 csomópontból álló negyzetrács hálózat leképezése tórusz felületére. (Forrás: [41]).....	35
14. ábra A Watts-Strogatz modell. (Forrás: saját ábra [43] alapján) .....	36
15. ábra A helyi klaszterezettségi együttható különböző esetekben (Forrás: saját ábra)	37
16. ábra Véletlen és skálafüggetlen hálózatok fokszámeloszlása. (Forrás: [4]) .....	39
17. ábra Átlagos távolságok a különböző skálafüggetlen hálózatokban. (Forrás: [20]).	42
18. ábra Élszínezett gráf (a), élszn szerinti homomorf leképezései (b). (Forrás: saját ábra) .....	44
19. ábra Példa egy többretegű hálózatra. (Forrás: [54]) .....	45
20. ábra Példa egy multiplex hálózatra. (Forrás: [54]) .....	46
21. ábra Példa egy öt tevékenységből álló folyamatot megjelenítő egyedi folyamat- hálózatra. (Forrás: saját ábra).....	63
22. ábra Páros gráf és vetületei. (Forrás: saját ábra).....	64

23. ábra A szakmai kompetenciák és a szervezet tagjaiból álló páros gráf (a), és annak kompetencia alapú hálózati vetülete (b). (Forrás: saját ábra) .....	65
24. ábra A CFinder algoritmus működése (Forrás: Saját ábra) .....	66
25. ábra Helyettesítési kapcsolatok hálózati modellezése. (Forrás: saját ábra.) .....	69
26. ábra A szervezeti alapmodell (a) és annak gráfizomorf leképezése (b). (Forrás: saját ábra) .....	88
27. ábra A különböző ellátási láncok hálózati modelljei. (Forrás: saját ábra).....	89
28. ábra A tradicionális (a) és teljes együttműködésű ellátási lánc (b) robosztussági görbéi. (Forrás: saját ábra) .....	92
29. ábra A különböző réteghálózatok a vizsgált szervezetben. (Forrás: saját ábra) .....	98
30. ábra A vizsgált szervezet informális kommunikáció réteghálózata. (Forrás: saját ábra) .....	100
31. ábra Különböző információterjedési dinamikák. (Forrás: saját ábra).....	103
32. ábra A vizsgált szervezet valós helyettesítési réteghálózata. (Forrás: saját ábra)...	105

## **13 1. MELLÉKLET: A SZERVEZETI KAPCSOLATI HÁLÓ FELMÉRÉSÉHEZ TARTOZÓ KÉRDÉSEK LISTÁJA**

### **A pozíció alapú függelmi réteghálózat ( $R_p$ ) felméréséhez tartozó kérdések:**

Kérdés: *Ki az Ön közvetlen felettese a szervezetben?*

Kontrollkérdés: (nincs)

### **A helyettesítési-réteghálózat ( $R_h$ ) felméréséhez tartozó kérdések:**

Kérdés: *Kik szokták Önt önállóan helyettesíteni?*

Kontrollkérdés: *Kiket szokott Ön önállóan helyettesíteni?*

Kérdés: *Az Ön véleménye szerint, kik képesek Önt önállóan helyettesíteni?*

Kontrollkérdés: *Az Ön véleménye szerint, Ön kiket képes önállóan helyettesíteni?*

### **A szakmai utasítási réteghálózat ( $R_u$ ) felméréséhez tartozó kérdések:**

Kérdés: *Közvetlenül ki adhat Önnek szakmai utasításokat munkavégzése során?*

Kontrollkérdés: *Ön kinek adhat közvetlenül szakmai utasításokat munkavégzése során?*

### **Az önkéntes tudásátadási réteghálózat ( $R_t$ ) felméréséhez tartozó kérdések:**

Kérdés: *Ha Ön a munkavégzésével kapcsolatban új elméleti tudást szerez, vagy gyakorlati tapasztalatra tesz szert, kivel szokta megosztani?*

Kontrollkérdés: *Ki szokta megosztani Önnel a munkavégzéssel kapcsolatos új elméleti tudását, vagy gyakorlati tapasztalatait?*

**Az informális kommunikáció réteghálózat ( $R_i$ ) felméréséhez tartozó kérdések:**

Kérdés: *Ki szokott megosztani Önnel a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?*

Kontrollkérdés: *Ön kivel szokta megosztani a szervezetre vonatkozó nem hivatalos információit?*

**Nyilatkozat a munka önállóságáról, irodalmi források megfelelő módon történt  
idézéséről**

Alulírott Szilágyi Győző Attila kijelentem, hogy a

*„A szervezeti kapcsolati háló, mint a működésbiztonság emberi tényezője”*

című benyújtott doktori értekezést magam készítettem, és abban csak az irodalmi hivatkozások listáján megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2019. szeptember 21.

.....  
Szilágyi Győző Attila