



V. Évfolyam 3. szám - 2010. szeptember

Munk Sándor

munk.sandor@zmne.hu

HÁLÓZATOK FOGALMA, ALAPJAI

Absztrakt

A hálózatok napjaink divatos kifejezései közé tartoznak: "a hálózatok mindenütt ott vannak". A hálózatok között kiemelt szerepet játszanak a társadalom, a technika és a természet komplex hálózata, amelyek a katonai és a polgári alkalmazásban is egyre növekvő jelentőséggel bírnak. A katonai alkalmazásban ezt bizonyítja a hálózatközpontú megközelítések előtérbe kerülése. A különböző jelzőkkel ellátott hálózat-kifejezések sok szakterületen alapvető szerepet játszanak, azonban értelmezéseik általában nem támaszkodnak közös fogalmi alapokra. A közös fogalmi alapok meghatározása talán leginkább az integrálódó, konvergáló információs hálózatok esetében szükséges. Ennek érdekében jelen publikáció az általános hálózat fogalom vizsgálatát, értelmezését tűzte ki céljául. Ezen belül: áttekinti a hálózat köznapi értelmezéseit; bemutatja különböző alkalmazási területek hálózattípusait; és elemzi a hálózat fogalmának általános értelmezését.

Networks are among the 'trendiest' words of our days: "the networks are everywhere". Of networks the complex networks play a crucial role in society, technology, and nature, and have increasing importance in military and civilian application. In military application this is demonstrated by network centric approaches. Networks with different adjectives play essential role in many specialties, but their interpretations do not rely on a common conceptual basis. This common conceptual basis is perhaps the most necessary in case of integrating, converging information networks. For this reason this publication aims to analyse, and interpret the general concept of network. In particular: overviews the everyday interpretations of network; presents different network types of different application areas; and analyses the general interpretation of the concept of networks.

Kulcsszavak: hálózat, általános fogalom, hálózattudomány, komplex rendszerek, ~ network, general concept, network science, complex systems

BEVEZETÉS

A hálózatok napjaink divatos, gyakran használt kifejezései közé tartoznak. Mint azt a hálózatok neves magyar kutatója, Barabási Albert-László megfogalmazza: "Hálózatok mindenhol vannak. Az agy axonok által összekötött idegsejtek hálózata, maguk a sejtek pedig biokémiai reakciók által összekötött molekulák hálózatai. A társadalmak szintén hálózatok, olyan emberek hálózatai, akiket a barátság, a családi kapcsolatok és szakmai kötelékek kötnek össze. Magasabb szinten a táplálékláncok és ökoszisztémák a fajok hálózataiként ábrázolhatók. A hálózatok átjárják a technológiát is: az internet, az elektromos hálózatok, valamint a szállítási rendszerek csupán néhány példa erre. Még a nyelv is, amit gondolataink közvetítésre használunk, önmagában véve nem más, mint szintaktikai kapcsolatokkal összekötött szavak hálózata." [1, 1298.o.]

Egy, a hálózattudomány kereteit elemző tanulmány szerint "Olyan fontos hálózatok, mint az Internet és a villamos-energia hálózatok egyre nagyobbak lesznek, több százmillió, vagy akár milliárdnyi csomópontot foglalnak magukban. Csomópontjaik között összetett és gyakran dinamikus kapcsolati mintázatok találhatók. Az egyes hálózatok egymással – sokszor rekurzív módon – is kapcsolatban állnak. Társadalmi hálózatok építenek információs hálózatokra, amelyek kommunikációs hálózatokra, azok pedig fizikai hálózatokra épülnek." [2, vii.o.]

A hálózatközpontú megközelítések az 1990-as évek végétől a katonai elméletben és gyakorlatban is előtérbe kerültek. Az Egyesült Államok haderejében megjelent a hálózatközpontú hadviselés (Network Centric Warfare), majd a tagállamok hasonló elképzeléseit összegezve született meg a NATO Hálózatalapú Képesség (NATO Network Enabled Capability) koncepciója. Ezek alapját egyrészt az informatika forradalmi ütemű fejlődése, a világméretű hálózatok kialakulása, valamint a polgári alkalmazás erre épülő eredményei, a hálózatközpontú szervezeti struktúrák és megoldások képezték.

A különböző minősítő jelzőkkel ellátott hálózatok a legkülönbözőbb szakterületek fogalomrendszerében megtalálhatóak, fontos szerepet játszanak a tudományos kutatásokban és a gyakorlati alkalmazásban egyaránt. Kiemelten igaz ez az információszerzést, információáramlást (információcserét), információhoz történő hozzáférést támogató hálózatok esetében. A hálózat fogalmak ilyen jelentős szerepe ellenére az egyes szakterületi értelmezések általában nem támaszkodnak közös fogalmi alapokra, nem építenek általánosan érvényes megállapításokra.

Mint azt egy korábbi publikációban már megfogalmaztam "a kommunikáció (távközlés, hírközlés, híradás), az informatika (számítástechnika), illetve az információtechnológia más, szélesebb körben elterjedő szakterületei ... egységes fogalomrendszerének kialakítása szükségessé teszi a valamennyi szakterületen alkalmazott alapfogalmak meghatározását, rendszerezését, egységesen elfogadott értelmezésük kialakítását." [3, 62.o.]

A fentiek alapján jelen publikáció alapvető célja, egy nagyobb kutatás részeként, a hálózat általános – valamennyi szakterület számára alapul szolgáló – fogalmának vizsgálata, értelmezése. Ennek érdekében:

- áttekinti a hálózat kifejezés köznapi értelmezéseit;
- bemutatja a különböző alkalmazási és szakterületek egyes hálózat-típusait;
- elemzi a hálózat fogalom általános értelmezését.

A HÁLÓZAT KÖZNAPI ÉRTELMEZÉSEI

A *hálózat kifejezés a magyar nyelvben* a háló szóból, az általában a sajátosan szervezett dolgok összességére alkalmazott -zat/-zet gyűjtőnévképző alkalmazásával keletkezett. A háló elsődleges jelentései a Magyar Nyelv Értelmező Szótára szerint:

1. Ált. fonalból, csomózással készített, nagy likacsú szövédékek.
2. erős fonalból csomózott, kisebb-nagyobb méretű, különféle alakú és szerkezetű halászó eszköz.
3. földön futó v. alacsonyan repülő madarak, ritk. apróbb vadak megfogására használt, karókra, rudakra erősített, hosszú széles szövédékek. ... [4, 72.o.]

Hasonló értelmezés szerepel az 1990-es évek végén kiadott Magyar Nagylexikonban: "olyan rácsszerű anyag (pl. textil, drót), amelynek egységnyi felületén az anyag sokkal kisebb részarányt képvisel, mint az általa közrefogott nyílás. Régebben főként a kötélből v. zsinórból, csomózással előállított háló volt használatban. ..." [5, 157.o.] A finnugor eredetűnek tartott szó eredeti jelentése a halászatban alkalmazott eszköz volt.

A hálózat kifejezés jelentése a Magyar Nyelv Értelmező Szótára szerint:

1. egymást átszelő egyenes v. görbe vonalak sűrű, szabályos szövédéke, rendszere.
2. nagy területet behálózó műszaki (közlekedési, villamossági, hírközlő, csatorna, stb.) létesítmények összefüggő rendszere.
3. (átv.) egymással összefüggésben levő, hasonló v. azonos intézmények egységesen szervezett, kiterjedt rendszere." [4, 76.o.]

A Magyar Nagylexikonban a hálózat meghatározása nem szerepel, helyette csak utalás van a villamos hálózat és a kereskedelmi hálózat fogalmakra. [5, 164.o.] Az 1960-as években kiadott Új Magyar Lexikon részletesebb és általánosabb meghatározást tartalmaz: "(műsz.) a másodlagos energiahordozók (pl. villamos áram, városi gáz, stb.) szállítására szolgáló vezetékrendszer (drót-, ill. cső-), mely a termelő telepek és a fogyasztó között biztosít kapcsolatot. – Tágabb értelmezésben nagyobb területen fekvő, egymással összefüggő, azonos jellegű létesítmények láncolata (pl. üzlet~, vasút~, stb.)" [6, 189.o.]

Az 1910-es évek Révai Nagy Lexikonában még erdészeti tartalommal találkozhatunk: "(erdészeti) az ültetéssel való erdősítésnél a csemetéknek bizonyos rendszer szerint való kiültetése." [7, 428.o.] Az 1930-as évek végén kiadott Új Idők Lexikona már a villamos energia hálózat jelentést tartalmazza: "(elektromos H.) összeköttetést létesít a fogyasztóberendezések és az áramtermelő telep között. ... a vezetékrendszer egészen hálószerű, innen a neve. ..." [8, 02971.o.]

A *hálózat kifejezés (network) az angol nyelvben* hasonlóképpen a háló (net) származéka. A 'net' jelentései a Webster's és az Oxford szótárakban a következők:

1. csipkeszerű, egyenletes likacsos karton, selyem, műselyem, nylon, stb. anyag, amely gyakran különböző csipkék alapjául szolgál;
 2. speciális célra, például ütővel játszott játékok játékterének felosztására, vagy rovarok elleni védelemre szolgáló likacsos szövetanyag;
 3. erős zsinórból, vagy kötélből készült, likacsos zsák, vagy más eszköz halak, madarak, vagy más állatok elfogására." [9, 960.o.]
1. zsinégból, zsinórból, vagy valami hasonlóból készült nyitott szemű anyag, jellemzően halak, vagy más állatok elfogására;
 2. keretre szerelt hálóból álló szerkezet, amely olyan játékok célját képezi, mint a labdarúgás;

3. nyitott szövésű finom anyag;
4. ..." [10]

A hálózat kifejezés különböző jelentései a két előbb említett szótárban a következők:

- "1. szálak, vonalak, erek, vezetékek és más hasonló dolgok hálószerű együttese;
2. épületek, hivatalok, állomások, stb. egymással kapcsolatban álló rendszere, különösen egy nagyobb területen, országban, tartományban, vagy régióban." [9, 960.o.]
- "1. egymást metsző függőleges és vízszintes vonalak elrendeződése;
2. egymással kapcsolatban álló emberek, vagy dolgok csoportja, rendszere.
 - vasútvonalak, közutak, vagy más utak komplex rendszere;
 - szakmai, vagy társadalmi célokból információt cserélő emberek csoportja;
 - ugyanazon program továbbítását szolgáló műsorszóró állomások csoportja;
 - összekapcsolt számítógépek, gépek, vagy műveletek;
 - csatlakozó elektromos vezetékek." [10]

Az angol nyelvben vannak más kifejezések is hasonló tartalommal. Ezek közé tartozik a hálószerű anyag, háló szeme (mesh), a szövedék (web), valamint a rácsozat (grid). A 'web' napjainkban már az Interneten működő hypertext rendszer (World Wide Web) közszóvá vált megnevezése. A 'grid' kifejezéssel pedig sokszor lehet találkozni a technikai jellegű hálózatok megnevezésében: pld. országos áramhálózat, az Egyesült Államok haderejének Globális Informatikai Hálózata, vagy a számítási gridek, grid-alapú számítások.¹

A *hálózat kifejezés más nyelvekben* a magyartól és angoltól sokszor eltérően jelenik meg. A német nyelvben a hálózat kifejezés egyes változataiban a német nyelvben eredetileg csak az angol 'net' szóval azonos gyökerű 'Netz' szerepelt². Ezek mellett ma már találkozhatunk a 'Netzwerk' változatokkal is. Egyes vélemények szerint a 'Netzwerk' kifejezés csak Tannenbaum: Számítógép-hálózatok című könyvének németre fordításával jelent meg. Napjainkban a két kifejezés már nem minden helyzetben cserélhető fel: pld. [digitális] hálózati kártya (Netzwerkkarte) és [elektromos] hálózati tápegység (Netzteil). A francia nyelvben eltérő kifejezés jelöli a pókhálót (toile), a halászhálót (filet) és a különböző (ér-, vasút-/közút-/telefon-, kereskedelmi, kém-) hálózatokat (réseau). Mint látható, ez utóbbi nem az előzőekből képzett kifejezés, eredete a latin 'rete' = háló kifejezésre vezethető vissza. Az orosz nyelvben a magyarban részben eltérő háló és hálózat tartalmak megnevezésére egyaránt a 'сеть' kifejezés szolgál, a hálózat megkülönböztetésére nem alakult ki új kifejezés.

HÁLÓZATFOGALMAK, TÍPUSOK

A tapasztalat azt mutatja, hogy a hálózat (egyelőre részletesebb értelmezés nélkül használt) fogalma a természet, a technika és a társadalom számos rendszerének, objektumának, jelenségének leírására alkalmas. Ennek megfelelően széles körben, a legkülönbözőbb szakterületeken találkozhatunk a különböző jelzőkkel ellátott hálózat kifejezésekkel. A fogalom általános értelmezése előtt tekintsünk át röviden néhány jellemző példát szakterületi hálózat-fogalmakra és egyes sajátosságaikra.

¹ Global Information Grid (GIG), grid computing.

² Stromnetz = villamoshálózat, Telefonnetz = telefonhálózat, Computernetz/Rechnernetz = számítógép-hálózat

A *természeti, molekuláris és biológiai hálózatok* között számos példát találhatunk egymáshoz csatlakozó vonalas összetevőkből felépülő hálózatokra, amelyek sok esetben hierarchikus szerkezetűek. Ilyenek például:

- a természeti környezet vízvezeték-hálózata (folyórendszerei), amelyek egy adott térség egymásba ömlő felszíni vízvezeték-hálózatainak együttese;
- a növények gyökérhálózata (gyökérzete), amely főgyökerek, vagy mellékgyökerek, majd azokból kiinduló oldalgyökerek és hajszálgyökerek rendszere;
- a keringési rendszer részét képező érvezeték-hálózat, amely főverőerek, verőerek, kiserek, hajszálerek, gyűjtőerek és vénák összessége;
- az idegrendszer részét képező neurális (ideg-) hálózat, amely az idegsejtek elektromos és kémiai kapcsolódási pontok (szinapszisok) segítségével összekapcsolt csoportja.

Az előzőekben felsoroltak mellett az élővilágban olyan folyamatokat is találhatunk, amelyek szintén hálózatokként jellemezhetőek, vizsgálhatóak. Ezek közé tartoznak többek között a következők:

- a sejtek anyagcsere-hálózata, amelyek az élő szervezetben lejátszódó reakciók, egymásra épülő reakció-utak összefüggő rendszerei;
- az ökoszisztémák táplálék-hálózata (egyszerűbb esetben táplálékláncok), amelyek egy élőhely fajainak táplálkozási kapcsolatait írják le.

Ezek esetében a hálózatot alkotó utak (kapcsolatok) már nem megfogható módon létező dolgok, hanem felismert kapcsolatok, összefüggések, ami a hálózatjellegből és a hálózatorientált szemléletmód használhatóságából semmit sem von le.

Az *épített környezet és a technika világa* az előzőeknél is több példát nyújt hálózatokra. Ilyenekkel találkozhatunk például a közlekedés, illetve a vezeték nélküli kommunikáció (köztük a közüzemi szolgáltatások) területén:

- az út-hálózatok (általában) a használat során kialakult, vagy mesterségesen kialakított utak összefüggő rendszerei, ezen belül a közúthálózat az országos közutak és helyi közutak együttese;
- a vasúthálózatok (vagy vasúti pályahálózatok) fővonalak, mellékvonalak, összekötő és csatlakozó pályák összefüggő rendszerei, amelyek csomópontjait vasútállomások, pályaudvarok képezik;
- a vízi közlekedési hálózatok vízi közlekedési útvonalak kikötőkkel összekapcsolt rendszerei;
- a légi közlekedési hálózatok légi közlekedési útvonalak repülőterekkel összekapcsolt rendszerei;
- a villamos energia szállítását biztosító átviteli és elosztó hálózatok az erőműveket, átalakító- és kapcsoló-berendezéseket, csatlakozási pontokat, valamint a fogyasztói helyeket összekötő különböző vezetékek rendszerei;
- végül a különböző gáznemű és cseppfolyós anyagok (ivóvíz, szennyvíz, gáz, kőolaj, stb.) szállítására szolgáló csővezeték-hálózatok forrás-, továbbító (szivattyú/kompresszor), szabályozó/lezáró, valamint célállomásokat összekötő csővezetékek rendszerei.

Napjaink technikai hálózatai között egyre növekvő jelentőséggel bírnak az *információkat továbbító, elosztó hálózatok*, amelyek közül – mivel egy későbbi publikációban részletesebben fogunk velük foglalkozni – szemléltetésképpen csak felsorolásszerűen említjük meg a következőket: távíró-, rádió-, távbeszélő-, műsorszóró, számítógép-, szenzor-, stb., általánosabb értelemben pedig távközlési és informatikai hálózatok.

A technikai hálózatok sajátos formáját képviselik az úgynevezett *áramköri (villamos) hálózatok*, amelyek egy vagy több áramforrásból, egy vagy több fogyasztóból és további áramköri (kapcsoló, szabályozó, stb.) elemekből, valamint az ezeket összekötő átviteli vonalakból (vezetékekből és/vagy vezeték nélküli összeköttetésekből) felépülő rendszerek.

Napjainkban már a *társadalmi szféra hálózatai* is a tudományos kutatás és a mindennapi élet középpontjába kerültek. Központi összetevőiket a társadalmi szféra szereplői (az egyes emberek és ezek tartós csoportjai) alkotják, amelyeket különböző szociális kapcsolatok rendeznek hálózatokba. Ilyenek például a következők:

- a településhálózatok egy adott térség egymással sokrétű (pld. együttműködési, alá-fölérendeltségi) kapcsolatban álló településeinek összességei;
- az intézményhálózatok egy adott funkciójú, adott szolgáltatási (pld. kereskedelmi, oktatási, művelődési, egészségügyi, stb.) körbe tartozó, különböző helyekre telepített intézmények rendszerei (ezen belül beszélhetünk egy adott tulajdonoshoz, szervezettrendszerhez tartozó intézmények hálózatáról is);
- végül a közösségi (ismeretségi) hálózatok egyének és a köztük fennálló szociális kapcsolatok (barátság, rokonság, közös érdeklődés, stb.) összességei.

A HÁLÓZAT FOGALOM ÉRTELMEZÉSE

Az előzőekben láthattuk, hogy a hálózat fogalom köznyelvi definíciói általában nem egy átfogó meghatározást, hanem több párhuzamos értelmezést tartalmaznak. A szakterületi lexikonokban, fogalomjegyzékekben, dokumentumokban ezzel szemben a hálózat minősítő jelzővel ellátott, vagy jelző nélküli kifejezésével és mindkét esetben az ehhez tartozó szakterület-specifikus meghatározásokkal találkozhatunk. Napjainkban gyakorlatilag csak az egyre növekvő népszerűségű hálózatelméleti, hálózattudományi³ kutatások foglalkoznak a hálózat általános tartalmú meghatározásával.

Az előző pontban bemutatott *hálózat-fajták közös jellemzőit* keresve megállapítható, hogy valamennyien összekapcsolt elemek, objektumok rendszerei. Az egyes hálózatok elemei sokfélék lehetnek: folyók, erek, anyagcsere reakciók, fajok, utak, villamos energia erőművek és fogyasztók, áramköri elemek, intézmények, vagy emberek. Hasonlóképpen sokfélék az egyes elemek között fennálló kapcsolatok is: folyók, erek egymásba folyása; reakciók egymásra épülése; fajok táplálkozási kapcsolatai; utak csatlakozása; villamos energia vezetékek; áramköri kapcsolatok; intézmények közötti kapcsolatok; vagy szociális kapcsolatok.

Bár ezzel a hálózatokat általában vizsgáló tudományok ritkábban foglalkoznak, a különböző hálózatok két nagy csoportba sorolhatóak. Az első csoportot a vonalnak nevezhető hálózatok képezik, amelyekben az alapvető, elsődleges elemek vonalas objektumok (folyók, erek, utak, stb.) és kapcsolataikat ezek találkozásai képezik. A második csoportba tartozó hálózatok központi elemei a csomópontok és a kapcsolatokat az ezek között fennálló fizikai, vagy absztrakt összeköttetések, összefüggések alkotják. A vonalas hálózatok esetében az egyes vonalas objektumok több csatlakozási ponton át is megőrzik azonosságukat (pld. folyók, közutak, stb.), míg a csomópont hálózatok összeköttetései két csomópont között léteznek. A hálózatok fenti csoportosítás szerinti besorolása nem mindig egyértelmű, mivel csomópont hálózatok esetében is van lehetőség az egyes kapcsolatok összetett kapcsolat-sorozatokba, láncokba rendezésére.

³ Network Theory, Network Science.

Az összekapcsoltság, a kapcsolatrendszer a hálózatok alapvető összetevője, azonban köznapiban nem minden kapcsolatrendszert nevezünk hálózatszerűnek. A hálózat és a *hálózatszerűség* fogalmihoz – ha nem is kizárólagos értelemben – hozzákapcsolódik a kapcsolatrendszer összetettsége, komplexitása. A hálózatszerű kapcsolatrendszer egyik megkülönböztető jellemzője lehet az erősen összekapcsoltság, hogy a különböző elemek között több összeköttetés létezik, vagyis a kapcsolatrendszer nem fastruktúrájú.⁴

A szervezeti struktúrák esetében a *hálózati jelző* például egy autonóm együttműködő szervezetek közötti, összetett, laza, dinamikus változó kapcsolatrendszert jelez. A hálózatok központi katonai megközelítések esetében (pld. hálózatok központi hadviselés, hálózat alapú képesség) pedig a *hálózati jelleg* mindenekelőtt különböző elemek, összetevők – korábban nem létező – összekapcsolásában és ennek révén képességeik, szolgáltatásaik hatékonyabb kihasználásában, a feladatmegosztás és a végrehajtás magasabb szintű rugalmasságában rejlik. A hálózati kapcsolatok alapvetően információcserét és szolgáltatásnyújtást biztosítanak. A hálózatok központi megközelítések gyakran használt fogalmi közé tartoznak a 'hálózatosság/hálózatba kapcsolás' és a 'hálózatos/hálózati' jelző, amelyeket gyakran kiegészít az 'erőteljes' minősítés is, ami az összetett kapcsolatrendszerre utal.⁵ [11, 88-91.o.; 12, 17.o.].

A *hálózat fogalma* a hálózattudományban matematikai, ezen belül gráfelméleti alapokra épül. Ennek megfelelően a hálózat csúcsok/csúcspontok (csomópontok) és az ezeket páronként összekapcsoló élek (kapcsolatok) összessége.⁶ Az ezzel lényegében megegyező tartalmú gráf fogalom azonban csak a hálózatok legegyszerűbb változatainak leírására alkalmas. Az előzőekben bemutatott hálózatok ennél sok szempontból összetettebbek. Lehetséges például, hogy a hálózat csomópontjai nem egyneműek, különböző csoportokba sorolhatóak és a közöttük fennálló kapcsolatok, élek is eltérő típusokhoz tartoznak. Ezen kívül mind a csomópontokhoz, mind az élekhez különböző – numerikus és más – tulajdonságok kapcsolódhatnak. A hálózatok továbbá változhatnak, új csomópontok és élek keletkezhetnek, meglévő csomópontok és élek szűnhetnek meg. Végül a hálózatok esetében a topológiai tulajdonságok mellett lényegesek lehetnek a térbeli, földrajzi jellemzők is.

A felsorolt sajátosságok kezelésére a gráfelmélet és az operációkutatás is bevezetett új fogalmakat, mint az irányított gráfok, súlyozott gráfok, véletlen gráfok, hálózati folyamatok, stb. és folytatja ezek vizsgálatát, azonban ezek is csak korlátozott mértékben felelnek meg a valós hálózatok problémáinak vizsgálatára. A *hálózat a gráfelméletben, operációkutatásban* (a hálózati folyamatokhoz kapcsolódóan) olyan irányított gráf, amelyben az élekhez alsó korlát, kapacitás és költség értékek, a csomópontokhoz pedig kínálat/kereslet értékek tartoznak. [13, 95.o.; 14, 3.o.] Ez a modell lehetővé teszi számos leíró ('mi van'), előrejelző ('mi lesz') és előíró ('minek kell lennie') jellegű probléma, feladat megoldását.

A *hálózat a hálózattudomány fogalomrendszerében* a valóságban létező fizikai, biológiai és társadalmi objektumok absztrakciója, vagyis "a hálózat mindig a megfigyelhető valóság egy reprezentációja, vagy modellje és nem a valóság maga". Ebből következik az is, hogy ugyanazon rendszernek, folyamatnak, jelenségnek létezhet több különböző reprezentációja, leírható különböző hálózatok formájában is. [2, 27.o.] Ennek megfelelően "a hálózattudomány a fizikai, biológiai és társadalmi jelenségek hálózat reprezentációit vizsgáló tudományterület",

⁴ Lásd például a szekvenciális, hierarchikus és 'hálós' adatszerkezetek megkülönböztetését.

⁵ Networking, networked, robust networking, robustly networked.

⁶ Vertex, node, edge, link.

amelynek célja különböző területeken alkalmazható modellek, technikák, eszközök kialakítása. [2, 28.o.]

A *hálózat és rendszer* fogalmak szoros kapcsolatban állnak egymással. A rendszerek általánosítható tulajdonságainak (struktúrájának, viselkedésének, stb.) vizsgálatával a múlt század közepén létrejött rendszerelmélet foglalkozik. A rendszer egy értelmezés szerint egymással kölcsönhatásban, kapcsolatban álló elemeknek olyan együttese, amely meghatározott körülmények között egészként szemlélhető. A struktúra pedig az elemek elrendeződésének, kapcsolódásának módja, formája. [15]

A hálózattudomány éppen a rendszerek, ezeken belül a komplex rendszerek struktúráját (struktúráit) tanulmányozza. [16] Ez megjelenik a hálózattudomány egyik, már hivatkozott alapvető dokumentumában is, ahol igényként fogalmazódik meg "egy hálózattudománynak nevezett új kutatási terület létrehozása, amely bővíti a komplex rendszerekre és a hálózati viselkedést megjelenítő folyamatokra vonatkozó tudást". [2, 26.o.]

A *komplex rendszer* meghatározása már a rendszerelmélet első anyagaiban megjelent, de elsődlegesen a fizikában került alkalmazásra olyan rendszerek esetében, ahol az alkotóelemek nagy száma és a közöttük lévő kölcsönhatás révén a rendszer viselkedése az egyes egységektől lényegesen eltérő sajátosságokat mutat. [17] Tehát a komplex rendszer egyes tulajdonságai (viselkedése), nem vezethetőek le összetevői tulajdonságaiból. Az ilyen tulajdonságokat emergensnek (hirtelen megjelenőnek) is nevezik, amelynek lényegére különböző értelmezésekkel találkozhatunk. Ezek közül témánk szempontjából a következők használhatóak: egyszerű alacsony szintű mechanizmusok egyszerű módon történő kombinálódása révén bonyolult és érdekes magas szintű funkciók jönnek létre; egy rendszerben a tervező céljai között nem szereplő érdekes tulajdonságok jelennek meg. [18, 49-50.o.]

A *komplex hálózatok* egy meghatározás szerint nem triviális topológiai jellemzőkkel rendelkező – vagyis nem egyszerű, szabályos (pld. rács-) és nem is véletlenül kialakult – hálózatok. [2, 62.o.] Más megfogalmazások szerint a komplex hálózatok olyan hálózatok, amelyek struktúrája nem szabályos, összetett és időben dinamikusan változó, a hálózattudomány célja pedig a kis hálózatok elemzése helyett a több ezer, vagy millió, köztük dinamikusan működő csomópontokból felépülő rendszerek vizsgálata. [19, 177.o.] A fogalom jelentőségét mutatja, hogy az ilyen komplex hálózatok közé tartozik a legtöbb társadalmi, biológiai és technikai hálózat.

ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

Az előzőekben elmondottakra építve megfogalmazható, hogy a legáltalánosabb értelmű – jelző nélküli – 'hálózat' fogalom valamely létező, vagy elképzelt objektum (rendszer, folyamat, jelenség, stb.) valamilyen szintű absztrakciója, amelynek lényege az objektum elemeinek és az azok között fennálló kapcsolatoknak – vagyis az objektum (valamely) struktúrájának – a megjelenítése, leírása. A legmagasabb szintű absztrakció eredménye a matematikai gráfok formájában történő reprezentáció. A hálózatok szélesebb körben hasznosítható értelmezése ennél valamivel alacsonyabb szintű absztrakciót, vagyis az adott objektum több sajátosságának megjelenítését igényli.

A hálózat fogalom reprezentációként történő értelmezése természetesen nem veszi el a létjogosultságot valós rendszerek hálózatoknak nevezésétől, azonban látni kell, hogy egy valós

rendszer mindig több mint egy 'hálózat', sőt ugyanazt a rendszert különböző vizsgálati szempontok, nézőpontok alapján különböző 'hálózatok' írják le, különböző hálózatoknak tekinthetők.

A fentiek alapján a *hálózat általános fogalma* a következő formában határozható meg: meghatározott tulajdonságokkal rendelkező elemek (csomópontok) és az ezek között fennálló, meghatározott tulajdonságokkal rendelkező kapcsolatok összessége. A definícióból következően egy adott hálózat esetében:

- meg kell határozni, hogy melyek a hálózat csomópontjait alkotó elemek;
- melyek ezen elemek releváns típusai, tulajdonságai;
- melyek az elemek között fennálló kapcsolatok;
- és melyek ezen kapcsolatok releváns típusai, tulajdonságai.

A hálózatok – a definícióból láthatóan – önmagukban is eleget tesznek a rendszerfogalom kritériumainak, így a rendszerelméletben megfogalmazott elveknek megfelelően a hálózat elemeinek, kapcsolatainak és ezek figyelembe veendő tulajdonságainak meghatározása vizsgálati cél-függő. Ezenkívül esetükben is nyilvánvalóan értelmezhetőek a részhálózat (alhálózat⁷) fogalmak. Részhálózat alatt egy hálózat kiválasztott elemeinek és kapcsolatainak olyan összességét értjük, amely maga is hálózatot alkot. A részhálózat körülhatárolása során szűkülhet az elemek és tulajdonságaik, illetve a kapcsolatok és tulajdonságaik köre.

A fentiekben megfogalmazott definícióra építve a hálózatok adott típusai (köztük az információs folyamatok, tevékenységek támogatásához kapcsolódó, információs szolgáltatásokat nyújtó hálózatok) fogalmi alapjainak vizsgálatához a további kutatások során először össze kell gyűjteni a szakmai és tudományos irodalomban leggyakrabban előforduló kifejezéseket és ezek rögzített, vagy kikövetkeztethető értelmezését. Fel kell tárni a szinonimákat (azonos tartalmú, de eltérő megnevezésű fogalmak) és a homonimákat (azonos megnevezésű, de eltérő tartalmú fogalmakat).

Ezt követően – a tudományos fogalom-alkotás szabályainak megfelelően – meg kell határozni az adott csoportba, illetve ezen belül különböző alcsoportokba tartozó hálózatok közös megkülönböztető jegyeit. Ez teszi lehetővé a gyakorlatban előforduló számos, jelzővel ellátott hálózat-fogalom rendszerezését, egymáshoz való viszonyuk tisztázását, az alapvető fogalmak kiválasztását és tartalmuk meghatározását. A magasabb szintű nem-fogalmon (hálózat) belüli fogalomképző jegyek sokfélék lehetnek és sokfélék lehetnek indokoltak, valamilyen célból hasznosak.

Végül az 'információs tevékenységek támogatásához kapcsolódó' hálózatok, legfontosabb hálózat-típusok esetében a fogalom-meghatározások után végre kell hajtani az adott típus esetében alapvetőnek tekintett elemek és kapcsolatok, valamint ezek lényeges tulajdonságai kiválasztását, meghatározását.

Az 'információs hálózatok' fogalmi alapjainak tisztázása során külön feladatként kell majd megoldani a hálózat – rendszer – infrastruktúra fogalmak tartalmának, összefüggéseinek feltárását is. Előzetes hipotézisként megfogalmazható, hogy ezek rész-egész viszonyban (is) vannak egymással, vagyis egy informatikai rendszer részét képezi egy informatikai infrastruktúra

⁷ Az alhálózat-részhálózat fogalmak megkülönböztetése többféle kritérium alapján is lehetséges, amelyek közül az egyik szerint alhálózatról funkcionális szempontok szerinti elkülönítés (összetartozás) esetén beszélhetünk.

(amely egyben lehet a rendszer határait meghaladó átfogó infrastruktúra része is) és az informatikai infrastruktúra részét (vagy egészét?) képezi egy informatikai hálózat.

Kiemelésre fontos, hogy a fenti megállapításokat érdeklődési körünknek megfelelően a továbbiakban már az információs tevékenységekhez kapcsolódó hálózatokra szűkítve célszerű meggondolni, mivel ezek a kérdések eltérő módon jelentkeznek, vagy részben nem is értelmezhetőek más hálózat-fogalmak esetében. Infrastruktúráról például gyakorlatilag csak a technikai szféra hálózatai esetében van értelme beszélni. Más területeken pedig a rendszer és hálózat fogalmak szinte szinonimaként használatosak, tartalmi megkülönböztetésükre kevés lehetőség van.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARABÁSI Albert-László: A hálózatok tudománya: a társadalomtól a webig. – *Magyar Tudomány*, 2006/11. (1298-1308. o.)
- [2] *Network Science*. (by Committee on Network Science for Future Army Applications, National Research Council) – National Academies Press, Washington, 2005
- [3] MUNK Sándor: A kommunikáció fogalomrendszerének keretei, az integrálódó információs technológiák korában. – *Kommunikáció 2009 konferencia kiadványa, 2009.10.14.*, Budapest, ZMNE (51-64.o.)
- [4] *A magyar nyelv értelmező szótára. Harmadik kötet, H-Kh.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1965.
- [5] *Magyar Nagylexikon. Kilencedik kötet, Gyer-Iq.* – Magyar Nagylexikon Kiadó, Budapest, 1999.
- [6] *Új Magyar Lexikon. III. kötet, G-J.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
- [7] *Révai Nagy Lexikona. IX. kötet, Gréc-Herold.* – Révai testvérek Irodalmi Intézet Rt., Budapest, 1913.
- [8] *Új Idők Lexikona. Tizenkettedik kötet, Gyalóka-Herczegh.* – Singer és Wolfner Irodalmi Intézet Rt., Budapest, 1938.
- [9] *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language.* – Gramercy Books, New York/Avanel, 1996.
- [10] Oxford Dictionaries Online. – Oxford University Press, 2010.
[www.oxforddictionaries.com, 2010.09.13.]
- [11] ALBERTS, David S. – GARSTKA, John J. – STEIN, Frederick P.: *Network Centric Warfare. Developing and Leveraging Information Superiority. (2nd Edition).* – CCRP Publication Series., 2000
- [12] *NNEC Best Practices Handbook.* – Command and Control Centre of Excellence, 2009
- [13] BANG-JENSEN, Jorgen – GUTIN, Gregory: *Digraphs: Theory, Algorithms, and Applications.* – Springer Verlag, 2007
- [14] AHUJA, Ravindra K. – MAGNANTI, Thomas L. – ORLIN, James B.: *Network Flows.* – MIT Sloan School of Management, Cambridge, 1988

- [15] NAGY József: *Rendszertudományok, rendszerkutatás*. – Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1978.
- [16] NEWMAN, Mark E. J.: The structure and function of complex networks. – *SIAM Review*, 2003/2. (167-256.o.)
- [17] KERTÉSZ János-VICSEK Tamás: Komplex hálózatok a természetben és a társadalomban. – *Magyar Tudomány*, 2006/5. (558-564. o.)
- [18] CHALMERS, David J.: Az emergenciació változatai. – *Világosság*, 2003/3-4. (43-51.o.)
- [19] BOCCALETTI, S. – LATORA, V. – MORENO, Y. – CHAVEZ, M. – HWANG, D-U.: Complex networks: Structure and Dynamics. – *Physics Reports*, 2006/4-5. (175-308. o.)