

Károly Krisztián

krisztian.karoly@mil.hu

LÖVÉSZ ZÁSZLÓALJ KAPCSOLATI RENDSZEREINEK VIZSGÁLATA HÁLÓZATELEMZÉSI MÓDSZEREKKEL

2. RÉSZ

Absztrakt

Korunk információs társadalmának vívmányai komoly kihívások elé állították a haderőt is. A vezetés szervezés részét képező döntési ciklusok illetve az információfeldolgozás ideje drasztikusan lecsökkent. A hadviselő felek közül az információs uralmat kialakító fél vezetési fölényhez juthat. Ezen új típusú gondolkodásmód hívta életre a hálózat központú hadviselés rendszerét. Mint minden hálózat a katonai hálózatok is jól vizsgálhatók matematikai módszerekkel. A 2000-es éveket követően komoly hálózatelemzési matematikai modellek születtek, amelyek ismeretében kézenfekvő ezen módszerekkel elemezni a Magyar Honvédség alakulatait a hálózat centrikus műveleti térben. Kutatásaimban skálafüggetlen hálózatokat keresek egy lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében. Jelen publikációm egy hálózatelméleti kutatássorozat második része.

The army also met the modern applications' challenges of the information based society. The decision cycles and the time of the information management (part of the command & control system) dropped off dramatically. The faster powers at war can reach the leadership dominance. This new headgoal made the Network Centric Warfare (NCW) theory. The military networks (similar to the other networks) is analysed well by mathematical methods (e.g. graph theory). There was a revolution in the network analysis in dawn of 21th century, and it improved this segment of the mathematic. It is necessary to research the forces of the Hungarian Defence Forces with these new methods. I search for fractals and scale-free networks in the order link system and in the information link system of an infantry battalion. This is the second step of a publication series.

Kulcsszavak: *hálózatelemzés, skálafüggetlen, önhasonló hálózatok, hálózat központú hadviselés, híradás ~ network centric warfare, signal, scale-free network*

*„A természet nagy könyve a matematika nyelvén íródott.”
Galileo Galilei*

BEVEZETÉS

Korunk hadviselése a konvencionális szimmetrikus jellegről az aszimmetrikus felé tolódott el. A katonai műveletek meghatározó többsége olyan negyedik generációs műveletek [1] [2], mint a felkelők elleni műveletek vagy a migrációs problémák kezelése. Figyelve korunk konfliktusait, mint például az iraki háború, vagy a 2014-es kijevei tüntetések a nagy nemzetközi médiumok mindenhol ott vannak, egy-egy katonai cselekvési hiba akár stratégiai következményekkel is járhat. Ezt felismerve Charles Krulak az Egyesült Államok Tengerészgyalogságának tábornoka megalkotta a „Stratégiai tizedes” koncepcióját [3], melynek lényege, hogy egy rajparancsnok is hozhat tevékenysége során olyan döntéseket, melyeknek következményei lokális szintről emelkedve stratégiai horderővel is bírhat. Ezen események következtében megnövekedett a jelentősége, hogy az alacsonyabb szervezeti szinten elhelyezkedő alegységeket képesnek kell lennünk a magasabb parancsnokságokkal is közvetlenül összekapcsolni. Válaszként megalkották a hálózat központú hadviselés koncepcióját az 1990-es Öböl-háborút követően. A hálózatos modell segítségével az információk terjedése mind horizontális, mind vertikális úton könnyebbé válik. Ennek tükrében vizsgálni kívánom egy lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerét, illetve olyan ideális híradó rendszerre javaslatot tenni, amely jól szolgálja a zászlóalj függelmi-, és információs kapcsolati rendszerét. Rész kutatási célom skálafüggetlen topológia kimutatása a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében.

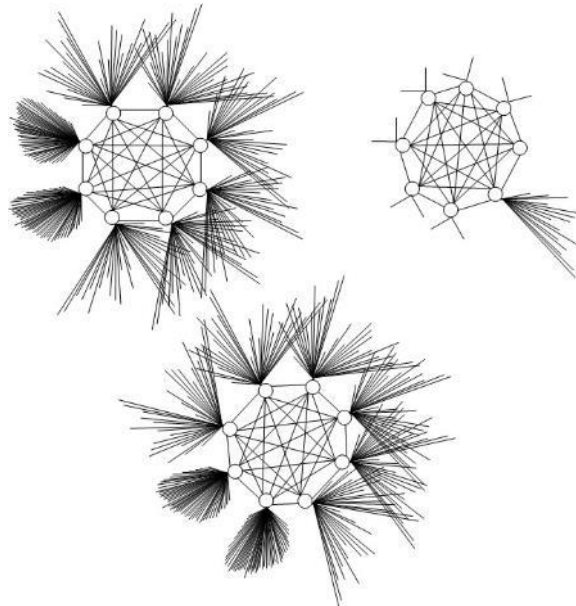
Előző publikációmban részletesen tárgyaltam a hálózat központú hadviselés és a hálózatelemzéshez szükséges alap definíciókat. Vizsgálva a lövész zászlóalj függelmi kapcsolati rendszerét skálafüggetlen hálózatot találtam. A hálózat önszerveződési dinamikáját modellezve önhasznós tulajdonságot találtam, amelyek fraktál szerű tulajdonságokat mutatnak. Mindezen eredmények alapján a vizsgált (és hasonló) hálózatokat számítógéppel könnyebben modellezhetjük.

LÖVÉSZ ZÁSZLÓALJ INFORMÁCIÓS KAPCSOLATRENDSZERÉNEK ELEMZÉSE

Első lépésben megpróbáltam létrehozni az információs kapcsolatrendszer leíró gráfot. A felépítéshez alapul vettem a Szervezeti és Működési Szabályzatot, saját híradás szervezési tapasztalataimat, és kérdéses esetekben interjúkat készítettem. A kapott eredményekből felépítettem a szomszédossági listát, melyet összegeztem és így kaptam a csomópontokhoz kapcsolódó élek számát. A csomópontok értéke (N) továbbra is megközelítőleg 700, azonban az élek száma jelentősen megnövekedett: 15030-ra. Egy ilyen robosztus gráf felrajzolása, rengeteg időt venne igénybe, és kuszasága miatt kevés vizuális információt hordozna a kutató számára. Így a szemléltetés kedvéért csak rész csoportokat ábrázoltam (1. ábra). Már a kvantitatív adatok összesítésénél szembetűnt, hogy a gráf rendelkezik nagy fokszámú csomópontokkal, melyek várhatóan középpontok a hálózaton belül.

Az első és legszembevetőbb tulajdonsága a gráfnak a Granovetter-csoportok megjelenése [4; p. 48.] [5]. Az egyes kis csoportokon (rajok, részlegek) belül mindennapi munkakapcsolatok alakulnak ki (erős kapcsolatok), ezzel teljes gráfot alakítanak ki a szervezeti egységben. Ezek a csomópontok gyenge kapcsolatokkal kötődnek a zászlóalj más szervezeti egységeiben lévő csomópontokhoz, így áramoltatva a munkához szükséges információkat. További érdekesség, hogy egyes csoportok csomópontok gyenge kapcsolatainak a száma átlagosan kettő (pl. lövész rajok), addig más csoportok (részlegek) csomópontjainak gyenge kapcsolatai átlagosan 30

körültek. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a lövész katonák nem barátkoznak másokkal, hanem a munkájukhoz szükséges információt belülről veszik, és a közvetlen felettesüktől, továbbá információkat kifelé a megfelelő csatornán a vezetőjükön áramoltatnak ki. Addig más csoportok, mint például a logisztikai részleg, a nagyszámú gyenge kapcsolatain keresztül szerzi be a munkájához szükséges információt, amit a csoporton belül feldolgoznak. Ezt a rendszert a következő ábra szemlélteti:



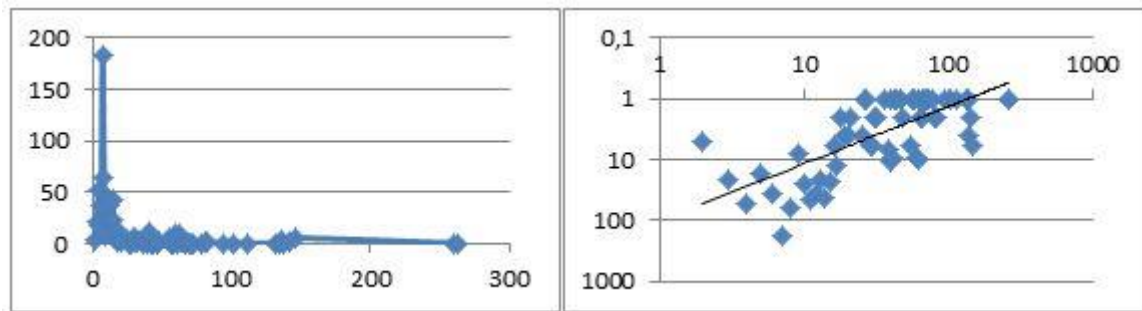
1. ábra. Granovetter csoportok gyenge és erős kapcsolatai a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében

A következő lépésben vizsgálom a hálózat skálafüggetlen tulajdonságait a Barabási-féle kritériumok alapján [4].

1. Növekedés. Belátható, hogy egy feladat tervezése-végrehajtása beindítja az információs csatornákat, újak alakulnak ki, majd a feladat végeztével ezek lecsökkennek, majd újra megsokszorozódnak. Az általam vizsgált állapot csak egy időpillanat volt a hálózatban. Tehát a hálózat dinamikus, kielégíti a feltételt.
2. Népszerűség: A gráfon belül minden csomópontnak van egy értéke, amiért vonzó lehet hozzá kapcsolódni. Ez az érték függ a szervezeten belül elfoglalt szerepétől, ilyen lehet például a logisztikai részleg elektronikai szolgálatvezetője. Neki szükséges megszereznie a zászlóalj elektromos eszközeinek hadrafoghatóságáról szóló információkat, és azok javításáról gondoskodni, ez egy gazdag kapcsolati hálót eredményez számára. Tehát a gráf egyes csomópontjai népszerűbbek más csomópontoknál.

Következő lépésben vizsgáltam a 80/20-as szabály meglétét. Kiszámoltam a zászlóalj létszámának a 20%-át, majd sorba állítottam a csomópontokat fokszámaik alapján. Ezt összevettem a teljes kapcsolatok számával. Eredményül a gráf csomópontjainak 20%-a uralja az élek 86%-át, mely kielégíti a Pareto-szabályt.

A hálózat fokszámainak alakulását grafikonon vettem össze az előzőekhez hasonló módon.



2. ábra. Lövész zászlóalj információs kapcsolatrendszerének foksám eloszlása

Az ábrákon a késsel jelölt pontok a kapott értékek eloszlása, a fekete vonal pedig a várható értéket jelöli. A fenti ábrák alapján a skálafüggetlenség feltétele egyértelműen nem teljesül.

Alaposan megvizsgálva a hálózatot néhány nagy fokszámmal rendelkező csomópontot, ún. középpontokat találunk, mely jó eséllyel mozdítja a hálózatot a skálafüggetlen tulajdonság felé. Megállapítható, hogy a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszere egy moduláris skálafüggetlen hálózat.

Az önhasonlóságot tekintve a hálózat lényegesen gyengébb a függelmi kapcsolatrendszerhez képest. Az egyes lövész századok önhasonlóak, azonban a harci támogató, és kiszolgáló alegységek eltérése növekszik a korábbi hálózatokhoz képest, ez a nagy foksámú csomópontokban mutatkozik meg. A szervezeti egységek különböző csomópontú teljes gráfokat alkotnak. Ezek a részek különböző fokszámmal kapcsolódnak egymáshoz. Bár egyes szervezeti elemek (pl. lövész századok) hasonló tulajdonságokat mutatnak. Az eredmények alapján nem egyértelműen megállapítható az önhasonlóság. Azonban, ha a gráfot modulokra bontjuk (századok, szakaszok, rajok) ismét megbizonyosodhatunk a hálózat moduláris skálafüggetlen tulajdonságáról.

Vizsgáltam továbbá a hálózat kisvilág tulajdonságát, esetünkben $k=20$, így a korábbi képlet alapján:

$$d = \frac{\lg N}{\lg k} = 2,2$$

Ez a csomópontok közötti átlagos távolságra kapott érték jóval kisebb az előző hálózatban kapottól, tehát átlagosan 3 lépés alatt (fele a függelmi kapcsolati rendszerhez képest) eljut az információ a szervezet egy tetszőleges csomópontjától egy másikba. Ennek óriási szerepe van a működést tekintve. Például az alegység feltöltöttségéről szóló információk kevesebb torzulást követően jutnak el mondjuk a logisztikai részleg szakbeosztású személyeihez, akik meg tudják tenni a megfelelő intézkedéseket, és segítik a parancsnok döntésének előkészítését.

ÚT A MODULARITÁS NÉLKÜLI SKÁLAFÜGGETLENSÉG FELÉ

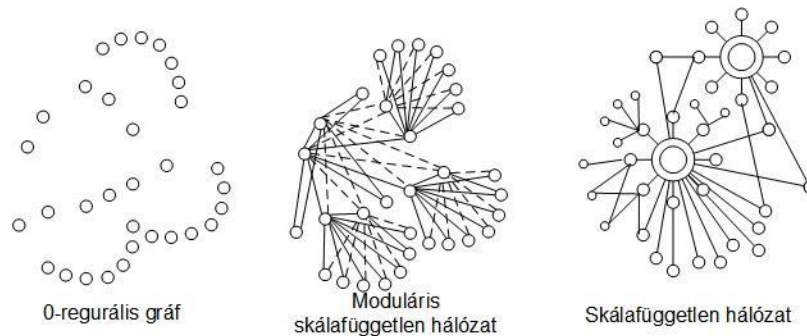
Tanulmányozva a bostoni Northeastern University komplex hálózatokat vizsgáló központjának publikációit, tudományosan elfogadott tény, hogy a valós társadalmi hálózatok skálafüggetlen tulajdonságokat mutatnak [6].

Ezt a tényt, mint diszciplína felhasználva, nem vizsgálom a lövész zászlóalj „valós” kapcsolati hálóját, mely alatt az emberek munka-, baráti-, és ismeretségi hálóját értem. Tapasztalati tények alapján belátható, hogy a valóságos hálózatban több kapcsolattal rendelkezik a szervezeti egységen belül a katonák, mint az információs kapcsolati rendszerben.

A saját eddigi kutatási eredményeimet figyelembe véve, ahol moduláris skálafüggetlen hálózatokat találtam, és a valós hálózatok skálafüggetlen tulajdonságát összegezve, a következő kutatási eredményre jutottam, melynek jobb megértése érdekében egy biológiai példát vonultatok fel.

Biológusok amikor a sejtek felépítése során skálafüggetlen hálózati topológiára bukkantak a következőképpen magyarázták azt: A sejtet alapvetően nem skálafüggetlennek tervezte a természet, de az evolúció során apróbb évmilliók reprodukciós hibák során skálafüggetlenné alakult [7]. Ezt a tulajdonságot felhasználva a következő képen magyarázom a lövész zászlóalj hálózati növekedési dinamikáját.

Első lépésben értelmezzük a zászlóaljat egy N csomópontú „0”-reguláris gráfként [8], mely azt jelenti, hogy a csúcsokból kimenő élek száma nulla, tehát a csomópontok nem kapcsolódnak egymáshoz, a zászlóalj tagjai egyes harcosként működnek. Ez egy üres gráf, melyet a 3. ábra mutat, ekkor a hálózat entrópiája igen magas.



3. ábra. Lövész zászlóalj entrópia csökkenési dinamikája

Következő lépésben kössük össze a csomópontokat a publikáció első rész 3. ábrájának megfelelően, ekkor a lövész zászlóalj függelmi kapcsolatrendszerét kapjuk. Ezt a növekedést szintén a korábbi publikáció 2. ábra sematikus rajza mutatja. Ezzel a lépéssel gráfelméleti nyelven egy decentralizált hálózatot kapunk. A hálózat entrópiája lecsökkent. Kialakult egy moduláris skálafüggetlen hálózat.

Azonban ez a kapcsolati struktúra valószínűleg nem elegendő ahhoz az információáramláshoz, amit a hálózat tagjai támasztanak önmaguk felé. A hiba kijavítására megindulnak a (modularitás nélküli) skálafüggetlenség felé vezető ösvényen (harmadik lépés) és kialakították a zászlóalj információs kapcsolati rendszerét, hasonlóan a korábban említett biológiai „hibához”. Azonban figyelembe véve a kapott eredményeket, ez a kapcsolati rendszer moduláris skálafüggetlen, amelyen csak a valódi hálózat (zászlóaljon belüli összes emberi kapcsolat) képes továbblépni. A rajon, szakaszon, századon belül kialakulhat teljes gráf, azonban a zászlóaljon belül szinte lehetetlen, hogy mindenki mindenkit ismerjen, a gyakorlati tapasztalatok alapján.

Felmerül a kérdés, hogy miért alakulnak ki ilyen „hibák” és válnak skálafüggetlenné a hálózatok. A válasz egyszerű: A hálózat igyekszik lecsökkenteni az információ torzulását, ezzel az információ útját. A parancsnokok szeretik első kézből hallani az információkat, és a felesleges túlterhelés csökkentése érdekében a számukra redundáns elemeket terelőútra térítik. Ezáltal alakítva ki a hálózati struktúrában a horizontális utakat.

A fent leírt eredmények vajon milyen új feladatok tárnak a kommunikáció szervezéssel foglalkozó szakemberek elé? A híradó tiszteknek fel kell készülniük olyan hálózatok tervezésére, amely egyaránt képes kiszolgálni az egyszerű decentralizált és a skálafüggetlen hálózati modelleket is. Ilyen kommunikációs modellekre az alábbiakban keresek megoldást.

A LÖVÉS ZÁSZLÓALJ FÜGGELMI-, ÉS INFORMÁCIÓS KAPCSOLATI RENDSZEREIT JÓL SZOLGÁLÓ TÁVKÖZLÉSI HÁLÓZATOK

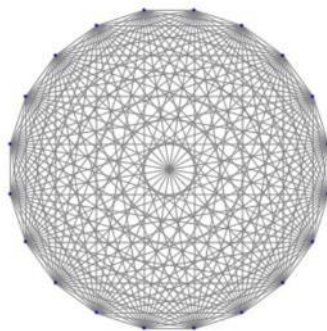
Az előzőekben vizsgáltam a lövész zászlóalj különböző kapcsolati rendszereit. Ezen emberi kapcsolati rendszerek támogatását távközlési hálózatok biztosítják. A hadseregben a híradó-informatikai szakcsapatoknak, és eszközöknek a rendeltetése ezen feladatok kiszolgálása.

A vizsgált lövész alegység tekintetében a következő megállapításokra jutottam: A törzs és alegység parancsnoki szinten tartósan stacioner körülmények között lehetőség van informatikai hálózathoz való kapcsolódásra. A honvédségi STN¹ tartomány lehetőséget biztosít levelezőszerver és címtár működtetésére, ezáltal elektronikus levelezés biztosítására a végfelhasználók között. Ez a hálózat a felhasználói igények szerint dinamikusan változtatható. Az információkat akár nagy mennyiségben lehet broadcastolni, könnyedén lehet létrehozni egymással kommunikáló csoportokat, egy tetszőleges felhasználó könnyedén válhat nagy fokszerű középponttá. A normál fokszerűeloszlású és a skálafüggetlen hálózatokat egyaránt támogatja.

Komoly szerepe van a vizsgált katonai alegységnek az MH KCEHH² telefonhálózatnak. Ez a rendszer biztosítja, hogy a hálózat bármely két pontja között pont-pont kapcsolat épülhessen ki. Hátránya pont ez, hogy az információk szórása meglehetősen időigényes (a végpontokat egyesével kellene felhívogatni, ezen időigényesség miatt nem használják ilyen célra). Előnye, hogy a nagy információtartalommal rendelkező szakmai beszélgetések pont-pont között a hálózat más tagjainak zavarása nélkül le tud zajlani.

Tábori körülmények között gyakran találkozhatunk a rádióhíradással. Ezzel a típusú kommunikációs móddal, a mobilitást követelő műveleteknél alkalmazzák. Előnye, hogy az információkat a rádióháló minden tagja hallja, azonban ezen időosztású természete miatt, csak kevés információ juttatható át rajta, főleg koordinációs célokat szolgál.

Érdekes kitérni a mobiltelefon híradásra. Bár a vizsgált alegységnek a mobilkommunikációs eszközök 99%-a magántulajdonban van, „sajnos” rengeteg információ ezen keresztül áramlik. Vajon mi lehet a mobilkommunikáció sikerének a titka? Hátránya, hogy ezzel is csak pont-pont kapcsolat hozható létre, azonban mivel a vizsgált alegységnek, minden katona rendelkezik mobiltelefonnal, így a kapcsolódási lehetőségek szempontjából egy teljes gráfot kapunk (4. ábra). Véleményem szerint a magas lefedettség és rendelkezésre állási mutatók mellett ez az egyik igazi sikere a vizsgált hálózatban a mobiltelefonoknak.



4. ábra. Egy hús csomópontból álló teljes gráf³

Hasonló tulajdonságokkal rendelkezik részben a csapatok számára biztosított EDR⁴ készülékek [9]. Ezek a TETRA⁵ szabványú eszközök képesek ötvözni a rádiók és mobiltelefonok kedvező tulajdonságait. Egy perspektivikus lövész zászlóaljban, ahol akár minden katona részére képesek lennének biztosítani egy EDR terminált teljes gráfokat alakíthatnánk ki. Az uralkodó irányelvek alapján az eszköz harci alkalmazása korlátozott, azonban a negyedik generációs konfliktusok során szerepük felértékelődhet.

¹ Stacioner Network

² Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózat

³ <http://theconversation.com/rewriting-the-big-bang-theory-a-personal-perspective-9191> Letöltés: 2014. május 2.

⁴ Egységes Digitális Rádió Rendszer

⁵ Terrestrial Trunked Radio

Vizsgálva a civil életben az okostelefonok előretörését, a statisztikák alapján megállapítható, hogy a telefonokon a beszédkommunikáció visszaszorult az e-mail-ek mögé [10]. Ezt a tendenciát figyelembe véve érdemes lenne olyan távközlési megoldást biztosítani, amelyik: mobil, a felhasználók (csomópontok) kapcsolódási lehetőségeit tekintve képes teljes gráfot biztosítani, lehet vele egyidejű csoportos üzeneteket (broadcastolni) és pont-pont üzeneteket küldeni.

Véleményem, és missziós tapasztalataim alapján erre a célra ideális válaszok lehetnek az erőkövetési rendszerek (FTS⁶), mint az FBCB2 BFT⁷, az IFTS⁸, vagy a KFTS⁹. Az utóbbi években komoly fejlődésen mentek keresztül, területi lefedettségük és rendelkezésre állási mutatóik javuló tendenciát mutatnak.

Ezen rendszerek segítségével a felhasználók képesek szöveges üzeneteket küldeni egymásnak hasonlóan az e-mail-ekhez. Rendszertechnikai paramétereiket tekintve megfelelnek a modern harcmező kihívásainak [11]. Belátható, hogy egy erőkövető rendszeren kiválóan lekövethető egy skálafüggetlen hálózat csomópontjainak változása. A közel valós idejű monitorozásnak köszönhetően, egy időben – egy interaktív térképi felületen jelennek meg a hálózat csomópontjai. A rendszeren keresztül a különböző csomópontok kiesését mindenki látja, ezáltal sokkal gyorsabbá és egyszerűbbé válik a parancsnoki, vagy döntési poszt átvétele.

Ideális esetben, egy perspektivikus hírrendszert tekintve a következő képen alakulna a lövész zászlóalj infokommunikációs rendszerének logikai topológiája:

Követve a PACE¹⁰- tervet, amely megtalálható a NATO híradás szervezési elvei között [12], legalább négy különböző rendszerben (elsődleges, másodlagos, kiépített, vészhelyzeti) lennének képesek a zászlóalj elemei kommunikálni egymással. Ez a lehetőség grafikusan ábrázolva rendkívül bonyolult lenne, hisz minden pont - pont között négy kapcsolatot alakítani, ezért a szemléltethetőség kedvéért a kapcsolódási mátrix részletén mutatom be.

$$G(N; k) = G(\sim 700; 2172676) = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 0 & 4 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 0 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 0 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 4 & 0 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 4 & 4 & 0 \end{pmatrix}$$

A vizsgált gráfban a csomópontok értéke továbbra is N (~700), ahol a kapcsolatok száma k=2.172.676, azaz komoly robusztusságot jelent a lövész zászlóaljnak. Egy ilyen rendszerben a következő képen nézhetne ki a PACE kommunikációs terv:

Primary	Elsődleges	IP alapon, dinamikus csoportokkal szervezett korszerű harcászati rádiórendszer
Alternate	Másodlagos	Erőkövetési rendszerek
Contingency	Kiépített	EDR rendszer (TETRA)
Emergency	Vészhelyzeti	Cellás mobiltelefon hálózat

5. ábra. PACE kommunikációs terv perspektivikus híradó rendszerre

Összegzésként megállapítható, hogy a fejlődés, fejlesztés irányát érdemes az EDR rendszer és a modern erőkövetési megoldások irányába terelni.

⁶ Force Tracking Systems

⁷ Force XXI Battle Command Brigade and Bellow Blue Force Tracking

⁸ ISAF Force Tracking System

⁹ KFOR Force Tracking System

¹⁰ PACE plan: Primary, Alternate, Contingency, Emergency

Számos híradó kollégának szemében merésznek tűnhet ez a kijelentés, ugyanis egy zászlóaljban több száz EDR terminál rendszerbe állítása, illetve erőkövetési rendszerek üzembe állítása még távolinak tűnhet. Azonban gondoljunk csak arra, hogy egy jó 15-20 évvel ezelőtt még csak néhány embernek volt mobiltelefonja, és mára már a vizsgált alegységnél mindenki rendelkezik vele. Az ehhez hasonló technológiai fejlődéssel foglalkozik a Google fejlesztési igazgatója, Ray Kurzweil is „*A szingularitás küszöbén*” című munkájában.[13]

Kutatásai alapján megállapította, hogy az emberiség fejlődése hatványfüggvényt követ. Ötödik paradigmája a jól ismert Moore – törvénye, mely szerint: „*az integrált áramkörök összetettsége körülbelül 18 hónaponként megduplázódik*” [14]. Figyelembe véve a hatvány függvény szerinti fejlődést, várhatóan nem sokára ez az idő csökkenhet. Ilyen fejlődési ütem mellett nem elképzelhetetlen, hogy jelen kutatásomban megfogalmazott technikai ajánlások néhány éven belül reális választási lehetőségekké váltnak.

ÖSSZEGZÉS

A XX. század végén a hadviselés klasszikus dimenziói (szárazföld, tengerek, levegő, űr) egy újabb szegmessel, az információs dimenzióval bővült. Toffler szavaival élve [15] korunk „harmadik hullámú háborúit” alapjában határozza meg az információ feldolgozásának gyorsasága, jutatva ezzel a hadviselő feleket az információs fölény, az információs uralom, végső soron a vezetési fölény kialakításához. Ezen új kihívásokra adott válaszul új vezetési koncepciók alakultak ki, mint például a hálózat központú hadviselés modellje.

Tudományos kutatásaim során matematikai módszerekkel vizsgáltam egy lövész zászlóalj függelmi és információs kapcsolati rendszerét, skálafüggetlen hálózatok és fraktál tulajdonságok után kutatva. Megállapítottam, hogy a vizsgált hálózatok moduláris skálafüggetlenek, továbbá egy általam bemutatott dinamizmus alapján a valódi hálózat skálafüggetlenné válik. A lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében Granovetter csoportokat találtam, amely a korszerű munkaszervezés jeleire utal. Kutatásaim során a függelmi rendszerben olyan önhasznós elemeket találtam, amelyek fraktál szerű tulajdonságokat mutatnak.

Vizsgálva a lövész zászlóalj által elérhető hírközlő rendszereket, azok sikerességének matematikai alapú okait, olyan megoldásokra tettem javaslatot, amelyek előremozdítják, javítják az információcsere lehetőségeit.

Felhasznált irodalom

- [1] SOMKUTI Bálint: *A negyedik generációs hadviselés – az érdekérvényesítés új lehetőségei*, Doktori (PhD) értekezés, NKE HDI, Budapest 2012.
- [2] KISS Álmos Péter: *A negyedik generációs konfliktusok jellemzői és tapasztalatai*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE HDI, Budapest 2011.
- [3] Gen. Charles KRULAK: *The Strategic Corporal: Leadership in the Three Block War* – In. Marines Magazine, 1999. January. - pp.23-27.
- [4] BARABÁSI Albert-László: *Behálózva - A hálózatok új tudománya*, Helikon Kiadó, 2013. Harmadik kiadás, ISBN 978 963 227 293 1
- [5] Mark S. GRANOVETTER: *The Strength of Weak Ties*, American Journal of Sociology 78, 1973, 1360-1380)
- [6] <http://www.barabasilab.com/pubs.php> Letöltve: 2014. április 27.
- [7] *Behálózva* (televízió sorozat) Spektrum, 2013.

- [8] HAJNAL Péter: *Gráfelmélet/Diszkrét matematika Msc hallgatók számára*, 13. előadás, 2009.12.07. http://www.math.u-szeged.hu/~hajnal/courses/MSc_Diszkret/MSc_kombi09/ea13.pdf Letöltve: 2014.05.06.
- [9] NÉMETH András: A mobil szolgáltatók hálózatainak felhasználása, fejlesztési lehetőségei és alternatív megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE KMDI, Budapest 2007. pp. 25-30.
- [10] https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qli103.html
Letöltve: 2014. április 27.
- [11] KÁROLY Krisztián: Szövetséges erők követése az afganisztáni hadszíntéren, Honvédségi Szemle 141. évf. 2013/3. szám p. 18-21. HU ISSN 2060-1506
- [12] GULYÁS Attila: Vezetés és Irányítás biztosítása a magyar különleges műveleti erőknél (2011), ZMNE Egyetemi Központi Könyvtár, KV 707 (könyv/monográfia, helyben használható) p. 17-18.
- [13] Ray KURZWEIL: A szingularitás küszöbén, ad astra kiadó, 2013. ISBN 13 978-6155229-25-1
- [14] Gordon E. MOORE: *Cramming more components onto integrated circuits*, Electronic Magazine 1965. április 19.
- [15] Alvin TOFFLER: A harmadik hullám. Typotex Kiadó, ISBN 978-963-9326-21-7, 1980.