

Surányi Zsolt Mihály,¹ Ollári Viktor Szilárd²

A medikai rendszer használatának infokommunikációs lehetőségei az első ellátás helyszínén

Information Communication Options for Using the Medical System at the Point of First Care

Absztrakt

A harctéri és katasztrófaelhárítási műveletek során kiemelten fontos a sérültek hatékony ellátása, amihez a műveleti területen alkalmazható medikai rendszerek nyújtanak nehezen helyettesíthető támogatást az egészségügyi állomány számára. Az újgenerációs IKT-technológiák integrálása nemcsak a medikai rendszerek alkalmazhatóságát növelheti meg, de lehetőséget biztosítanak valós idejű, pontos és releváns metaadatokkal kiegészíteni a C2/C4ISR által generált információkat. A vonatkozó szakirodalom és szabályozók elemzése segítségével rámutatunk ezen technológiák fúziójának szükségességére, kitérve egyes alkalmazási és jövőbeni fejlesztési lehetőségekre.

Kulcsszavak: harcmező, kommunikáció, C4IS, digitalizáció, IT-hálózat

Abstract

Effective casualty care is of crucial importance in combat and disaster relief operations, and medical systems deployed in the field provide a vital support to medical personnel. The integration of next-generation ICT technologies not only enhances the operational utility of medical systems, but also enables the provision of real-time, accurate and relevant metadata

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: suranyizsolt1980@gmail.com

² Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola.

to augment the information produced by C2/C4ISR. By analysing the relevant literature and regulators, the necessity of merging these technologies will be highlighted, together with specific possible future opportunities for their application and development.

Keywords: battlefield, communications, C4IS, digitalisation, IT network

Bevezetés

Napjainkban egyre több ország hadserege elkötelezett amellett (nem kivétel a NATO³ sem), hogy a 21. századra jellemző technikai vívmányok okozta versenyben megtartsa a lépéselőnyt. Siposné és Szenes professzorok szerint 2014-ben lépett a Szövetség a negyedik fejlődési szakaszába, amely periódust NATO 4.0-ként neveztek el. Ezen időszakban a hidegháborús időszakhoz hasonló katonai védelmi és elrettentési feladatokkal kell(ett) szembenéznie a NATO-nak, ami az ukrán válság kialakulásához és az Iszlám Állam felemelkedéséhez köthető.⁴

A NATO 2030 – *Együtt egy új korszakért* című tanulmányban a Szövetség jelenlegi helyzetét értékeli, javaslatokat fogalmaznak meg a következő évtizedre várható kihívásokra, hogy azokra a Szövetség koncepcionális és tudatos választ adhasson mint katonai és politikai szervezet. Ebben a tanulmányban kijelentik, hogy az új technológiák egyértelműen megváltoztatják a hadviselés természetét, lehetségessé válnak a hiperszonikus támadások⁵ és a hibrid hadműveletek.⁶

A 21. században nemcsak a civil oldalon, de a katonai területen is érezhető az információs eszközök dinamikus fejlődése. Kijelenthető, hogy egy modern szemléletű hadsereg működése elképzelhetetlen modern információtechnológiai (IT-) eszközök nélkül. Jobbágy szerint „a személyi állomány korszerű ismeretekkel történt kiképzése és felkészítése nélkül egy modern haderő nem képes megfelelő módon reagálni az új típusú kihívásokra és fenyegetésekre, melyek a klasszikus hadszíntér helyett egyre inkább a digitális hadszíntéren öltenek testet.”⁷

A digitális világban a katonák egészségügyi adatainak folyamatos elérése megkerülhetetlen igényként jelenik meg.

Jelen tanulmányban bemutatjuk a Magyar Honvédség által használt medikai rendszert (MedWorkS), rávilágítva annak harctéri/katasztrófaelhárítási műveletekben való alkalmazásának és az újgenerációs mobiltechnológiák integrálásának szükségességére, kitérve a medikai rendszerek és a C2/C4ISR megoldások fúziójában rejlő egyes lehetőségekre.

³ North Atlantic Treaty Organization – Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

⁴ SZENES–SIPOSNÉ 2019: 18–23.

⁵ Hiperszonikus sebességgel (a hangsebesség többszöröse) repülő támadóeszköz, amelynek elfogása a hagyományos légvédelmi rendszerekkel rendkívül nehéz.

⁶ NATO Secretary General 2020.

⁷ JOBBÁGY 2017a: 203–213.

A harcmezőn történő digitális betegellátás alapjai

Már a 2000-es években megjelentek olyan mobil számítástechnikai megoldási kezdeményezések, amelyekkel csökkenteni lehet a harctéren végzett egészségügyi ellátások során vétett hibákat, egyúttal növelve a beavatkozások minőségét.

A BMIST⁸ mobilalkalmazási csomag lehetővé teszi a felhasználók számára a kritikus egészségügyi információkhoz való hozzáférést, hatékony klinikai döntéstámogató eszközökkel segítve. Az ellátás megkezdésekor generálódik egy EHR,⁹ amely szinkronizálódik az amerikai hadügy-minisztérium¹⁰ által üzemeltetett egészségügyi felügyeleti és orvosi információs rendszerekkel az ellátás legkorábbi szakaszától kezdve a veterán adminisztráció¹¹ által nyújtott krónikus gondozásig. A fejlesztés konkrét célok alapján valósult meg: PDA¹² és vezeték nélküli interfész integrációja; a helyi alkalmazás és felhasználói felület fejlesztése; kommunikációs infrastruktúra és az adattároló, valamint visszakereső rendszer fejlesztése. Így a komplett rendszer messzemenően támogatja a longitudinális egészségügyi nyilvántartást a katonai egészségügyi rendszer minden elemében, annak teljes időspektrumán keresztül.¹³ Török Péter¹⁴ bemutatta, hogy több NATO-tagállam hadseregében jelenleg is zajlik a „digitális katona” eszközrendszereinek fejlesztése, amelyben már megjelenhet az egyéni harcos életfunkcióinak különböző módon történő monitorizálása és azon adatok továbbítása.

Jelenleg – a Magyar Honvédség által – használt medikai rendszer

A Magyar Honvédség Egészségügyi Központ szervezetéből 2023. január 1-jével kivált a Honvédkórház, így megszűnt hadrendi elem lenni. Új megnevezése: Észak-Pesti Centrumkórház-Honvédkórház, irányító szerve a Belügyminisztérium, fenntartó szerve pedig az Országos Kórházi Főigazgatóság lett.¹⁵ A galvanikus szétválás lehetővé tette, hogy az addig medikai és STN-hálózati¹⁶ tartományban üzemelő egészségügyi informatikai rendszer hálózati elérhetőségét egységesíteni lehessen.

A Magyar Honvédség egészségügyi szolgálata az Asseco Zrt. (Globenet üzletága) által – több mint 20 éve – kifejlesztett és azóta is folyamatosan megújuló MedWorkS medikai rendszerét használja, amely az Oracle adatbázis-technológián alapul.¹⁷ Az integrált egészségügyi informatikai rendszer moduláris felépítésű, akár a felhasználó igényeire is szabható.

⁸ Battlefield medical information system-tactical – BMIST (harctéri medikai információs rendszer).

⁹ Electronic health record – EHR (elektronikus egészségügyi adatmezők együttese).

¹⁰ U.S. Department of Defence – DoD (Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztérium).

¹¹ U.S. Department of Veterans Affairs – VA (Amerikai Egyesült Államok Veteránügyi Minisztérium).

¹² Personal digital assistant – PDA (személyes digitális asszisztens – kisméretű mobil eszköz).

¹³ MORRIS et al. 2006.

¹⁴ TÖRÖK 2021.

¹⁵ 1997. évi CLIV. törvény (Eütv.) 244/C. §.

¹⁶ Stationer network – STN (kiépített, stacioner hálózat).

¹⁷ Lásd: <https://portal.vik.bme.hu/files/00003024.pdf>

A MedWorkS alkalmazás nemcsak az egészségügyi ellátáshoz szükséges specifikus modulokkal rendelkezik (például labor diagnosztika, mikrobiológia, gyógyszer-tári, védőoltás-nyilvántartás stb.), hanem az egészségügyi intézmény adminisztratív működéséhez szükséges háttér munkákhoz kapcsolódó rendszerekkel (például pénzügy, minőségirányítás, gazdálkodás, anyagigénylés) is képes együttműködni.

2023 decemberétől a MedWorkS alkalmazás kizárólag az STN-tartományban érhető el a megfelelő kliens segítségével. Ennek előnye, hogy a Magyar Honvédség jelenlegi külszolgálatainak helyszíneiről (Koszovó, Bosznia-Hercegovina) is lehetséges a medikai rendszerben az egészségügyi események rögzítése, vagy a beteg anamnéziséhez történő hozzáférés.

A missziókból a nagy távolságra telepített (tábori) vezetési pont – VSAT¹⁸-technológia – teszi lehetővé a stacioner hálózathoz vagy egyéb, a meghatározott rendszerekhez történő csatlakozást. Fizikai kialakításuk révén a műholdas rendszerek gyorsan, egyszerűen kiépíthetők. A tábori rendszerek mindezek eredményeképpen kormányzati és egyéb hálózatokra is tudnak csatlakozni, támogatva a hatékony harci vezetést és irányítást.¹⁹

Infokommunikációs kitekintés

A katonai és katasztrófavédelmi műveletek során egyaránt fontos, hogy a vezetési és irányítási feladatokért felelős entitások mindenre kiterjedő, időszerű, célirányosan szűrt és strukturált információkkal rendelkezzenek, beleértve az érintett műveletben részt vevő állomány bevetettségét is. A harctéri egészségügyi ellátás infokommunikációs háttere (*is, az AJP-6-nak megfelelő*) stabil, mindemellett a műveleti helyzet (sok esetben volatilitású) változásaihoz adaptívan alkalmazkodó hírközlési ökoszisztémán kell hogy alapuljon. Mindemellett a katonai erők alkalmazása jelentős természeti és egyéb katasztrófák, terrorcselekmények következményeinek elhárítása során szükség szerűen indukálja a civil és katonai hírközlési rendszerek esetleges és célspecifikus összehangolhatóságát/irányított átjárhatóságát a válságkezelés hatékonyságának biztosítása érdekében.²⁰ Hazai környezetben a kormányzati kommunikációs rendszerek (*NTG, EDR, ZRH, Köznet, K-600/KTIR*), a Magyar Honvédség (MH KCEHH²¹), valamint a Vbő.²² által szabályozott esetekben a BM szervezetek és a civil szféra infokommunikációs ökoszisztémái biztosíthatják a javasolt telemedicina-megoldás adatforgalmi igényének kiszolgálásához és vezetési és irányítási rendszerekhez történő integrálásához szükséges elektronikus hírközlési hátteret.²³ Nemzetközi vonatkozásban a TETRA alapú EDR, a már említett VSAT és adott missziók vonatkozásában az AJP-6 szerinti honvédelmi rendszerek biztosíthatják a szükséges együttműködési szintet.

¹⁸ Very small aperture terminal – VSAT (nagyon kis átmérőjű antennával működő terminál).

¹⁹ SZELECZKI–FARKAS 2022.

²⁰ Összhangban az AJP-3.19 és AJMedP-6 doktrínákkal.

²¹ Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózata, lásd JOBBÁGY 2017b.

²² 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról.

²³ FARKAS 2020: 42–44.

5G mint lehetőség

Az 5G katonai alkalmazásának lehetőségeit aktívan vizsgálják úgy szövetségi, mint tagállami szinten a NATO érintett szervezetei. A NATO Szövetséges Transzformációs Parancsnokság 2023. évi TIDE Sprint²⁴ konferenciáján kifejezetten fókuszba kerültek az 5G egészségügyi és C2 (vezetés és irányítás) támogatási lehetőségei.²⁵ Kétségtelen, hogy a technológia szabványokban és a szabványosító testületek (például 3GPP, ETSI) által kibocsátott ajánlásokban lefektetett paraméterein alapján – az ismert és lehetséges (kiber-) kockázatok kezelése mellett²⁶ – optimális hatékonysággal támogathatja a hon-, rend-, katasztrófavédelem jelenleg alkalmazott infokommunikációs technológiai (IKT) ökoszisztémájának modernizálását. Az 5G-technológia támogathatja, egyebek mellett, a reziliens tábori hírközpontok és rádiós vezetési komplexumok kialakítását, de egyidejűleg a műveleti állomány „jóléti” szolgáltatásainak biztosítását is.²⁷ Mindemellett az 5G szerves interoperabilitást biztosíthat a polgári és katonai hírközlési rendszerek között úgy itthon, mint a missziók során; természetesen, figyelembe véve a műveleti körülményeket, valamint a fogadó ország(ok) egyes sajátosságait (például frekvenciakiosztás).²⁸

Tekintettel az 5G integráló jellegére, nemcsak a válság- és katasztrófavédelem kezeléséért felelős vezetés támogatásában játszhat szerepet, de a jövőbeni harcálláspontokkal szemben megfogalmazott követelmények (magnövelt ellenálló képesség, agilítás, adaptációs képesség) megvalósítását, valamint a Magyar Honvédség harcászati szintű képességei fejlesztését (például interoperabilitás, C2, digitális katona) is támogathatja.²⁹

5G-technológiai áttekintés

A mobil IKT-k a 4G óta – amely globálisan tömegek számára tette lehetővé az internet közel helyfüggetlen elérését – jelentős, egyre növekvő potenciált képviselnek a kibertér ökoszisztémájában. Ahhoz, hogy az 5G-technológia jelentőségéről képet alkothassunk, tekintsük át röviden főbb jellemzőit! Szükséges az elején kiemelni, hogy az újgenerációs mobilkommunikációs hálózatok már inkább az informatikai hálózatok körébe sorolhatók, kiegészítve mindezt a szoftverizáció³⁰ és a virtualizáció³¹ funkcióival.³²

²⁴ A TIDE (think-tank for information decision and execution – információs döntéshozatal és végrehajtás agytröszt) Sprint a Szövetséges Transzformációs Parancsnokság éves rendezvénye, amelynek célja a védelmi, tudományos és ipari szféra képviselőinek bevonása a jövőbeni kihívások, az ezekre adható lehetséges válaszok, az interoperabilitást támogató megoldások feltérképezésébe. Alapvető cél a szervezet K+F+I-folyamatainak felgyorsítása, hatékonyságának növelése, a szövetségesek együttműködési kompetenciáinak erősítése.

²⁵ NATO TIDE Sprint 2023.

²⁶ ENISA 2019: 11–24; PERNIK et al. 2021: 17–25; LEE et al. 2023: 17–22.

²⁷ JOBBÁGY 2017b: 233–235.

²⁸ LEE et al. 2023: 16, 31–33.

²⁹ TÓTH–FARKAS 2023: 62; SZELECZKI–FARKAS 2022: 78.

³⁰ Dedikált/célhardverek kiváltása szoftveres megoldásokkal.

³¹ Hálózati funkciók szoftveres megsokszorozása, egy hardvererőforrás többszörös kiaknázása – azaz 5G esetében logikailag elkülönített hálózatok létrehozása egyazon hardveres alapon (Lásd ITU-T Y.3011 ajánlás).

³² TÓTH 2023: 79.

A mobilhálózatok kapcsán alkalmazott főbb mérőszámok (KPI)³³ megközelítéséből a 4G és az 5G közötti jelentős különbség az adatátviteli sebesség (egységnyi idő alatt átvitt adatmennyiség, mértékegysége: bit/másodperc) növekedésében, valamint a késleltetési idő (a hálózat két végponti készülékén megvalósuló akció és reakció közti időintervallum) csökkenésében érhető tetten; harmadik mérőszámként az 1 km² területen kiszolgált eszközök maximális száma jelenik meg.³⁴ Ezen képességek egyik alapja a „masszív MIMO technológia”;³⁵ illetve az ezt kiaknázó, a mm-es tartományban (*Ka sávtól*)³⁶ értelmet nyerő úgynevezett nyalábformázás (*beamforming*), amely a MIMO antennaelemek fizikai elmozgatása nélkül képes hullámnyalábok képzésére és ezek célirányos továbbítására a végponti (felhasználói) készülékek felé úgy, hogy adott tartományon belül annak mozgását is leköveti. Az 5G és utódgenerációi esetében a nagy pontosságú helymeghatározás, nagy sebességgel és/vagy nagy magasságban mozgó végponti készülékek kiszolgálása is jelentős szerepet kap. Az 1. táblázat kivonatos jelleggel mutatja be a generációváltások kvantitatív (és *utalás szinten kvalitatív*) jellemzőit.

1. táblázat: 5G- és 6G-mérőszámok összehasonlítása

	4G	5G	6G
Adatátviteli sebesség	1 Gbps	20 Gbps	1000 Gbps
Felcsatlakoztatható eszközök száma	100 000/km ²	1 000 000/km ²	100/m ³
Késleltetési idő	10 ms	1 ms	0,1 ms
Stabilitás (<i>rádiójel-átvitel</i>)	n/a	1–10 ⁻⁵	1–10 ⁻⁷
Mobilitás (<i>eszközkövetés</i>)	350 km/h	500 km/h	1000 km/h
Horizontális helymeghatározási pontosság	50 m	0,2 m	0,01 m
Vertikális lefedettség	n/a	300 m	10 000 m

Forrás: 3GPP Műszaki jelentés 2022: 3GPP TR 21.916 V16.1.0. Lásd: www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21_series/21.916/21916-g10.zip

Mint az 1. táblázatból kitűnik, az újgenerációs mobil IK-technológiák képességsportfóliója három jellemző köré csoportosítható:³⁷

- nagyszámú felcsatlakoztatott IKT-megoldás (*idesorolva a gép-gép és IoT-kommunikációt*) kiszolgálása (mMTC),³⁸
- nagysebességű adatátvitel (eMBB),³⁹
- megbízható és egyben rövid késleltetési idejű kommunikáció (uRLLC).⁴⁰

³³ Key performance indicators – KPI (kulcsfontosságú teljesítménymutatók).

³⁴ TÓTH 2023: 54.

³⁵ Multiple-input multiple-output – nagyszámú antennaelem integrálása egy 5G-antennába.

³⁶ 26,5–40 GHz.

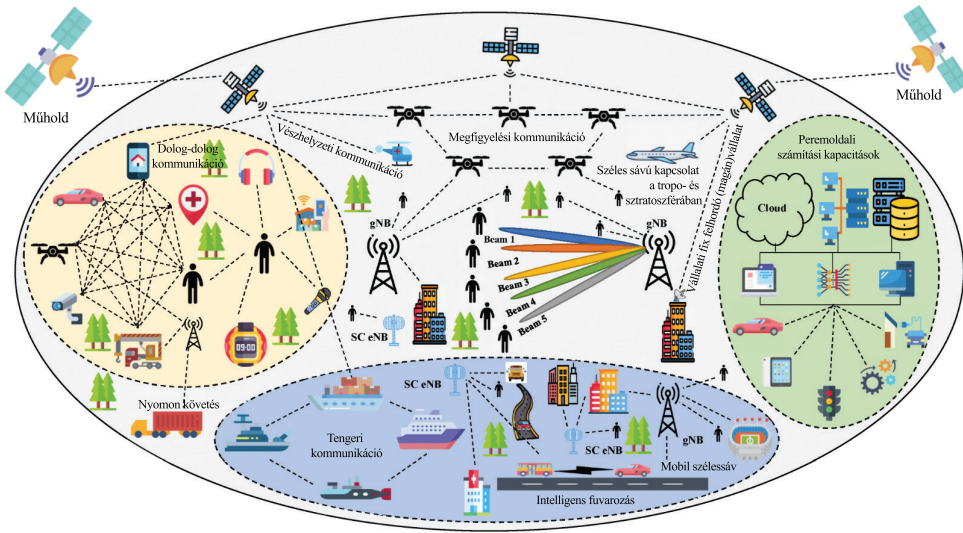
³⁷ TÓTH 2023: 57.

³⁸ Massive machine-type communications – mMTC (masszív gépi típusú kommunikáció).

³⁹ Enhanced mobile broadband – eMBB (továbbfejlesztett mobil szélessáv).

⁴⁰ Ultra reliable low latency communications – uRLLC (ultramegbízható, alacsony késleltetésű kommunikáció).

Az újgenerációs mobil IKT-k szabványosítási folyamatai alapvetően olyan hálózat-topológiai megoldásokat célozzák meg, amelyek a kommunikáció megszakítás nélküli továbbítását, a szolgáltatás „mindenütt jelen lévő” voltát biztosítják. Ezért a szabványalkotók alapvető elemként számoltak az üvegszálas gerinchálózatokkal,⁴¹ a műholdas⁴² és nagymagasságú (18–22 km) platformrendszerekkel (HAPS),⁴³ valamint a szolgáltatófüggetlen (MESH-jellegű ad hoc) hálózatokkal, WiFi-technológia integrálásával.



gNB = 5G bázisállomás (Next-Generation Node B)
 SC eNB = kísérleti 4G bázisállomás (Evolved Node B)
 BEAM = rádiónyaláb

1. ábra: 5G/6G ökoszisztéma

Forrás: www.mdpi.com/electronics/electronics-11-00121/article_deploy/html/images/electronics-11-00121-g001.png

Az újgenerációs mobilkommunikációs technológiák fejlődésének irányt szabó technológiai ajánlások (például 3GPP, ETSI) fejlődése, a szoftverfejlesztéshez hasonlóan, mára egy kvázi „szerves”, a verziók eredményeinek egymásra épülő fejlődési folyamatává vált. A vonatkozó szabványcsomag 18. verziójával kapcsolatos fejlesztések 2024 első negyedévében zárultak le. A 18-as verzió (Rel-18) fő irányai közt szerepelt, a teljesség igénye nélkül:

- a geostacionárius műholdak felvivőhálózati (a végponti eszközök és a gerinchálózat közti adatátviteli platform) alkalmazása;
- a nem földi IoT-kommunikáció kiszolgálásának fejlesztése;

⁴¹ FARKAS 2023: 24.

⁴² TÓTH 2023: 55.

⁴³ High altitude platform systems – HAPS (jellemzően drónokra/léghajókra telepített bázisállomások. Towers in the Skies 2021).

- az „IoT-magánhálózatok”⁴⁴ kialakításának lehetősége;
- az L (1–2GHz) és S (2–4 GHz) sávok alkalmazási lehetőségének integrálása az 5G-műhold-kommunikációba;
- az MI alkalmazási lehetőségeinek elemzése a szolgáltatásminőség/stabilitás és a helymeghatározás területein;
- a helymeghatározás centiméter-pontosságú (*vívó-fázis alapú*) technológiáinak integrálása – beleértve két végponti eszköz (mobiltelefon, jármű) relációkat is;
- az 5G-kommunikációban kiemelt jelentőségű időszinkronizáció ellenállóbbá tétele;
- kiterjesztett és kiegészített valóság (XR/AR) technológiák támogatásának megalapozása – beleértve a haptikus (*fizikailag megérintható*) internet megvalósítását támogató immerzív, valós idejű kommunikáció alkalmazhatóságát;
- a (masszív) MIMO-funkció továbbfejlesztését (többek között) annak érdekében, hogy adott végponti eszköz kommunikációs igényét egyidejűleg több bázisállomás-antenna is kiszolgálhassa.⁴⁵

Medikairendszer-specifikus 5G-lehetőségek

Úgy a katonai, mint a katasztrófavédelmi műveletek során egyaránt alapvető fontosságú, hogy az első ellátás helyén alkalmazott medikai rendszert kiszolgáló kommunikációs hálózat akkor is jelen legyen, ha a „békeidőszaki” hálózatokra az érintettek nem támaszkodhatnak. Az 5G „natív” és széles körű lehetőséget biztosít a műveleti területet például az STN-nel összekötő ad hoc hálózatok kialakítására, amely támaszkodhat a helyszínen tartózkodók (*5G-kompatibilis*) mobil földi és légi drón (UGV, UAV) egységeire, de akár HAPS és műholdas elemeket is bevonva az ökoszisztémába.

A drónok alkalmazásának lehetséges előnyei között említhető, hogy egyéb hasznos teher mellett (*hő-/kameramodul, radar, LiDAR akusztikus és egyéb szenzorok*) nemcsak rádiófrekvenciás, de például komplementer technológiaként az akár 100 Gbps adatátviteli sebességet biztosító, fényalapú kommunikációs (LiFi)⁴⁶ csatornán is kommunikálhatnak egymással, illetve a földi (*megfelelő kiegészítővel ellátott*) medikai rendszerrel. A jelenlegi technológiák mellett lehetséges olyan tanuló algoritmust futtató drónrajok alkalmazása, amelyek képesek akár önállóan is feltérképezni a műveleti területet, és önmagukat az optimális – *LiFi, illetve a mm hullámhosszú 5G-kommunikáció szempontjából kiemelten fontos* – rálátást és távolságot biztosító pozícióba manőverezni és ezt dinamikusan fenntartani.⁴⁷

A földi műveleti egység követése biztosítható a medikairendszert futtató eszköz virtuális integrálásával a rajba mint „masterdrón”,⁴⁸ illetve járművön/ruházaton/felszerelésen elhelyezett, kisteljesítményű gépíratás-technológiák segítségével, magas

⁴⁴ A felhasználó által létrehozott, az általa üzemeltetett eszközökből (okosotthon, testen hordott megoldások stb.) hálózat.

⁴⁵ 3GPP TR 21.918 V0.2.0 (2024-02).

⁴⁶ Light Fidelity, IEEE 802.11bb szabvány.

⁴⁷ LEICHENKO et al. 2024.

⁴⁸ PHADKE-MEDRANO 2022.

hatékonysággal azonosítható vizuális azonosító (például QR-kód) alkalmazásával. Utóbbi esetben a drónraj „mindenkor aktuális master eleme”⁴⁹ azonosítja, és követi a vizuális azonosítóval (például QR-kód, AprilTag,⁵⁰ ChromaTag⁵¹) ellátott objektumot.⁵² Katonai műveletek estében szükséges biztosítani, hogy a drónok mozgása kellően sztochasztikus legyen, nehezítve az ellátási hely beazonosítását, az optimális minőségű adatkapcsolat fenntartása mellett.

A lehetséges alkalmazási forgatókönyvek részletezésétől most eltekintve, szükséges hangsúlyozni, hogy amennyiben nem katonai művelet keretében alkalmazzák a katonai 5G-ökoszisztémát és/vagy nem katonai kommunikáció bevonása válik szükségessé, a megfelelő adatbiztonságot garantáló interfész és az adott műveleti környezetnek megfelelő egyéb intézkedések meghozatala, védelmi megoldások alkalmazása szükséges.⁵³

Infokommunikációs összefoglaló

Az 5G szabványokban és műszaki ajánlásokban foglalt paraméterei alapján olyan kommunikációs ökoszisztéma kialakítását teszi lehetővé, amely ellenálló és adaptációs képességeit tekintve meghaladja az 1. táblázatban megjelenített KPI-eket, és interoperabilitás tekintetében jelentősen felülmúlja elődgenerációit; így (szabványszinten) megfelel az AJP6 doktrínában megfogalmazott tíz fő CIS⁵⁴ karakterisztikának. Az előző fejezetben említett, „LiFi” kompatibilis drónrajon alapuló ad hoc hálózati opció nemcsak a fényalapú kommunikációt, de a mm hullámhosszú (nyalábképzésen alapuló) jeltovábbítást is támogatja; mindkét eljárás magasabb (de nem kikezdehetlen) védelmet biztosít az akaratlan és szándékos zavarások, illetve az adatszivárgás ellen. A vázolt, dinamikus 5G-ökoszisztéma stabil, biztonságos infokommunikációs alapot biztosíthat a medikai rendszerek kiszolgálásához, illetve az ebből származó adatok továbbításához a C2 megoldások számára.

Figyelembe véve, hogy jelen írás fókusza a katonai mellett kiterjed a katasztrófavédelmi és egyéb műveletek hírközlési támogatására – *amely szükségessé teheti egyéb szervezetek és kiemeleten civil mobilhálózatok bevonását* –, szükséges elmondani, hogy jelenünk globális 5G-ökoszisztémáját vizsgálva többen megállapítják, hogy az 5G bevezetése nem az előzetesen elvárt ütemben halad, jelentős „rés” alakult ki a szabvány szerinti lehetőségek/előírások és a felhasználók által tapasztalt szolgáltatásminőség között. Ennek okai között keresendő a „konzervatív” (4G-t utánzó) hálózatfejlesztés, amely nem biztosítja az 5G alapvető támogató technológiájának

⁴⁹ MISRA et al. 2021.

⁵⁰ Az AprilTag vizuális azonosító (referenciaábra) rendszert kifejezetten a kiterjesztett valóság (XR) és a robotika sajátos igényeihez igazítva fejlesztették ki. A QR-kódhoz hasonló, de annál egyszerűbb azonosító ábrák gyorsan előállíthatók, és a kis számítási igényű (akár mobiltelefonon is futtatható) AprilTag érzékelőszoftver biztosítja a detektált címkék pontos 3D-pozíciójának meghatározását és a megjelölt eszköz/entitás azonosítását.

⁵¹ A ChromaTag az AprilTag-hez hasonló elvet követ, de a szinkontraszt folyamatba emelésével csökkenti a téves detektálások számát, lehetővé téve a „címké” jobb rejtését, diszkrét elhelyezését.

⁵² LIANG et al. 2020.

⁵³ PARK 2024.

⁵⁴ Communication and information system – CIS (kommunikációs és információs rendszer).

(*mm hullámhossz*) alkalmazhatóságát; illetve az említett frekvenciatartomány jogi szabályozása a legtöbb államban kevésbé rendezett.⁵⁵ A 3,5 GHz környéki tartományok alkalmazása problematikus egyes Oroszországgal szomszédos országokban (például Litvánia), mivel a Föderáció továbbra is katonai (műholdas) kommunikációra használja azt. Az ukrán–orosz konfliktus, illetve a 2019-es Norvégiában megtartott Óramű hadgyakorlat idején tapasztalt GPS „anomáliák” ráirányítják a figyelmet arra, hogy a pusztán GPS-időszinkron alkalmazó 5G-hálózatok/annak egyes elemei megbéníthatók a GPS-jel kompromittálásával is.⁵⁶ Ezen körülményeket, különösen külföldi feladat-végrehajtások során, a hálózatbiztonság egyéb kérdései mellett, szükséges szem előtt tartani.

Jövőbe tekintés, mit hozhat a jövő...

A harcmezőn megjelenő – tableteken kezelhető – digitális egészségügyi alkalmazások használata nem csupán fikció manapság. A 2023 októberében kirobbant és azóta is tartó gázai konfliktusban már bizonyítottan használja az IDF egészségügyi szolgálata⁵⁷ ezen innovatív alkalmazást, amelynek célja, hogy forradalmasítsa a sérült katonákról szóló orvosi információk megosztását a csataterről az egészségügyi ellátást végző kórházak irányába.

Az új alkalmazás tavaly novemberi bevezetése kiváltotta az eddig megszokott, az első ellátó által kézzel kitöltött űrlapokat és dokumentációkat. A terepen dolgozó egészségügyi személyzet által használt táblagépekre telepített alkalmazás lehetővé teszi a sérült egészségi állapotának és a megkezdett ellátás (kimentés, akut sürgősségi beavatkozás) tényének digitális rögzítését. Ezeket a létfontosságú adatokat azután NFC-kártyákon keresztül zökkenőmentesen továbbítják a sérült kiürítését végzőknek, majd a további ellátást végrehajtó egészségügyi intézmény irányába. Így biztosítva, hogy részletes és pontos egészségügyi információk kísérjék végig a sérült katonát az evakuálási folyamat során. Ez a digitális megoldás nemcsak a létfontosságú egészségügyi adatok átvitelét egyszerűsíti, egyben elősegíti a sérültek állapotváltozása miatt megkövetelt folyamatos osztályozást is, ezzel is növelve az ellátás hatékonyságát.⁵⁸

A MedWorkS palettájában már megtalálható a MobiWorkS⁵⁹ vizitátogató alkalmazás, amely tableten keresztül kapcsolódik az integrált informatikai rendszerhez. A betegellátás során rögzített adatok folyamatosan frissülnek az ellátásra kerülő személy rekordjában, így minden egészségügyi esemény dokumentálása naprakész. Az alkalmazás megfelelő kiindulási alapot jelenthetne további fejlesztésre.

Ezen irányban elindulva megfontolandó lenne – az előre meghatározott igények alapján – egy konkrétan katonai vagy katasztrófavédelmi felhasználásra kifejlesztett modul létrehozása, amelyet az első ellátáskor használna a Magyar Honvédség vagy valamelyik társszervezet egészségügyi szolgálata.

⁵⁵ KOZIOI 2023.

⁵⁶ LEE et al. 2023: 11, 38.

⁵⁷ Israel Defense Forces Medical Corps – IDF (Izraeli Védelmi Erők egészségügyi hadtest/szolgálat).

⁵⁸ Yeshiva World News 2024.

⁵⁹ Lásd: <https://asseco.hu/egeszsegugy/termekek/mobiworks/>

A minél szélesebb körben történő felhasználás miatt nemcsak katonai műveletekre kellene szűkíteni a használhatóságát, hanem katasztrófavédelmi helyzetek vagy tömeges sérülésekkel járó káresemények felszámolására is alkalmassá kellene tenni a rendszer ezen elemét.

Infokommunikációs közeljövő

A középtávú infokommunikációs jövőkép (6G) alapvető elemei a műholdas⁶⁰ és nagymagasságú (18–22 km) platformrendszerek (HAPS),⁶¹ a szolgáltatófüggetlen (MESH-jellegű ad hoc) hálózatok, a WiFi- és egyéb vezeték nélküli hálózatok, valamint az úgynevezett intelligens jeltükröző, -továbbító felületek (IRS⁶²). A 6G, az ITU (*Nemzetközi Telekommunikációs Szövetség*) 2023 novemberében kibocsátott ajánlása [ITU-R M.2160-0 (11/2023)] szerint egy olyan elektronikus hírközlési ökoszisztéma, amely egyértelműen épít a jövő IT/IKT-megoldásainak szinergiájára. A vízió egy olyan (technológiai) világ képét vázolja fel, amelyben a Föld népességének túlnyomó része képes kapcsolódni egy fenntartható módon, magas biztonsági szint fenttartása mellett üzemeltetett kibertérhez.⁶³

Mind ezt egy olyan hálózat segítségével, amely transzparens, szabvány szerinti interfészekkel rendelkező rendszerelemekből épül fel, így biztosítva annak gyártófüggetlen kialakíthatóságát; valamint képes integrálni a korábbi generációk (4G, 5G) és egyéb kommunikációs technológiák hálózati szegmenseit is. Az ajánlásban prognosztizált technológiai trendek – XR, ember-gép kooperáció, multiszenzoros (hang-, kép-, haptikus [például virtuális „fizikai” kezelőfelület], mozgásmintát azonosító) interfészek – egy, a valós és virtuális világ szimbiotikus létezésén és egymásra hatásán alapuló jövőképet vetítenek elénk. A jelentős kiberbiztonsági kockázatok kezelése esetén megvalósítható az a műveleti helyzet, amelynél az adott műveletben részt vevő állomány testén, ruházatán, környezetében lévő IoT-megoldások (érzékelők), illetve a környezetét leképező megoldások (RADAR, LiDAR, audio érzékelők és vizuális képalakítók) révén valamennyi, az adott művelet szempontjából releváns személy azonnali, teljes körű, 3D-információt szerezhet az aktuális műveleti helyzetről. Mind ezt úgy, hogy valójában a Föld bármely pontján tartózkodhat, a vizsgált eseménytől akár több tízezer kilométerre is. A 3D-jelleg azt is magában foglalja, hogy a megfelelő eszközökkel „testközelből” szemlélheti az eseményeket, saját élete, testi épsége veszélyeztetése nélkül. A medikai rendszerek vonatkozásában ez magával hozhatja azt is, hogy az ellátást a legjobb traumatológusok végezhetik, enyhe túlzással egy másik kontinensről irányítva egy megfelelő kialakítású medikai ellátó drónt. A hálózatok menedzselését túlnyomórészt (annak kiterjedése és komplexitása okán) az MI fogja

⁶⁰ TÓTH 2023: 55.

⁶¹ LIU et al. 2024.

⁶² Intelligent reflecting surface – IRS (intelligens jeltükröző/továbbító felület).

⁶³ Security by design, blockchain alapú adatvédelem, natív védelmi kapacitások a DDOS és man-in-the-middle támadások ellen; automatikus önjavító kapacitások a természeti és ember okozta szolgáltatási zavarok azonnali kezelésére stb.

végezni; mindemellett a hálózat lehetőséget kínál MI-alapú szolgáltatások üzemeltetésére, igénybevételére.

Ez természetesen feltételezi az 5G-nél megkezdett, az ökoszisztéma felhőalapokra helyezését annak érdekében, hogy lehetséges legyen a számítási kapacitások allokálása fizikailag a lehető legközelebb a felhasználóhoz – kvázi „mindenhol jelen lévő” számítási kapacitást biztosítva számukra. Mindezek az ipar számára olyan erőforrást/lehetőséget kínálnak, amelyben az „éppen időben” (*just in time*) logisztikai stratégia minőségileg más értelmet nyer; hiszen az információ valós idejűen juthat el az azt igénylő entitáshoz/folyamathoz egy magas hatékonyságú, (végtelenségig) személyre szabott kiszolgálást biztosítva a megcélzott/igénylő végfelhasználó számára. A tervezett 3D-pozicionálás és leképezés (*integrált kommunikáció és érzékelés*) úgy az ipar, mint a közigazgatás entitásai és a végfelhasználók számára egyaránt a felhasználási lehetőségek széles körét kínálhatják fel. Szükséges rámutatni, hogy mindezen technológiák megvalósításának egyik elengedhetetlen feltétele a THz frekvenciák igénybevétele és hatékony alkalmazása; hasonlóan az 5G-hez, amelynél a mm hullámhosszú spektrum⁶⁴ szerves alkalmazása elvárt lenne a szabvány szerinti minőségi elvárások optimális teljesítéséhez. Hasonlóan elkerülhetetlen az új típusú antennatechnológiák (extrém MIMO – E-MIMO) és antenna-ökoszisztémák (újra-konfigurálható intelligens felületek – RIS⁶⁵) kifejlesztése és alkalmazása a 6G valós kapacitásainak biztosításához.⁶⁶

Az ITU 6 kiemelt felhasználási scenáriót vázol fel az ITU-R M.2160-0 (11/2023) ajánlásában. Ebből három az 5G-nél megjelenített forgatókönyvek továbbfejlesztett változata: *eMBB-ből Immerzív Kommunikáció (IC)*, *uRLLC-ből hiperstabil és alacsony késleltetési idejű kommunikáció (HRLLC)*, *mMTC-ből nagytömegű kommunikáció (MC)*; amelyeket kiegészít három új csoport: *integrált MI és kommunikáció (IAAC)*, *mindenhol jelen lévő kapcsolat (UC)*, *integrált érzékelés és kommunikáció (ISAC)*.⁶⁷ Az egyes forgatókönyvek részletes ismertetését mellőzve, a 2. táblázat összefoglalóan bemutatja az IMT-2030 felhasználási forgatókönyveinek főbb sajátosságait.

Az ISAC vonatkozásában egyes jelenleg folyó kutatások, a „hagyományos” (időjárás, behatolás, elárasztás/árvíz stb.) érzékeléseken felül olyan információk begyűjtését is megelőlegezik, mint a „ruhán és takarófelületen átlátó” objektumdetektálás (fegyverérzékelés), autonóm (földi/légi/vízi) járművek közlekedésének monitorozása és irányítása (ütközési pályák detektálása), gyalogos és járműforgalom megfigyelése és menedzselése stb.⁶⁸

⁶⁴ 30 GHz-től felfelé; frekvenciagazdálkodási gyakorlatban már ide sorolják az EU által kijelölt 24 GHz feletti tartományokat is.

⁶⁵ Reconfigurable intelligent surfaces – RIS (újra-konfigurálható intelligens felületek).

⁶⁶ ITU-R M.2160-0 (11/2023): 5–10.

⁶⁷ SINGH et al. 2024.

⁶⁸ STRINATI et al. 2024

2. táblázat: IMT-2030 forgatókönyvek

IMT-2030 (6G) forgatókönyv	Főbb jellemzők
Immerzív kommunikáció (IC)	A kommunikáció teljes spektrumát felöleli, a hangátviteltől a holografikus és/vagy multiszenzoros távoli jelenlétet biztosító szolgáltatásokig, beleértve a virtuális és valós objektumokkal folytatott interakciókat.
Hiperstabil és alacsony késleltetési idejű kommunikáció (HRLLC)	Elsődlegesen ipari és kritikusinfrastruktúra-menedzsment, egészségügyi felhasználások (stb.) stabil, extrém rövid késleltetési időt (lásd 1. táblázat) igénylő igényeinek kiszolgálását célozza.
Nagy-tömegű kommunikáció (MC)	Az IoT-megoldások számának drasztikus emelkedésére reagáló forgatókönyv (lásd 1. táblázat).
Mindenhol jelen lévő kapcsolat (UC)	Az elektronikus hírközlési technológiák teljes körének integrálását célzó forgatókönyv.
Integrált MI és kommunikáció (IAAC)	MI-képességek integrálása, valamint a számítási és MI-kapacitások hatékony, dinamikus allokálása, az ezekre épülő szolgáltatások (például autonóm járművek) támogatása.
Integrált érzékelés és kommunikáció (ISAC)	Multidimenzionális érzékelésen alapuló térinformációk biztosítása, hálózathoz nem csatlakozó objektumok/entitások vonatkozásában is, beleértve a mozgási/viselkedési sajátosságok detektálásának opcióját.

Forrás: ITU-R M.2160-0 (11/2023) alapján a szerző fordítása és szerkesztése

Mint a fent vázoltakból kitűnik, az újgenerációs mobilkommunikációs technológiák egy olyan komplex ökoszisztémát testesítenek meg, amely szinte korlátlan mennyiségű, közel teljes körű, számos dimenzióból megközelített/feldolgozott, releváns információ közel azonnali elérését biztosíthatja a felhasználó entitások számára. Mindezen képességek a medikai rendszerek teljesen új generációit alapozhatják meg, ahol már nemcsak az érintett központi adatbázisok válnak elérhetővé, de a kezelt személy testén (testében), ruháján elhelyezett érzékelők folyamatosan frissülő információkkal láthatják el úgy az egészségügyi állományt/mentést végzőket, mint a C2/C4ISR megoldásokat.

Összefoglaló

A tanulmány bemutatta a medikai rendszerek alkalmazásának jelenlegi formáit, szükségességét, jövőbeni lehetőségeit. Rámutatott arra, hogy az 5G-jellegű ökoszisztémák alkalmazása olyan rugalmasságot tehet lehetővé, ami biztosíthatja a vonatkozó doktrínákban lefektetett elvárásoknak való megfelelést.

Az újgenerációs mobilkommunikációs technológiák (5G/6G) teljesítik az AJP6 doktrínában megfogalmazott előírásokat. A megemlített kommunikációs technológiák (WiFi, LiFi, műhold stb.) integráló jellegükből fakadóan magas szintű rugalmassággal, egyes sajátosságaik révén magas (de nem kikezdetlen) védelmi szinttel rendelkeznek. Az 5G/6G olyan komplex ökoszisztémát képezhetnek, amelyek szinte korlátlan mennyiségű, közel teljes körű, számos dimenzióból megközelített/feldolgozott, releváns információ közel azonnali elérését biztosíthatják a felhasználó entitások számára,

továbbá lehetőséget nyújthatnak medikai rendszerek újgenerációinak kifejlesztésére, integrálva testen/testben/ruhaszövetben lévő érzékelőket az arra alkalmas rendszerekbe. Mindezekből fakadóan biztonságos infokommunikációs alapot biztosíthatnak a medikai rendszerek kiszolgálásához, illetve az ebből származó adatok továbbításához a C2/C4ISR megoldások számára.

Felhasznált irodalom

- ENISA (2019): *EU-Wide Coordinated Risk Assessment of 5G Networks Security*. Online: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eu-wide-coordinated-risk-assessment-5g-networks-security>
- FARKAS Tibor (2020): Védelmi infokommunikációs hálózatok és rendszerek – szakmai felkészítés. *Hadtudomány Szemle*, 13(1), 37–48. Online: <https://doi.org/10.32563/hsz.2020.1.3>
- FARKAS Tibor (2023): A kommunikációs és információs rendszerek értelmezése napjainkban: Követelmények és kihívások. In TÓTH András (szerk.): Új típusú kihívások az infokommunikációban. Budapest: Ludovika, 11–30.
- JOBÁGY Szabolcs (2017a): A negyedik generációs hadviselés infokommunikációs aspektusai – fogalmi kitekintő. *Hadmérnök*, 12(1), 203–213. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20888/171_16_jobbagy.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- JOBÁGY Szabolcs (2017b): A Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózata. *Hadmérnök*, 12(3), 223–236. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/20889>
- KOZIOL, Michael (2023): 5G Networks Are Performing Worse, What's Going on? *IEEE Spectrum*, 2023. május 6. Online: <https://spectrum.ieee.org/5g-rollout-disappointments>
- LEE, Mary et al. (2023): *Opportunities and Risks of 5G Military Use in Europe*. RAND National Security Research Division. Online: <https://doi.org/10.7249/RRA1351-2>
- LEICHENKO, Kyrlyo et al. (2024): Deployment of a UAV Swarm-Based LiFi Network in the Obstacle-Ridden Environment: Algorithms of Finding the Path for UAV Placement. *Radioelectronic and Computer Systems*, 1, 176–195. Online: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.1.14>
- LIANG, Xiao (2020): Moving Target Tracking Method for Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Ground Vehicle Heterogeneous System Based on AprilTags. *Measurement and Control*, 53(3–4), 427–440. Online: <https://doi.org/10.1177/0020294019889074>
- LIU, Hongshan et al. (2024): Near-Space Communications: The Last Piece of 6G Space-Air-Ground-Sea Integrated Network Puzzle. *arXiv:2401.00283 [cs.IT]*. Online: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.00283>
- MISRA, Sudip et al. (2021): Dynamic Leader Selection in a Master-Slave Architecture-Based Micro UAV Swarm. *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 1–6. Online: <https://doi.org/10.1109/GLOBECOM46510.2021.9685538>
- MORRIS, Tommy J. et al. (2006): Battlefield Medical Information System-Tactical (BMIST): The Application of Mobile Computing Technologies to Support Health

- Surveillance in the Department of Defense. *Telemedicine Journal and E-health*, 12(4), 409–416. Online: <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.12.409>
- NATO Secretary General (2020): *NATO 2030: United for a New Era – Analysis and Recommendations of the Reflection Group Appointed by the NATO Secretary General*. Online: www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/12/pdf/201201-Reflection-Group-Final-Report-Uni.pdf
- NATO TIDE Sprint 2023. Online: www.act.nato.int/article/allied-command-transformation-hosts-2023-tide-sprint-events-to-promote-interoperability-between-allies/
- PERNIK, Piret et al. (2021): *Research Report Supply Chain and Network Security for Military 5G Networks*. Tallin: NATO CCDCOE. Online: https://ccdcoe.org/uploads/2021/10/Report_Supply_Chain_and_Network_Security_for_Military_5G_Networks.pdf
- PHADKE, Abhishek – MEDRANO, F. Antonio (2022): Towards Resilient UAV Swarms—A Breakdown of Resiliency Requirements in UAV Swarms. *Drones*, 6(11), 340. Online: <https://doi.org/10.3390/drones6110340>
- PARK, Hyun-A (2024): Secure Proxy Re-Encryption Protocol for FANETs Resistant to Chosen-Ciphertext Attacks. *Applied Sciences*, 14(2), 761. Online: <https://doi.org/10.3390/app14020761>
- SINGH, Rohit et al. (2024): Towards 6G Evolution: Three Enhancements, Three Innovations, and Three Major Challenges. *arXiv:2402.10781*. Online: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.10781>
- STRINATI, Emilio Calvanese et. al (2024): Towards Distributed and Intelligent Integrated Sensing and Communications for 6G Networks. *arXiv:2402.11630*. Online: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.11630>
- SZELECZKI Szilveszter – FARKAS Tibor (2022): A Magyar Honvédség harcászati infokommunikációs hálózatainak korszerűsítési irányelvei. *Hadtudomány*, 32(1), 74–92. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2022.32.1.74>
- SZENES Zoltán (2021): Merre tovább, NATO? *Honvédségi Szemle*, 149(6), 3–19. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2021.6.1>
- SZENES Zoltán – SIPOSNÉ Kecskeméthy Klára (2019): *NATO 4.0 és Magyarország. 20 év tagság, 30 év együttműködés*. Budapest: Zrínyi.
- TÓTH András (2023): Az 5G-technológia jellemzői és a kialakításában rejlő kihívások. In TÓTH András (szerk.): *Új típusú kihívások az infokommunikációban*. Budapest: Ludovika, 51–98. Online: <https://real.mtak.hu/175140/>
- TÓTH András – FARKAS Tibor (2023): Opportunities and Directions for the Evolution of Command and Control Systems in the Context of Multi-domain Operations. *Vojenská reflexie*, 18(3), 59–73. Online: <https://doi.org/10.52651/vr.a.2023.3.59-73>
- TÖRÖK, Péter (2021): A Brief Overview of Digital Military Systems Used in the Armies of NATO Member Countries. *Nemzetbiztonsági Szemle*, 9(1), 56–70. Online: <https://doi.org/10.32561/nsz.2021.1.4>
- Yeshiva World News (2024): IDF Launches Innovative App to Streamline Battlefield Medical Data Transfer to Hospitals. *Yeshiva World News*, 2024. február 4. Online: www.theyeshivaworld.com/news/israel-news/2258650/idf-launches-innovative-app-to-streamline-battlefield-medical-data-transfer-to-hospitals-see-dramatic-footage.html