

Schmidt Imre alezredes:

AZ ÚR ÉS AMI „MÖGÖTTE” VAN

„Új határ” a NATO számára, vagy újabb paradigmaváltás?

DOI: 10.35926/HSZ.2021.5.1

ÖSSZEFOGLALÓ: Kennedy elnök híres bejelentése óta az űr mint az „új határ” az emberiség fejlődésében egyre dinamikusabban fejlődő szerepet játszik. A Kármán-vonal¹ feletti tér a NATO számára is egyre meghatározóbbá vált mind az elrettentés, mind pedig a kollektív védelem szempontjából. A szerző tanulmányában az űr katonai aspektusainak vizsgálata és a NATO-ban zajló legfrissebb fejlemények bemutatása mellett bizonyítja, hogy a világűr nem egy „új” műveleti tartományként kell kezelnünk, hanem tudatosítani szükséges a megváltozott geopolitikai és geostratégiai körülmények okán kialakult eltérő prioritásokat. Az írás azt is vizsgálja, milyen hatással lehet mindez a közeljövőben a Magyar Honvédségre. A szerző tanulmányát a jelenleg fordítás alatt álló NATO Űrkézikönyv előfutáraként egyfajta „étvágygerjesztőnek” szánja, célközönsége alapvetően az összhaderőnemi törzsekben szolgáló állomány, amely munkája és nemzetközi szolgálatteljesítése közben hamarosan találkozni fog a műveletek űrtámogatásával.

KULCSSZAVAK: NATO, űr, műhold, GPS, SATCOM, METOC, Magyar Honvédség

BEVEZETÉS

2021. január 1-jén 3372 műhold keringett a Föld körül,² több mint 80 ország és szervezet működtetésében, jelentősen hozzájárulva a világ lakossága számára a mindennapos és megszokott szolgáltatások³ biztosításához. Az űrendszerek⁴ és kapcsolódó technológiáik ma már a globális kritikus infrastruktúra egyre növekvő szegmensét képezik. E műholdak több mint 10%-a ismerten katonai célokat szolgál, és közel 80%-uk legalább is kettős felhasználású (civil-katonai, kereskedelmi-katonai vagy kormányzati-katonai). Az elmúlt évtizedben a NATO egyre szélesebb körben támaszkodott az űrbeli képességekre a különböző műveleteiben, mely végül az űr mint a legújabb műveleti tartomány hivatalos elismeréséhez vezetett. Ezzel egyidejűleg – természetes módon – a figyelem fókuszába kerültek az e rendszerek működési folytonosságát, illetve hatékonyságát veszélyeztető fenyegetések is.

¹ A Kármán-vonal a világűr határa, amely kb. 100 km-es magasságban húzódik. Ez az a magasság, ahol egy légi jármű már nem tud a felhajtóerő segítségével repülni, és el kell érnie az első kozmikus sebességet (7,9 km/s) a fennmaradáshoz. Kármán Tódor számolta ki ezt a határt, mely az ő nevét viseli. Kármán-vonal. Magyar elmék. <http://magyarelme.blogspot.com/2020/08/karman-vonal.html> (Letöltés időpontja: 2021. 05. 25.)

² UCS Satellite Database. Union of Concerned Scientists. 01. 01. 2021. <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 12.)

³ Navigáció, távközlés, logisztikai szolgáltatások, meteorológia, banki transzferek stb.

⁴ Az űrendszerek négy fő komponensből állnak: az űrszegmens (az aktív műhold), a földi szegmens (alapvetően a vezetés-irányítási rendszer – C2), a földi felhasználó szegmens (az űrképességek végfelhasználója), valamint az uplink/downlink szegmens (az elektromágneses jelek, amelyek továbbítják az információt).

TÖRTÉNELMI VISSZATEKINTÉS

Az „úrtörténelmet” katonai szempontból két nagy periódusra osztom: a hidegháborús korszakra és az azt követő időszakra. Az előbbivel Várdai Mihail Istvanovics századosnak a *Honvédségi Szemle* 2021/1. számában megjelent cikke⁵ foglalkozik, ezért ezt a korszakot jelen tanulmányban nem fejtem ki bővebben. Számunkra amúgy is érdekesebbnek tűnhet az utóbbi mintegy három évtized, annak is az utolsó harmada, amikor az úr katonai felhasználásának vonatkozásában a NATO – és ezzel együtt természetesen a szervezeten kívüli többi „úrnagyhatalom” is – komoly előrelépésről tett tanúbizonyságot.

Az Amerikai Egyesült Államok és a NATO tekintetében a hidegháborút követő időszak egyértelműen az űrendszerek egyre gyorsuló ütemű kiaknázásáról szól. A 70-es évektől az ezredfordulóig a NATO saját műholdas kommunikációs rendszerrel rendelkezett a gyors és védett stratégiai kommunikáció érdekében.⁶ A később SATCOM⁷ néven nyilvánosságra hozott rendszert az ezredfordulón a SATCOM 2000 váltotta fel, melyet azonban már nem a NATO birtokolt, hanem lízingelte ezt a képességet egy francia–brit–olasz konzorciumtól. A képességek lízingelésének trendjét az űrképességek vonatkozásában a NATO mind a mai napig követi.

Mindannyian emlékszünk még a Kuvait felszabadítása érdekében folytatott 1991-es öbölháborúra, ahol az amerikai műholdas globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System – GPS⁸) alkalmazásával gyakorlatilag lenullázták a szemben álló iraki erőket – az akkori médiában több helyen az első úrháborúként aposztrofálva a műveleteket.⁹ A GPS alkalmazása további kritikus előnyöket biztosított az 1999-es koszovói kampány idején is, ahol a GPS-t többek között a célkezelés (*targeting*) javítására használták. A Balkántól kezdve a NATO 2011-es líbiai műveletén keresztül a későbbi afganisztáni műveletekig a műholdakat széleskörűen alkalmazták többek között az összhaderőnemi hírszerzés, megfigyelés és felderítési tevékenységek (Joint Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – JISR) forrásaként, illetve célkezelési támogatásra. Szintén nem elhanyagolható űrképesség a NATO-tagországok számára 2003 óta rendelkezésre álló – szintén műholdalapú – megosztott korai figyelmeztető rendszer¹⁰ (Shared Early Warning System – SEWS), melyet az Amerikai Egyesült Államok biztosít a támadó ballisztikus rakéták elleni aktív és passzív védelem támogatásaként. Látható tehát, hogy a NATO számára az úr sosem volt negligált szegmens, mégis úgy tűnhet, hogy csak az utóbbi néhány évben lett felkapott téma az úr és annak minden aspektusa. Mi változott tehát? Ahhoz, hogy megértsük az „úrkérdés” evolúcióját, ismerkedjünk meg néhány fundamentummal.

⁵ Várdai Mihail Istvanovics százados: A világűr militarizálásának kérdéseiről. *Honvédségi Szemle*, 2021/1., 34–50. <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/192> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 15.)

⁶ The Cold War – Defence and Deterrence. NATO E-Library. https://www.nato.int/cps/us/natohq/declassified_138278.htm (Letöltés időpontja: 2021. 04. 16.)

⁷ Satellite Communications.

⁸ Mára már több helyen egy átfogóbb elnevezés alkalmazásával találkozhatunk, a GPS betűszót felváltotta a GNSS (Global Navigation Satellite System) megjelölés.

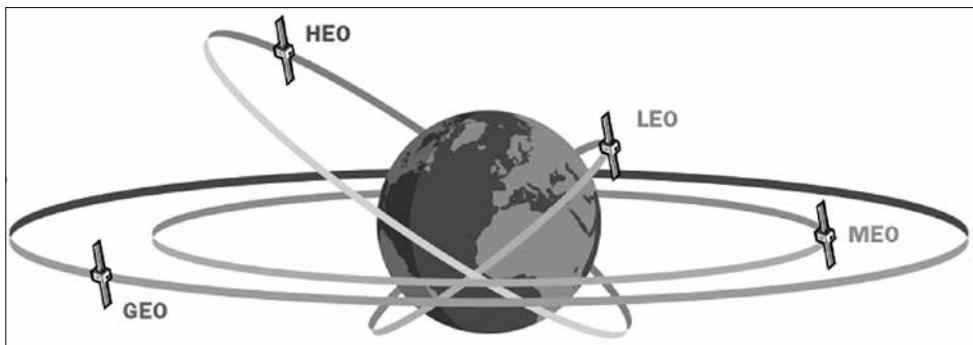
⁹ Larry Greenemeier: GPS and the World's First “Space War”. *Scientific American*, 08. 02. 2016. <https://www.scientificamerican.com/article/gps-and-the-world-s-first-space-war/> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 15.)

¹⁰ A SEW-rendszerről és a NATO ballisztikus rakétavédelméről bővebben lásd Schmidt Imre alezredes: Támadó-rakéták és rakétavédelem – többcélú fegyverrendszerek és azok geopolitikai hatásai. *Honvédségi Szemle*, 2020/3., 18–30. <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/72> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 15.)

FIZIKAI ALAPOK

A műholdak a Föld körül úgynevezett műholdpályán (*orbit*) keringenek, melyeket magasságuk szerint alapvetően az alábbi kategóriákba soroljuk:

- alacsony Föld körüli pálya (Low Earth Orbit – LEO);
- poláris pálya és napszinkron pálya;
- közepes Föld körüli pálya (Medium Earth Orbit – MEO);
- geostacionárius pálya (Geosynchronous Orbit – GSO);
- magas elliptikus pálya (High Elliptical Orbit – HEO).



1. ábra Alapvető műholdpályák¹¹

A LEO – mint a neve is mutatja – olyan pálya, amely viszonylag közel húzódik a Föld felszínéhez. Rendszerint 1000 km-nél kisebb magasságban van,¹² ami más pályákhoz képest alacsony, de már nagyon messze van a Föld felszínétől. Összehasonlításképpen: a legtöbb kereskedelmi repülőgép nem repül nagyjából 14 km-nél nagyobb magasságban, így a legalacsonyabb LEO is több mint tízszer magasabb ennél. A LEO közelsége a Földhöz számos okból hasznos. Ez az a pálya, amelyet a műholdas képalkotáshoz leggyakrabban használnak, mivel a felszín közelében tartózkodva nagyobb felbontású képeket lehet készíteni. Ilyen pályán mozog a Nemzetközi Űrállomás (International Space Station – ISS) is, mivel az űrhajósok könnyebben utazhatnak oda és vissza. Az ilyen pályára állított műholdak mintegy 7,8 km/s sebességgel haladnak, ekkora sebességgel egy műhold megközelítőleg 90 perc alatt kerüli meg a Földet.¹³ Ebből adódóan egy fix telepítésű földi állomás nem képes folyamatos globális hozzáférést biztosítani ezekhez a műholdakhoz, ami azt jelenti, hogy több földi állomásra, illetve telepíthető rendszerekre van szükség az összes összegyűjtött adat rögzítése és továbbítása céljából. Telekommunikációs célokra szintén használható a LEO, de ebben az esetben nagyobb számú műhold alkalmazása szükséges az állandó lefedettség biztosításához.

¹¹ What is the Medium Earth Orbit (MEO)? Everything RF. <https://www.everythingrf.com/community/what-is-the-medium-earth-orbit> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 18.)

¹² Az Európai Űrügynökség és több más nemzetközi szervezet által elfogadott magasság. A NATO által 2017-ben kiadott Űrkézikönyv ezt a magasságot 2000 km-re teszi.

¹³ Types of orbits. European Space Agency, 30. 03. 2020. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits#SSO (Letöltés időpontja: 2021. 04. 18.)

A MEO a LEO és a GEO között helyezkedik el, kb. 5000 és 24 000 km-es távolságban – általában 20 500 km-en. Ezt a magasságot nagyon gyakran használják navigációs célokra például az amerikai GPS- és az európai Galileo-rendszer műholdjai.

A GEO-n lévő műholdak az Egyenlítő felett nyugatról keletre haladnak, mivel azonban az ilyen műholdak keringési periódusa megegyezik a Föld egy körbefordulásának idejével és az Egyenlítő síkjában mozognak, ezért az égen álló pontként jelennek meg. A GEO-t olyan – például távközlési – műholdak használják, amelyeknek folyamatosan egy adott földrajzi hely felett kell maradniuk, így elegendő egy földön telepített stacioner antenna, amely mindig az adott műhold felé mutat. Időjárás-megfigyelő műholdak is használják a GEO-t, mert így folyamatosan tanulmányozhatják a meghatározott területeket az időjárási trendek előrejelzése érdekében.

A NATO ŰRKÉPESSÉGEIVEL KAPCSOLATOS ALAPELVEK

A NATO nem birtokol semmilyen űralapú eszközt vagy űrképességet – limitált űrképességeket lízingel a tagországoktól, viszont stacioner és telepíthető földi állomásokat üzemeltet¹⁴ NATO-felszereléssel és -személlyel.

A NATO-nak nincs közvetlen vezetés-irányítási jogköre a nemzeti űrképességek vagy űrrendszerek felett.

A NATO részére a hozzáférést a nemzeti űrképességhez és szolgáltatásokhoz a nemzetek önkéntes alapon biztosítják, általában egyetértési nyilatkozatokon keresztül, vagy *ad hoc* alapon egy-egy konkrét művelet során.

Az űrképességek által biztosított szolgáltatások minden (szárazföldi, légi, tengeri, kiber-) műveleti tartomány számára alapvető tevékenységeik során.

A NATO-műveletek ez irányú kiterjedése egyre növekvő tendenciát mutat, és ezek a képességek jelentős befolyást fognak gyakorolni a jövőben a műveletek hatékonyságára.

A NATO-MŰVELETEK ŰRTÁMOGATÁSA

A NATO műveleteinek hatékonysága jelentősen függ az űrnemzetek által biztosított képességektől, amelyek alapvetően kész űrtermékek és -szolgáltatások formájában nyilvánulnak meg. NATO-nemzetek birtokolják a jelenleg keringő műholdak több mint 50%-át, míg Kína és Oroszország kb. 22%-ot. A NATO-erők által igényelt űrtámogatás túlnyomó részét az Amerikai Egyesült Államok biztosítja. A NATO további űrtámogató nemzetei között elsősorban Franciaország, Németország, Olaszország és Nagy-Britannia érdemel említést. A műveletek űrtámogatása fogalom alatt említett és a NATO űrnemzetei által biztosított képességek közé alapvetően az alábbiak tartoznak:

- globális, stratégiai és hadszíntéren belüli műholdas kommunikáció (SATCOM);
- helymeghatározás, navigáció és időzítés (Positioning, Navigation, and Timing – PNT);
- hírszerzés, megfigyelés és felderítés (ISR);
- a földi és az űri környezet monitorozása (Meteorological and Oceanographic – METOC);
- ballisztikusrakéta-védelem (SEW).
- űrhelyzet-tudatosság (Space Situational Awareness – SSA).

¹⁴ A földi szegmens részeként.

Globális, stratégiai és hadszíntéren belüli műholdas kommunikáció

A SATCOM felhasználási lehetőségei között szerepel az azonnali globális kapcsolat az erők és a parancsnokságok között, a kritikus felderítési információk továbbítása, az érzékelők és a fegyverrendszerek összekapcsolásának a képessége, valamint stabil kommunikáció létrehozása fizikailag korlátozott helyeken. A SATCOM kifejezés kormányzati, katonai, polgári és kereskedelmi rendszereket és alkalmazásokat is tartalmaz.¹⁵

A SATCOM alkalmazásai:

- vezetés, irányítás és kommunikáció (Command, Control and Communication – C3);
- távvezérelt repülőgéppel (Remotely Piloted Aircraft – RPA) végrehajtott műveletek;
- telepített, látóhatáron túli (Beyond Line of Sight – BLOS) kommunikáció.

Előnyei:

- globális lefedettség;
- valós idejű BLOS-kommunikáció.

Hátrányai:

- limitált kapacitás (az egyre növekvő igények okán);
- terminál- és antennaméretetek (kompromisszumkészség az információáramlás sebessége és a mobilitás között);
- zavarás;
- az űri és a földi időjárás befolyásolja a kommunikációt: a naptevékenység ronthatja, a csapadék – ha elég sűrű, akkor – teljes kiesést is okozhat;
- sebezhetőség, mert a műhold elleni (Anti-Satellite – ASAT) fegyverek és az űrhulladék a műholdak két alapvető sebezhetőségi forrását jelentik.

Helymeghatározás, navigáció és időzítés

A PNT-információk létfontosságúak a katonai műveletek számára, kulcsfontosságú eszköz a vezetési és irányítási, az információs és a fegyverrendszerek, valamint a platformok számára. A pontos hely és a referenciaidő biztosítása előfeltétele a szinkronizált, precíz, hálózatra épülő műveletek számára minden műveleti tartományban.¹⁶ A GPS pontosságát számos tényező befolyásolhatja az űr időjárási hatásaitól a földi zavarásokig.

A PNT alkalmazásai:

- precíziós csapásmérés;
- navigáció;
- hálózati időzítés (általában kommunikációhoz, SATCOM-hoz is);
- személyi állomány kiemelése, harci keresés és mentés (Personal Recovery/Combat Search and Rescue);
- saját erők követése (Blue Force Tracking);
- ballisztikusrakéta-védelem.

¹⁵ Allied Joint Publication 3.3(B) – Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. Edition B, Version 1. NSO, 04. 2016, 83. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/624137/doctrine_nato_air_space_ops_ajp_3_3.pdf (Letöltés időpontja: 2021. 04. 14.)

¹⁶ Uo.

Előnyei:

- globális lefedettség;
- pontosság (általában 7-10 méteres pontosság);
- hozzáférhetőség – a helymeghatározó eszközök passzívak, de azért a hozzáférések száma szinte korlátlan.

Hátrányai:

- zavarás;
- a sűrű növényzet vagy a meredek terep csökkentheti a GPS jeleinek vételi lehetőségeit;
- hamisítás (*spoofing*), vagyis az ellenfél hamis jeleket generálhat, amelyek megtéveszthetik a felhasználót a helyzetre vagy az időzítésre vonatkozó információk tekintetében; az Amerikai Egyesült Államok Közlekedési Minisztériuma például 2019-ben figyelmeztetést adott ki a GPS irániak általi zavarásáról és *spoofing*ról a Hormuzi-szorosban;¹⁷
- sebezhetőség.

Hírszerzés, megfigyelés és felderítés

Az ISR keretében különböző területeknek az űrből történő megfigyelése információt szolgáltat az ellenfél helyéről, harcrendjéről és szándékáról. Támogatja az ellenfél manővereinek követését, a célkezelést és az ellenféllel történő harcbalépést, valamint lehetőséget nyújt az akciók taktikai kiértékelésére. Az űralapú ISR egy adott terület földrajzi jellemzőire vonatkozó adatok biztosításával támogatja a műveletek tervezését és végrehajtását. A LEO és a MEO műholdjai percekben belül nyújthatnak lefedést a célpontokon, míg a GEO-ról folyamatos megfigyelést tudnak biztosítani egy adott terület fölött.

Az űralapú ISR alkalmazásai:

- harcrend felderítése;
- műveletek előkészítése;
- harctéri kárfelmérés (Battle Damage Assessment – BDA);
- információ-előállítás – hírszerzés;
- célkezelés;
- rögtönzött robbanószerkezetek elleni védelem (Countering Improvised Explosive Devices – C-IED).

Előnyei:

- lefedettség – „űrjogilag” bármely űreszköz engedély nélkül átrepülhet a Föld bármely területe fölött, ami lehetővé teszi az űralapú ISR-eszközök képalkotáshoz és hírszerzéshez történő felhasználását, „határátlépési” engedélyek nélkül;
- csökkentett sérülékenység az ellenfél fellépéseivel szemben;
- az űralapú ISR-rendszerek által biztosított információk javítják a műveletek tervezési hatékonyságát.

¹⁷ Tzvi Joffe: U.S. warns of GPS interference, communications spoofing in Persian Gulf. The Jerusalem Post, 08. 08. 2019. <https://www.jpost.com/middle-east/us-warns-of-gps-interference-communications-spoofing-in-persian-gulf-597998> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 18.)

Hátrányai:

- limitált hozzáférés, mert pályájuktól függően az ISR-műholdak megfigyelési időszakában hézagok keletkeznek, továbbá nehéz, illetve drága új pályára állítani őket;
- a műholdas pálya által diktált kiszámítható átrepülési ciklusok, melyek az ellenfél számára lehetőséget adnak az elkerüléshez;
- felbontása az érzékelő típusától és a pályától függően különböző szintű lehet;
- légköri zavarok, például a köd, füst, elektromos viharok, csapadék és felhők befolyásolják a képalkotó rendszerek képességeit.

A földi és az űri környezet monitorozása

Az űrrendszerek adatokat szolgáltatnak a földi meteorológiai és oceanográfiai, valamint az űri környezeti tényezőkről, amelyek minden területen befolyásolhatják a katonai műveleteket. Ezenkívül a környezeti monitorozás konkrét adatokat szolgáltat az űrrendszerekre, az űrműveletekre gyakorolt lehetséges hatásokra vonatkozó előrejelzésekhez és figyelmeztetésekhez.

A környezeti megfigyelési képességek az összhaderőnemi művelettervezők számára aktuális, többspektrumú információt nyújtanak a felszín alatti, a felszíni és a légi viszonyokról. E tényezők ismerete lehetővé teszi az erők számára a kedvezőtlen környezeti feltételek elkerülését.¹⁸ Az űri „időjárás” különböző jelenségekből áll, amelyek hatással vannak a földközeli környezetre, magukra a műholdakra és azok hatékony működésére. Ilyenek lehetnek a Nap tevékenységéből származó töltött részecskék, például a kozmikus sugarak és a Van Allen sugárzási övek.¹⁹ Ezek a jelenségek az űrben a szolgáltatások elvesztését okozhatják, ami súlyosan befolyásolhatja a kommunikációt, a navigáció pontosságát, az érzékelők teljesítményét. A környezeti megfigyelő műholdakat általában napszinkron és GEO-pályákra helyezik.

A METOC alkalmazásai:

- küldetéstervezés;
- lőszerkiválasztás;
- földi időjárás-előrejelzés;
- űri időjárás előrejelzése;
- humanitárius segítségnyújtás.

Előnyei:

- lefedettségük alapján a METOC-műholdak olyan távoli vagy ellenséges területekről is gyűjtenek adatokat, ahol földi alapú eszközökkel alig vagy egyáltalán nem lehet adatokat szerezni;
- sokrétű adatgyűjtés, mert a környezeti műholdak jellemzően három fő spektrális sávban gyűjtenek adatokat: a vizuális sávban (a felhők, a jégmezők, a hó lefedettsége és kiterjedése), az infravörös sávban (a légköri hőről) és a mikrohullámú sávban (a tenger felszíne, a talaj nedvessége, a jég jellemzői, a légköri hőmérsékletprofilok).

¹⁸ Allied Joint Publication 3.3(B), 82.

¹⁹ A Van Allen sugárzási övek olyan töltött részecskék zónái, amelyek nagy része a napszélből származik, és amelyeket a Föld megragad és a mágneses tere körül tart. Elisabeth Howell: Van Allen Radiation Belts: Facts & Findings. Space.com. <https://www.space.com/33948-van-allen-radiation-belts.html> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 19.)

Hátrányai:

- a felbontás változó, mert a METOC-képesség legnagyobb korlátját az jelenti, hogy kompromisszumra van szükség a felbontás és a cél fölött eltöltött idő között;
- sebezhetőség.

Ballisztikusrakéta-védelem

Az Amerikai Egyesült Államok infravörös érzékelővel ellátott műholdrendszere a NATO részére időbeni figyelmeztetést biztosít ballisztikus rakéta indításáról, karakterizálja a rakéta-indítást, illetve adatok továbbításával biztosítja a rakéta nyomon követését. A SEW-rendszer adatai alapján előre lehet kalkulálni a becsapódás megközelítő helyét a gyorsított döntéshozatal támogatása²⁰ érdekében.

Űrhelyzet-tudatosság

Az űr megfigyelése lehetővé teszi a műholdakra és azok szolgáltatásaira gyakorolt hatások észlelését és enyhítését. Katonai értelemben az SSA aktuális és előrejelző ismeretek összessége az űrkörnyezetről, a műveleti környezetről, valamint ezeknek a NATO-műveletekre gyakorolt hatásáról. Az SSA földi és űrbeli érzékelőktől származó információkat tartalmaz, és ezek elemzésével alapvetően a következő tevékenységek támogathatók:

- az űrobjektumok megfigyelése;
- a műholdak védelme, beleértve az űrhulladékokkal²¹ történő esetleges ütközések jelzését is;
- az ellenfél űrképességeinek és szándékának felfedése.

Műholdak nélkül a modern hadviselés már nem is tudna létezni. Az űrendszerek óriási előnyt nyújtanak a NATO-nak, ezért kiemelt célpontot jelentenek ellenfeleink számára.

A FENYEGETÉS

Az űrkorszak kezdete óta a nemzetek olyan módszereket kezdtek kidolgozni, amelyekkel megtagadhatták másoktól az űr katonai előnyeit. Az űr stratégiai fontossága miatt egyes nemzetek űrendszerek elleni fegyverek (Counter-space Weapons – CSW) egész arzenálját építették azok megzavarására, degradálására vagy megsemmisítésére. Ezek a fegyverek képességeik, illetve hatásmechanizmusuk alapján négy tágabb csoportba sorolhatók: fizikai kinetikus, fizikai nem kinetikus, elektronikai és kiberfegyverek.

A fizikai kinetikus fegyverek alkalmazásával közvetlen csapás mérhető az adott műholdra és a földi szegmensre. Az űrben alkalmazott eszköz lehet szuborbitális vagy koorbitális ASAT-fegyver. Előbbit szuborbitális röppályán indítják közvetlenül a szatellithez, az utóbbit

²⁰ A ballisztikusrakéta-védelem egyik alapelve az előre megtervezett válaszlépések rendszere. A közepes (1000–3000 km) hatótávolságú rakéták repülési ideje (10-19 perc) miatt kevesebb mint 5 perc áll rendelkezésre az elfogórakéták indítására.

²¹ Az űrhulladékot hagyományosan az űreszközök kockázatának tekintik. Jelenleg több mint 9600 tonnányi földi eredetű tárgy kering a Föld körül, jelentős részük megközelítőleg 7,8 km/s (28 000 km/h) sebességgel. Space debris by the numbers. European Space Agency, 20. 05. 2021. https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers (Letöltés időpontja: 2021. 05. 31.)

esetben a megcélzott műholddal megegyező pályára áll a támadóeszköz, és onnan hajt végre manővert a műholdhoz közelítve.

Egy ilyen támadás általában visszafordíthatatlan károkat okoz az érintett rendszerekben, nyilvánosan látható, hatékony erődemonstrációt mutat, amely ugyanakkor viszonylag könnyen azonosítható is. Jelentős és kiterjedt károkat okozhat az ütközésből keletkező űrhulladék, mely a Kessler-szindróma²² néven ismert hatás mellett erősen kétélűvé teszi az ilyen fegyverek alkalmazását. A mai napig egyetlen ország sem hajtott végre fizikai kinetikus támadást egy másik ország műholdja ellen, de négy ország – az Amerikai Egyesült Államok, Oroszország, Kína és India – sikeresen tesztelte az ilyen ASAT-fegyvereit.²³

A *fizikai nem kinetikus fegyverek* fizikai érintkezés nélkül hatással a műholdakra és a földi rendszerekre. A lézerek átmenetileg vagy véglegesen megvakítják a műholdak érzékelőit, vagy az alkatrészek túlmelegedését okozhatják. A nagy teljesítményű mikrohullámú (High Power Microwave – HPM) fegyverek megzavarhatják a műhold elektronikáját, vagy maradandó károsodást okozhatnak a műhold elektromos áramkörökben és processzorokban. Az űrben felrobbantott nukleáris eszköz magas sugárzási környezetet és elektromágneses impulzust (Electromagnetic Pulse – EMP) hozhat létre, amelynek megkülönböztetés nélküli hatása lenne a közelben lévő valamennyi műholdra. Ezek a támadások lényegesen gyorsabban kivitelezhetők, egyes esetekben pedig kevésbé megfigyelhetők, ezért nehezebben is azonosíthatók.²⁴

Az *elektronikai fegyverek* az elektromágneses spektrumot veszik célba, amelyen keresztül az űrrendszerek adatokat fogadnak és továbbítanak. A zavaróeszközök (*jammer*) zavarják a műholdak felé irányuló vagy onnan érkező kommunikációt azáltal, hogy „zajt” generálnak ugyanabban a rádiófrekvenciás sávban. Az *uplink jammer* zavarja a Földről a műhold felé tartó jelet, például a C2-parancsokat. A *downlink jammer* a műhold által sugárzott jeleket célozzák. A megtévesztés²⁵ (*spoofing*) az elektronikus támadások egy olyan formája, ahol a támadó arra készíti a vevőt, hogy a támadó által kibocsátott hamis jelet higgye az igazinak. Ilyen módon hamis információkat lehet injektálni egy adatfolyamba, vagy szélsőséges esetben hamis parancsokat kiadni a műhold működésének megzavarása érdekében. Ilyen esetekről a nyílt médiában is egyre sűrűbben lehet hallani, elsősorban GPS-jelek kapcsán²⁶ (emlékezzünk a híres *Pokemon-spoofing* eseménysorra). Az elektronikus támadási formákat nehéz felismerni vagy megkülönböztetni a véletlen interferenciától, ami megnehezíti az elkövető azonosítását. A zavarás és a megtévesztés egyaránt visszafordítható támadási forma, mert azok kikapcsolása után a kommunikáció normális állapotba kerülhet.

Míg a támadás elektronikus formái megpróbálják megzavarni a rádiófrekvenciás jelek továbbítását, a *kiberfegyverek* magát az adatot és az adatok áramlását használó, továbbító

²² A NASA űrhulladék-szakértője, Don Kessler megfigyelte, hogy egy bizonyos kritikus tömeg elérése után az űrhulladék teljes mennyisége folyamatosan növekszik: az ütközések láncreakcióban újabb törmelékhez és újabb ütközésekhez vezetnek. Az űrtörmelék szintje az elmúlt öt évben a LEO-n 50%-kal nőtt. The Kessler Effect and how to stop it. European Space Agency. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/The_Kessler_Effect_and_how_to_stop_it (Letöltés időpontja: 2021. 14. 23.)

²³ Todd Harrison et al.: Space Threat Assessment 2021. Centre for Strategic and International Studies, 04. 2021, 4. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210331_Harrison_SpaceThreatAssessment2021.pdf?gVYhCn79enGCOZtcQnA6MLkeKlwwqqk (Letöltés időpontja: 2021. 05. 31.)

²⁴ Uo.

²⁵ A szerző saját fordításában alkalmazott terminológia.

²⁶ Top 10 GPS spoofing events in history. Regulus, 05. 01. 2021. <https://www.regulus.com/blog/top-10-gps-spoofing-events-in-history> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 24.)

és irányító rendszereket célozzák meg. Ezek a támadások célozhatják a földi állomásokat, a végfelhasználói berendezéseket vagy magukat a műholdakat. A műholdak ellen végzett kibertámadások felhasználhatók az adatforgalmi minták figyelemmel kísérésére, az adatok elfogására, esetleg hamis vagy sérült adatok injektálására a rendszerbe. A kibertámadások megkövetelik a megcélzott rendszerek nagy fokú ismeretét, a végrehajtáshoz azonban nem feltétlenül szükségesek jelentős erőforrások. A kibertámadásokat ki lehet szervezni magáncsoportokhoz vagy egyénekhez, így még akkor is jelenthetnek kiberfenyegetést, ha egy állami vagy nem állami szereplőnek nincs saját kiberképessége.²⁷ A NATO számára leginkább fenyegetést jelentő országok CSW-képességeiről és a legutóbbi eseményekről bővebb információ található a már említett *Space Threat Assessment 2021* című dokumentumban.

Az ezredforduló óta nyilvánvalóvá vált, hogy az űrképességek a kétélű kardhoz hasonlatosak – ez egyszerre az űrnemzetek (elsősorban az Amerikai Egyesült Államok) katonai erejének döntő előnye, de ugyanakkor kritikus rés is a katonai páncélzaton.

AZ ŰRKÉRDÉS NATO-EVOLÚCIÓJA – AZ ŰR MINT MŰVELETI TARTOMÁNY

Az űr és annak katonai alkalmazása mára sokrétűbb, megosztóbb és vitatottabb lett, mint valaha. Kína 2007 januárjában az egyik saját időjárás-műholdja, a Fengyun-1C ellen 863 km-es magasságban végrehajtott ASAT-tesztje során fizikailag megsemmisítette a műholdat,²⁸ ami sokak számára egy „wake-up call” volt. 2018-ra a NATO vezetői is felismerték, hogy az űr rendkívül dinamikus és gyorsan fejlődő terület, amely elengedhetetlen a Szövetség biztonsága szempontjából, ezért még abban az évben, a brüsszeli csúcstalálkozón megállapodtak egy átfogó NATO-űrpolitika kidolgozásában, az Amerikai Egyesült Államok pedig 2019-ben ismét megalakította a 2002-ben megszüntetett Űrparancsnokságot.²⁹

A NATO-tagállamok védelmi miniszterei a 2019. júniusi ülésükön fogadták el a NATO űrpolitikáját. Innen már csak egy lépés volt az űr elismerése műveleti tartományként³⁰ (*space domain*), ami nem sokkal később, a 2019. decemberi londoni vezetői értekezleten történt meg. Mint azt a NATO főtitkára, Jens Stoltenberg említette egy brüsszeli sajtótájékoztatón: „mindez lehetővé teszi a NATO-tervezők számára, hogy kérelmet nyújtsanak be a szövetségesek részére képességek és szolgáltatások, például műholdas kommunikáció és adatképek biztosítására”.³¹ Ebben az időszakban a Szövetséges Erők Európai Főparancsnokságán (Supreme Headquarters Allied Powers Europe – SHAPE) különböző területeken már több amerikai – ahogy mi magunk közt nevezzük őket, „ürcowboy” – katona is dolgozott. Az egyik ilyen beosztás éppen az Átfogó Műveleti és Válságkezelő Központ Műveleti Tartomány Csoportjának Légierő és Űr Szekciójában³² van, ahol e tanulmány szerzője is szolgált.

²⁷ Harrison et al.: i. m.

²⁸ Brian Weeden: 2007 Chinese Anti-Satellite Test Fact Sheet. Secure World Foundation, 23. 11. 2010. https://swfound.org/media/9550/chinese_asat_fact_sheet_updated_2012.pdf (Letöltés időpontja: 2021. 05. 31.)

²⁹ Frank A. Rose: Re-establishing U.S. Space Command is a great idea. Brookings, 07. 01. 2019. <https://www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2019/01/07/re-establishing-u-s-space-command-is-a-great-idea/> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 25.)

³⁰ A légi, a szárazföldi, a tengeri és kibetér mellett.

³¹ Press conference by NATO's Secretary General Jens Stoltenberg following the meeting of the North Atlantic Council at the level of Foreign Ministers. NATO E-Library, 20. 11. 2019. https://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_171022.htm (Letöltés időpontja: 2021. 04. 24.)

³² Comprehensive Crisis and Operations Management Centre, Domain Operations Group, Air and Space Section – CCOMC, DOG, A&S.

2020. október 22-én a védelmi miniszterek döntöttek egy új NATO-űrközpont létrehozásáról a németországi Ramsteinban lévő Légierő Parancsnokságnál (AIRCOM). Ez a szervezet fogja segíteni a szövetséges űrtevékenységek összehangolását; űrtámogatást hajt végre a NATO missziói és műveletei számára, ideértve a kommunikációt és a műholdas képeket is, valamint feladata a szövetséges űrrendszerek védelme azáltal, hogy információt oszt meg a lehetséges fenyegetésekről. Az űrrel mint műveleti tartománnyal kapcsolatos feladatok és interakciók lehetővé tétele érdekében egy „űrtartományi” megvalósítási terv készült, melynek szakaszait 2021 januárjában hagyta jóvá a NATO Katonai Tanácsa (Military Committee – MC). Kidolgozták az űrfeladatokhoz szükséges kezdeti humánereforrás-értékelést és -igényt, melynek szellemében a NATO-ban mintegy 60 új űrbeosztást rendszeresítenek a teljes képesség elérése érdekében. A NATO műveletei űrtámogatásának fontosságát semmi sem jelzi jobban, mint hogy megkezdték a mellékletek beépítését a stratégiai tervekbe, köztük a hazánk számára készülő lépcsőzetes reagálótervbe is.

Időközben Kína, Oroszország, Franciaország, Japán és India is megváltoztatták nemzetbiztonsági szempontból az űrképességük megszervezésének módját.³³

AZ ŰRKÉRDÉS HAZÁNKBAN

Sokan nem tudják, de Magyarországon a második világháborút lezáró időszak óta komoly erőfeszítések zajlanak az űrtevékenységek tekintetében. Amellett, hogy hazánk is embert küldött a világűrbe, ezek elsősorban a kormányzati, a civil és a magánszféra kutatás-fejlesztési programjaiban valósulnak meg.

2018 óta a Külgazdasági és Külügyminisztérium látja el az űrtevékenység felügyeletét, az űrkutatás és alkalmazási területein aktívan működő mintegy 30 intézményből álló hálózattal,³⁴ amelyekben szakemberek százai dolgoznak. 2012 óta már három teljesen magyar fejlesztésű picoműhold³⁵ is járt az űrben, bizonyítván, hogy kis méretekben is lehetséges jól működő műholdat építeni.³⁶ A HUNSPACE magyar űrripari klaszter a magyar űrorientált szervezeteket fogja össze, többek között olyan projektek megvalósításával, melyek révén mind az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA), mind komoly civil cégek elismerését is kivívtuk.³⁷

Szijjártó Péter külgazdasági és külügyminiszter tavaly tett bejelentése alapján hazánk négy űrhajósjelöltet választ ki, közülük az egyik – újabb magyar űrhajósként – 2024-ben vagy 2025-ben három-hat hónapos kutatómunkát végezhet majd a Nemzetközi Űrállomáson. A Magyar Honvédség is több lábón áll az „űrben”. Az űrhajósjelöltek egészségügyi ellenőrzése és felkészítése feladatainak ellátása mellett létezik az űr katonai felhasználásával foglalkozó szervezeti elem is az MH Modernizációs Intézetben belül, mely szervezetet

³³ Harrison–Johnson–Young: Defense against the dark art in space. Centre for Strategic and International Studies, 02. 2021. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210225_Harrison_Defense_Space.pdf?N2KWelzCz3hE3AaUUptSGMprDtBIBSQG (Letöltés időpontja: 2021. 05. 31.)

³⁴ A Magyar Űrkutatási Iroda honlapja. <http://hso.hu/page.php?label=1> (Letöltés időpontja: 2021. 04. 25.)

³⁵ Az 1 kg-nál nem nagyobb tömegű műholdak tartoznak ide.

³⁶ Nagy Attila Károly: Köszönik szépen, jól vannak az új magyar műholdak. Index, 2020. 01. 08. https://index.hu/techtud/2020/01/08/koszonik_szepen_jol_vannak_az_uj_magyar_muholdak/ (Letöltés időpontja: 2021. 04. 25.)

³⁷ A Magyar Űrripari Klaszter honlapja. <http://hunspace.org/> (Letöltés időpontja: 2021. 14. 25.)

a HM védelmi ipari fejlesztési koncepciójával összhangban haditechnikai innovációs és kutatási központként hozták létre, és közvetlenül az MH Parancsnoksága alárendeltségében tevékenykedik.

Az MH már eddig is széleskörűen alkalmazta az űrendszerek által biztosított képességeket – elég, ha a GPS/GNSS- és a SATCOM-képességekre gondolunk – de a határ szó szerint a „csillagos ég”. „Magyarországnak és a Magyar Honvédségnek elemi érdeke, hogy tudja mi folyik az űrben, enélkül a haderőfejlesztés több eleme is óriási csorbát szenved” – emelte ki dr. Böröndi Gábor altábornagy az első, „úrkatonák” részére végrehajtott nemzeti tanfolyam oklevélátadó ünnepségén 2021. május 6-án.³⁸

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében lehetőségünk van olyan további megfontolásokra, mint:

- a nemzeti VSAT-képesség³⁹ fejlesztése;
- az INMARSAT-szolgáltatók és -szolgáltatások diverzifikációjának lehetőségei;
- alternatív GPS-ek alkalmazása *spoofing* érzékeléssel;
- a saját erők követésének automatizálási kérdései (a TETRA-, TETRA LTE-, EDR- és az IFTS-rendszerek alkalmazási tapasztalatainak összevonásától a harci képességek adatainak hálózatba integrált szenzoros, műholdalapú jeltovábbításáig);
- űridőjárás környezeti valós idejű megfigyelése és az adatok megjelenítése katonai felhasználási célokra;⁴⁰
- a NATO műveleti űrtámogatási képességei felhasználásának vizsgálata az MH alegységeinek nemzeti műveleti tervezései során.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányomban igyekeztem bizonyítani, hogy az űr nem egy „újjonnan felfedezett” műveleti tartomány, hanem a Szun-ce óta ismert katonai intelem⁴¹ alapján az erősségek és a gyengeségek prioritásának az átértékelése. Az űrendszerek elleni tevékenységek újbóli megjelenése nem a hirtelen technológiai változásnak köszönhető, hanem az erősödő felismerése azoknak a megváltozott stratégiai számításoknak, miszerint mi az „erős” és mi a „gyenge”.⁴² Az úralapfogalmak és -koncepciók mellett ismertettem a NATO-műveletek űrtámogatási lehetőségeit, majd röviden vázoltam az ellenfeleink által alkalmazható lehetséges ellentevékenységek sorát, melyek együttesen gyakoroltak hatást a NATO jelenlegi űrszervezeti struktúrájára és az űrrel kapcsolatos jövőbeni tervekre. Kitértem a hazai űrkutatás mellett az űrtartománynak a Magyar Honvédségre gyakorolt lehetséges hatásaira, a kiaknázzható lehetőségekre.

Hazai vonatkozásban az űrképességek terén is az „alulról felfelé” történő építkezés tűnik járható útnak. Ennek szellemében a következő megfontolásokat javaslom:

³⁸ Antal Ferenc: „Elsőnek lenni dicsőség, elsőnek lenni felelősség”. honvedelem.hu, 2021. 05. 06. <https://honvedelem.hu/hirek/elsonek-lenni-dicsoseg-elsonek-lenni-felelosseg.html?fbclid=IwAR3lGtoMqCZMv6FyzjvznCZpcPfHNI7VipqWX-FE2Iar6butK6076GEsIOY> (Letöltés időpontja: 2021. 05. 07.)

³⁹ VSAT-rendszernek nevezzük az olyan műholdelési szolgáltatásokat biztosító infokommunikációs rendszereket, amelyek űrszegmensből (műholdak), földi vezérlő/irányító elemekből és végponti felhasználói terminálokból állnak.

⁴⁰ A RADCUBE-projekt a HUNSPACE keretében éppen ilyen demonstrációs műholdküldetést tervez. Lásd a Magyar Űripari Klaszter honlapján.

⁴¹ „...a háborúban kerüljük azt, ami erős, és támadjuk azt, ami gyenge...”

⁴² Harrison–Johnson–Young: i. m.

- az úrtámogatással kapcsolatos ismeretek széles körű bővítése, a referenciákban említett és jelen íráshoz hasonló tanulmányok rendszeres megjelenítésével;
- a kidolgozás alatt álló Nemzeti Űrstratégiával összhangban az MH űrstratégiája és az űrképességek intézményesítési koncepciójának kidolgozása, amihez elengedhetetlen a műveleti követelmények meghatározása;
- az úrtámogatási képességek adta lehetőségek nemzeti kiaknázásának további vizsgálata, különös tekintettel a folyamatban lévő Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programra és a nemzeti művelettervezés aspektusaira, valamint az ezzel esetlegesen együtt járó humánerőforrás-vonzatokra;
- a személyi állomány szakspecifikus felkészítési lehetőségeinek bővítése;⁴³
- a NATO parancsnoki struktúrájában igényként felmerült űrspecifikus beosztásokból legalább egy vállalása, javasoltan a nemrég megalakult Űrközpontban, ahol a szakterület összes képessége egy helyen koncentrálódik, ezzel megteremtve a lehetőséget az információk közvetlen hozzáférésehez;
- a NATO Űrkézikönyv fordítást követő megjelentetése.

Nem kétséges, hogy a NATO-n belül az űrképesség az újonnan kialakítandó képességek egyik fontos szegmensét fogja képezni, ezért egy jó ideig a hadászati kérdések középpontjában marad. A kérdés, hogy a második magyar űrutazó mellett a katonai képesség is képes lesz-e „pályára állni”.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Allied Joint Publication 3.3(B) – Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. Edition B, Version 1. NSO, 04. 2016. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/624137/doctrine_nato_air_space_ops_ajp_3_3.pdf
- A Magyar Űrpari Klaszter honlapja. <http://hunspace.org/>
- A Magyar Űrkutatási Iroda honlapja. <http://hso.hu/page.php?label=1>
- Antal Ferenc: „*Elsőnek lenni dicsőség, elsőnek lenni felelősség.*” honvedelem.hu, 2021. 05. 06. <https://honvedelem.hu/hirek/elsonek-lenni-dicsoseg-elsonek-lenni-felelosseg.html?fbclid=IwAR3IGtoMqCZMv6FyFzjvznCZpcPfHNI7VipqWX-FE2Iar6butK6076GEsIOY>
- Greenemeier, Larry: *GPS and the World's First "Space War"*. Scientific American, 08. 02. 2016. <https://www.scientificamerican.com/article/gps-and-the-world-s-first-space-war/>
- Harrison, Todd – Johnson, Kaitlyn – Moye, Joe – Young, Makena: *Space Threat Assessment 2021*. Centre for Strategic and International Studies, 04. 2021. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210331_Harrison_SpaceThreatAssessment2021.pdf?gVYhCn79enGCOZtcQnA6MLkeKlcwqqks
- Harrison, Todd – Johnson, Kaitlyn – Young, Makena: *Defense against the dark art in space*. Centre for Strategic and International Studies, 02. 2021. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210225_Harrison_Defense_Space.pdf?N2KWelzCz3hE3AaUUptSGMprDtBIBSQG
- Howell, Elisabeth: *Van Allen Radiation Belts: Facts & Findings*. Space.com. <https://www.space.com/33948-van-allen-radiation-belts.html>

⁴³ Ehhez mind a NATO-ban már rendelkezésre álló tanfolyamok, mind a kiépülőben lévő szakmai kapcsolatok jelentős segítséget nyújthatnak.

- Joffre, Tzvi: *U.S. warns of GPS interference, communications spoofing in Persian Gulf*. The Jerusalem Post, 08. 08. 2019. <https://www.jpost.com/middle-east/us-warns-of-gps-interference-communications-spoofing-in-persian-gulf-597998>
- Kármán-vonal. Magyar elmék. <http://magyarelme.blogspot.com/2020/08/karman-vonal.html>
- Nagy Attila Károly: *Köszönik szépen, jól vannak az új magyar műholdak*. Index, 2020. 01. 08. https://index.hu/techtud/2020/01/08/koszonik_szepen_jol_vannak_az_uj_magyar_muholdak/
- Press conference by NATO's Secretary General Jens Stoltenberg following the meeting of the North Atlantic Council at the level of Foreign Ministers. NATO E-Library, 20. 11. 2019. https://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_171022.htm
- Rose, Frank A.: *Re-establishing U.S. Space Command is a great idea*. Brookings, 07. 01. 2019. <https://www.brookings.edu/blog/order-from-chaos/2019/01/07/re-establishing-u-s-space-command-is-a-great-idea/>
- Schmidt Imre: *Támadórakéták és rakétavédelem – többcélú fegyverrendszerek és azok geopolitikai hatásai*. Honvédségi Szemle, 2020/3., 18–30. <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/72>; DOI: 10.35926/HSZ.2020.3.2
- Space debris by the numbers. European Space Agency, 20. 05. 2021. https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers
- The Cold War – Defence and Deterrence. NATO E-Library. https://www.nato.int/cps/us/natohq/declassified_138278.htm
- The Kessler Effect and how to stop it. European Space Agency. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/The_Kessler_Effect_and_how_to_stop_it
- Top 10 GPS spoofing events in history. Regulus, 05. 01. 2021. <https://www.regulus.com/blog/top-10-gps-spoofing-events-in-history>
- Types of orbits. European Space Agency, 30. 03. 2020. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits#SSO
- UCS Satellite Database. Union of Concerned Scientists. 01. 01. 2021. <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>
- Várdai Mihail Istvanovics: *A világűr militarizálásának kérdéseiről*. Honvédségi Szemle, 2021/1., 34–50. <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/192>; DOI: 10.35926/HSZ.2021.1.3
- Weeden, Brian: *2007 Chinese Anti-Satellite Test Fact Sheet*. Secure World Foundation, 23. 11. 2010. https://swfound.org/media/9550/chinese_asat_fact_sheet_updated_2012.pdf
- What is the Medium Earth Orbit (MEO)? Everything RF. <https://www.everythingrf.com/community/what-is-the-medium-earth-orbit>