

A magaslégköri repülő platformokkal kapcsolatos műveletek és az űrműveletek kapcsolódási hatása, egymásra hatása

Bevezetés

Napjainkban egyre jelentősebb teret nyernek a kutatások, fejlesztések során a magaslégköri repülőeszközök. Technológiai és gazdasági jelentőségük akkorára nőtt, hogy már egy új kifejezés, a „near-space”,¹ a „közeli világűr” is kapcsolódik hozzájuk, megkülönböztetve őket a valódi űrrepülő eszközöktől (*outer space, deep space*) és egyben a hagyományos légköri repülőeszközöktől is. Miközben a „near space” kifejezés egyébként téves, és sem technológiai, sem jogi értelemben nincs értelme (hiszen a magaslégköri repülőeszközök légköri, atmoszferikus járművek), a téma fontosságát kihangsúlyozza.

Sok esetben a magaslégköri repülőeszközöket az űreszközök alternatívájaként állítják be (erre utal egyik elterjedt elnevezésük, a pszeudoműhold is), de ez csak korlátozottan igaz. Bizonyos esetekben a szolgáltatásaik felcserélhetőek, máskor ez nem igaz, és emellett a magaslégköri repülőeszközök jelentős mértékben támaszkodnak repüléseik, műveleteik során az űrszolgáltatásokra képességeik teljes körű kihasználása érdekében. Az is igaz azonban, hogy megfelelő rendszerkialakítással és korlátozott mértékben ugyan, de lehetséges a magaslégköri repülés űrtámogatás nélkül is.

A publikációban bemutatom az űrműveletek és a magaslégköri repülő műveletek közötti kapcsolati rendszert, egymásra hatásaikat és a közös feladat-végrehajtásban rejlő szinergiákat.

1. A magaslégköri repülőeszközök

A magaslégköri repülőeszközök (sztratoszféra-repülőeszközök, pszeudoműholdak) a sztratoszférában, hozzávetőlegesen 20 000 km tengerszint feletti magasságban repülnek. Itt az időjárás hatások sokkal enyhébbek, mint az alacsonyabb légrétegekben (troposzféra, tropopauza, magaslégköri futóáramlás tartománya), és mivel a felhőképződés magassága felett helyezkedik el, nappal folyamatos a benapozottság. Ez lehetővé teszi olyan optimalizált repülőeszközök építését, amelyek a sűrű légkörön való átemelkedést követően heteken, hónapokon át folyamatosan tudnak tevékenykedni itt. Ez a publikáció nem foglalkozik részletesen a magaslégköri repülőeszközök technikai megvalósításával,

¹ Leonard David: Sky Trek to the „Near Space” Neighborhood. *Space.com*, 2005. november 9.

hanem peremfeltételként fogadja el az ilyen eszközök létezését, működését, amelyre számos fejlesztés alatt álló vagy megvalósult példát láthatunk.²

A pszeudoműholdak szolgáltatásai nyújtása érdekében a repülőeszköz-platform technikai kialakítása által meghatározott méret-, tömeg- és energiaigény-korlátok által lehatárolt hasznos terheket hordoznak. Ezen hasznos terhek milyensége határozza meg, hogy melyek azok a hagyományosan űreszközök által nyújtott szolgáltatások, amelyek alternatívájaként vagy kiterjesztőjeként számításba vehetők.

A magaslégtér repülőeszközök távvezérelt, személyzet nélküli repülőeszközök. A repülés során vezetésüket a fedélzeti számítógép (robotpilóta) végzi, amelyet egy irányító földi állomás által meghatározott műveleti területen, útvonalon hajt végre. A sikeres repülőművelet és esetenként a hasznos teher működtetése érdekében az irányító földi állomással rádiókapcsolatot kell tartani.³ A repülőeszköz saját navigációja érdekében, az irányító földi állomással való kapcsolattartás érdekében, továbbá az egész szolgáltatási rendszerre vonatkozóan a művelettervezés érdekében űrszolgáltatások használatára lehet szükség.

A továbbiakban a fenti két szempont alapján vizsgálom azokat az űrszolgáltatásokat, űrműveleteket, amelyek esetében műszakilag és műveleti szempontból lehetséges, hogy azokat a pszeudoműholdakkal hajtsuk végre. Figyelemmel arra, hogy kutatási területem a magaslégtér repülőeszközök katonai, tágabb értelemben védelmi és biztonsági alkalmazhatósága, az űrműveleteket az Amerikai Egyesült Államok újonnan létrehozott haderőneve, a Space Force legmagasabb szintű doktrínája, a *Spacepower. Doctrine for Space Forces*⁴ alapján mutatom be, kiegészítve azt a releváns NATO-doktrína (*Allied Joint Publication 3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations*)⁵ tartalmával.

2. A pszeudoműholdak által végrehajtható vagy támogatható katonai űrműveletek a doktrínák alapján

A *Spacepower* doktrína a katonai űrműveleteket öt fő kategóriába sorolja, amelyek közül az információs mobilitás (*Information Mobility*) a legnagyobb jelentőségű.

A *Spacepowerben* használt felosztás eltér mind az amerikai összhaderőnemi *Joint Publication 3-14 Space Operations* doktrína⁶ kategorizálásától, mind a NATO (szintén

² Enis A. A. Shatri: *High Altitude Platforms: Opportunities and Legal Challenges*. (H. n.), LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019.

³ Az egyszerűség érdekében jelenleg azzal a feltételezéssel élek, hogy a repülőeszköz és a hasznos teher irányító földi állomása azonos, azonban ez nem minden esetben van így, hasonlóan az űrrepülő műholdakhoz, ahol szintén lehetséges a jármű (buszrendszer) és a hasznos teher külön-külön való felügyelete és távvezérlése.

⁴ *Spacepower. Doctrine for Space Forces*. (H. n.), United States Space Force, 2020.

⁵ NATO Standardization Office (NSO): *AJP-3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations EdBv1*. 2016.

⁶ Joint Chiefs of Staff: *Joint Publication 3-14 Space Operations*. (10 April 2018 incorporating Change 1 26 October 2020.) 2020.

összhaderőnemi) AJP-3.3 által alkalmazott kategorizálástól, azonban az egyes művelettípusok könnyen megfeleltethetők a régebbi doktrínákban foglaltaknak.

Az információsmobilitás-műveletek célja a műveleti környezettel, helyzetképpel kapcsolatos adatok, információk gyűjtése, továbbítása és szolgáltatása. Idetartoznak a műholdas távközlési szolgáltatások (benn a kétirányú távközlési szolgáltatások, az egyirányú adatszóró szolgáltatások és a védett, stratégiai jelentőségű átviteli szolgáltatások); a műholdas navigációs és időadat-szolgáltatás; valamint a távérzékelő szolgáltatások (benn a felderítés, az atomrobbanások észlelése és a rakétaindítások észlelése és korai előrejelzése).

A *Spacepower*től eltérően az *AJP-3.3* más szempontok szerint kategorizál, amelyben megjelenik az a korlátozottság is, hogy a NATO nem üzemeltet űreszközöket (azokat a tagállamok biztosítják szolgáltatás formájában), és az űrszolgáltatások hasznosítását is csak korlátozottan végzi az Egyesült Államokhoz képest. A pszeudoműholdak ezek közül az összhaderőnemi erő űrtámogatása (*Space Force Enhancement*) kategóriában található műveletek végrehajtásában vethetők be.

Az összhaderőnemi erő űrtámogatása műveleti főkategóriába a következő művelettípusok tartoznak az *AJP-3.3* alapján:

- Felderítés, amely gyakorlatilag megfeleltethető a *Spacepower* hasonló műveletének.
- Megosztott korai előrejelzés, amely az Egyesült Államok által a NATO részére nyújtott rakétaindítás-észlelési és -előrejelzési szolgáltatásokat jelenti.
- Földi és űrbéli környezeti adatszolgáltatás.
- Műholdas távközlés, amely gyakorlatilag megfeleltethető a *Spacepower* hasonló műveletének.
- Műholdas navigáció és időadat-szolgáltatás, amely gyakorlatilag megfeleltethető a *Spacepower* hasonló műveletének.

Látható, hogy a megosztott korai előrejelzés művelete tartalmában eltér a többitől, hiszen az valójában nem is űrbéli tevékenység, hanem űrbéli szenzorokkal beszerzett és a földön feldolgozott adatok adatátviteli rendszereken keresztül történő továbbítása (így felvethető, hogy nem is helyes az űrműveletek között megjeleníteni). A fennmaradó művelettípusok mindkét doktrínában megjelennek, és a pszeudoműholdak tipikus hasznos terheit (távközlési és távérzékelő rendszerek) ismerve láthatóvá válik, hogy a műholdas navigáció és időadat-szolgáltatás kivételével a fennmaradó művelettípusok jól illeszkednek a magaslégköri repülőeszközök lehetőségeihez.

Miután lehatárolom a pszeudoműhold-műveletek végrehajtása szempontjából számításba vehető űrműveleteket, azokat részletesen és gyakorlatorientáltan is megvizsgálom.

A magaslégköri repülőeszközök működtetéséhez, a sikeres műveleti repüléshez szükség van a repülőeszköz kiindulási és visszaérkezési bázisrepülőtere környezetében, az üzemi magasság eléréséhez használt légtérben, a műveleti területre vezető útvonalrepülés során és a műveleti területen releváns geoinformációk, kiemelten a légköri meteorológiai információk ismeretére. Emellett, mivel a pszeudoműholdak ugyan a légkörben, az ózonréteg védelmében repülnek, de mégiscsak az érzékelhető atmoszféra legnagyobb

tömege felett, a kozmikus sugárzási környezet (az űridőjárás) is hatással van rájuk. Ezen adatok beszerzésével, feldolgozásával, állapotjelentések és előrejelzések készítésével a környezeti adatszolgáltatáshoz kapcsolódó, korábban már említett űrműveletek foglalkoznak.

A műveleti repülés hatékony végrehajtásához, az útvonalrepülés és a műveleti terület feletti navigációhoz hatékony támogatást képes nyújtani a korábban szintén említett műholdas navigáció és az időadatszolgáltatás-műveletek.

A repülőeszközök távmonitorozása, távvezérlése és a távérzékelő hasznos teher mérési adatainak begyűjtése érdekében nagy távolságú távközlési szolgáltatások szükségesek. Figyelembe véve azt, hogy a pszeudoműholdak hosszú űrjáratozási idejük alatt globális távolságot is bejárhatnak, illetve a műveleti terület is hasonlóképpen gyakorlatilag a Földön bárhol elhelyezkedhet, a műholdas távközlés logikus támogatója a magaslégköri repülőműveleteknek.⁷

Összességében vizsgálva feltárhattuk, hogy a magaslégköri repülőeszközök műveleteinek többrétegű kapcsolatai vannak űrműveletekkel. Képesek hasonló szolgáltatásokat nyújtani, de egyben támaszkodnak is az űreszközök szolgáltatásaira.

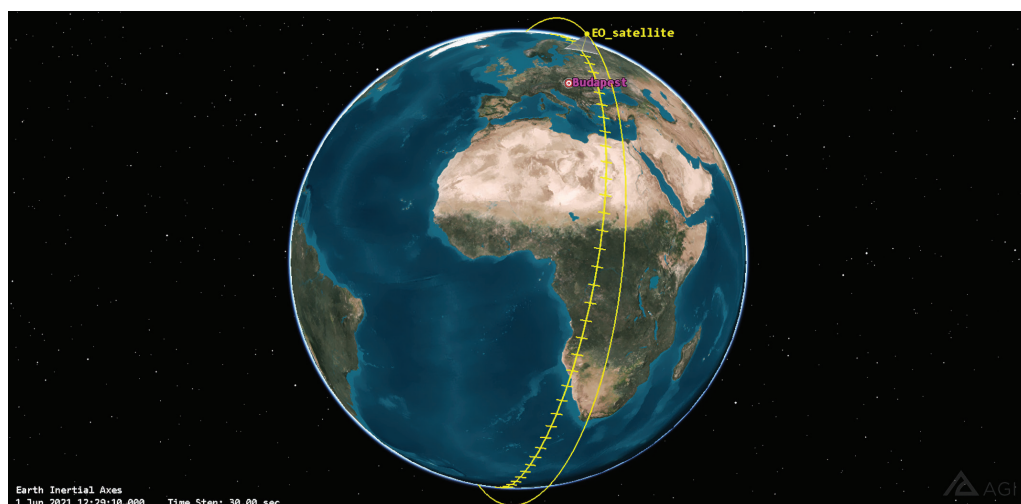
3. Az integrált magaslégköri és űrrendszer-architektúra bemutatása

Az űrrepülő műholdak szolgáltatásai (gyakorlatilag) globálisak, de ez nem jelenti azt, hogy korlátlanok lennének. Az alacsony Föld körüli pályán keringő távérzékelő műholdak csak percekig töltnek a megfigyelendő célpont környékén, és órák, akár napok telhetnek el, mire újból visszatérnek. Ha ebben a néhány percben az égbolt felhős, vagy éppen éjszaka van, akkor egy látható fénytartományban dolgozó műhold nem képes hasznosítható felvételt készíteni. Ha a célpont nem akarja, hogy megfigyeljék, a műhold röppályaadatainak ismeretében ki tudja számítani annak áthaladási idejét, és akkor elrejtőzhet, vagy akár megtévesztő tevékenységbe is foghat. A pszeudoműhold azonban, mivel napokon, heteken, akár hónapokon át a célterület felett tartózkodhat, kivárhatja a megfelelő időpontot a felvételek elkészítésére, ismételten, akár folyamatosan megfigyelés alatt tarthatja a célpontot, és ezáltal képes olyan tevékenységre kényszeríteni, amely a megfigyelő fél számára műveleti előnyt jelent.

Az alacsony Föld körüli pályán keringő műholdak a pálya Egyenlítőhöz viszonyított hajlásszögétől függően bejárják akár a teljes földfelszínt (a poláris pályán keringő műholdak, amelyek tipikus távérzékelő röppályán haladnak) vagy annak egy részét (az Egyenlítőhöz képest északra és délre a pályahajlásszöggel megegyező szélességi körig). Ez lehetővé teszi, hogy nagy területekről vagy egymástól távoli célpontokról viszonylag rövid idő alatt adatot tudjon gyűjteni a műhold. Technikailag lehetséges, amennyiben a műhold

⁷ A fel- és leszállás időszakában lehetőség nyílik közvetlen rádiókapcsolat létesítésére, és műszakilag lehetséges a műveleti területen is közvetlen adatletöltő állomást telepíteni, de összességében az útvonalrepülések során gyakorlatilag kizárólagosan a műholdas adatátvitel a célszerűen alkalmazható műszaki megoldás.

fedélzetén elegendő adattároló kapacitás van, és a röppálya is megfelelő, hogy egy keringés (pontosabban annak is csak egy szakasza, amely hozzávetőlegesen 35–45 percig tart) alatt Észak-Európától Dél-Afrikaig húzódó vonal mentén történjen adatgyűjtés, vagy éppen délről északra repülve Közép-Ázsiát, Szibériát, az Északi-sarkvidéket, majd déli irányban tovább Észak-Amerikát figyelje meg. Az 1. ábrán a műhold az Északi-sarkvidék feletti áthaladást követően déltől kissé nyugati irányba eltérve halad végig Európa és Afrika felett. A skálázott vonal mutatja a földfelszínre vetített áthaladási nyomvonalat, a skálázás osztása egy perc.



1. ábra: 450 km magasságú napszinkron poláris pályán haladó távérzékelő műhold pályája

Forrás: a szerző szimulációja Systems ToolKit szoftverrel

Ezzel szemben a pszeudoműhold csak egy (a repülés magasságától és a távérzékelési művelet által meghatározott látószögtől függően) 100–400 km átmérőjű körben lát, sőt ha közel függőleges rátekintés szükséges a célpontra, akkor a belátott terület átmérője alig kilométeres nagyságrendű lesz, és repülési sebessége legfeljebb csak néhányszor 10 m/s nagyságrendű. A magaslégtér repülőeszköz által hordozott távérzékelő eszköz tehát sokkal inkább alkalmas jól meghatározott célpont hosszú idejű megfigyelésére, míg az űrrepülő műhold nagy területről, egymástól távol eső célpontokról képes pillanatszerű felvételekkel szolgálni.

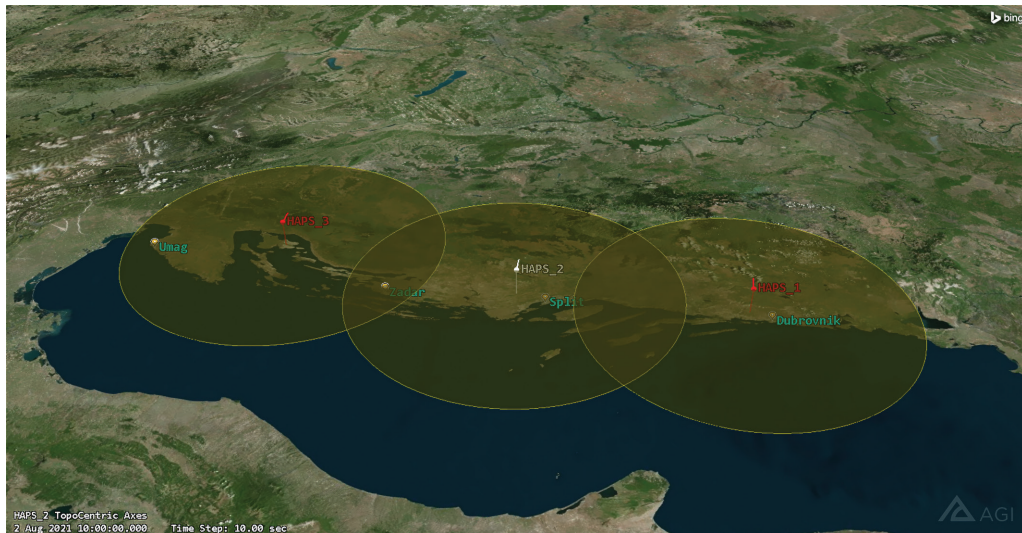
Logikus tehát a két szolgáltatást úgy összekombinálni, hogy az űrrepülő műhoddal (amely a nemzetközi jogi szabályok alapján berepülési engedély nélkül figyelhet meg nemzeti szuverén területeket is) egy potenciális válság első jeleit, kialakulásának első kezdeményeit igyekszünk feltárni, és ez alapján, a szükséges hozzáférési engedélyeket megszerezve, vagy ha lehetőség van rá, akkor nemzetközi légtérből, egy pszeudoműhoddal folyamatos megfigyelést végezve támogatjuk a válságra reagáló, azt felszámoló műveletet.

A távérzékelő hasznos teher támogathat az űrműveleti doktrínákban definiált általános felderítési műveletet, nyújthat geoinformációs, meteorológiai, oceanográfiai adatgyűjtő

szolgáltatást, vagy támogathatja a saját erők megóvása, korai figyelmeztetése érdekében a rakétaindítások észlelését. Különösen hasznos a rakétaindítások észlelése és a repülő rakéták követése terén a műveleti területre optimalizált távérzékelő támogatást biztosítani.

Ugyanis a világűrbe telepített, általános célú szenzorok (*Overhead Persistent Infra-red*)⁸ fő feladata még ma is a nukleáris első csapás észlelése és felfedése, így kevesebb erőforrás marad a hadműveleti és a nagyobb hatótávolságú harcászati rakétarendszerek csapásainak megfigyelésére, felderítésére (figyelembe kell venni ezzel kapcsolatban azt, hogy habár a tűzéségi tűzfelderítő radarok jól tudják észlelni és követni ezeket a rakétákat, a radarok kisugárzóeszközök, így maguk is ki vannak téve a szemben álló fél elektronikai felderítésének és megsemmisítő csapásainak). Nincs műszaki akadálya az atomrobbanások észlelését, a felszabaduló pusztító energia mennyiségének meghatározását végző hasznos terhek hordozásának sem, ez azonban semmiképpen nem tekinthető várhatóan tipikusnak a jövőben sem.

A katonai alkalmazáson túlmutatva a pszeudoműholdak alkalmasak a tengeri forgalom megfigyelésére, a tengerjogi szabályok kikényszerítését célzó műveletek támogatására; szárazföldi határok megfigyelésére és azok átlépésének felfedezésére; természeti és ipari katasztrófák (például erdőtüzek, elöntések) korai észlelésére vagy következményeik feltérképezésére is. A 2. ábrán látható szimuláció a 2021. nyári Trogir környéki erdőtüzek nyomán készült, és azt mutatja, hogy mindössze három ilyen eszközzel az egész nyári (erdőtüzes) szezonban folyamatos megfigyelés alatt tartható az egész horvát partvidék.



2. ábra: Az Adriai-tenger keleti partvidékének megfigyelése három magaslégköri repülőeszközzel

Forrás: a szerző szimulációja Systems ToolKit szoftverrel

⁸ Joint Overhead Persistent-Infrared Center (JOPC). *Vandenberg.spaceforce.mil*, 2020.

Távközlési alkalmazásban a magaslégköri platform egy, a támogatandó művelet által meghatározott igényekhez és a spektrumgazdálkodási követelményekhez illeszkedő rádióátjlesztőt hordoz hasznos teherként.⁹ Ez a távközlési műholdak tipikus kialakításával egyezik meg. Fontos különbség azonban, hogy a katonai műveletek támogatására használt távközlési műholdak általában igen nagy földrajzi területet, sok esetben a műholdról látható teljes földfelszín (amely a Föld területének 44%-a) kiszolgálják, így a fedélzetükön hordozott átjlesztő általános követelményekhez kénytelen igazodni, nem képes operatíván igazodni a műveleti igényekhez. A távközlési műholdakat általában 15 éves hasznos élettartammal tervezik (ezt szakértő üzemeltetés mellett néhány évvel túl tudják lépni, ha nem történik közben váratlan meghibásodás), és figyelembe véve a néhány éves nagyságrendű gyártási és pályára állítási időszükségletet, azt kell látni, hogy a műhold tervezőjének akár 25 évre előre kell gondolkodnia, vagy megfordítva, az üzem során a felhasználó akár 20–25 évvel korábbi technológiai színvonalú rendszert kénytelen használni.

A nagy szolgáltatási terület előny akkor, ha interkontinentális távolságban lévő állomások összekapcsolása szükséges, azonban ez egyben kiteszi a szolgáltatási rendszert a távoli területekről végezhető zavarásnak, elektronikai műveleteknek is. Továbbá abban az esetben, ha a rádióforgalmi rendszer állomásai egymáshoz viszonylag közel (de mégis horizonton túli kapcsolatot igénylően) helyezkednek el, akkor is a több ezer km hatótávolságú összeköttetéseket is létesíteni képes műholdas rendszert kénytelen terhelni a forgalom.

A pszeudoműholdra alapozott szolgáltatási rendszerben a platform többször használható, így a hordozott átjlesztőt pontosan az adott támogatott műveletnek megfelelően lehet megválasztani, és a művelet befejeztével (vagy az igények változásával) a platform leszállítható, a hasznos teher cserélhető, és a platform ezután újból készen áll az aktuális igényeknek megfelelő szolgáltatásra. A technológia fejlődésével újabb és újabb hasznos terhek készíthetők, amelyeknek egyidejűleg nem kell képesnek lenniük a világűrben való évtizedes működésre, hanem sokkal kedvezőbb körülmények között, rövidebb ideig szükséges csak működniük. Ez jelentősen olcsóbbá teszi a hasznos teher gyártását.

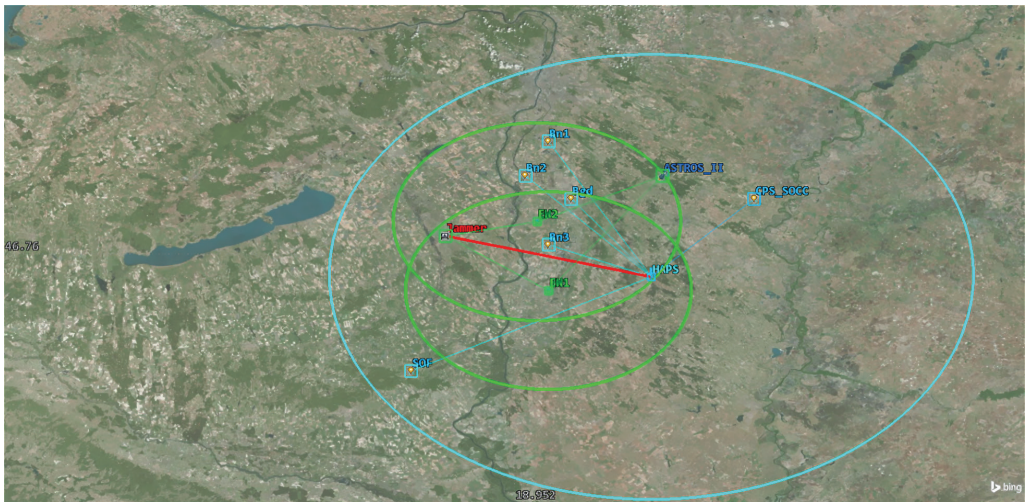
A térben korlátozott szolgáltatási terület megnehezíti a szemben álló fél elektronikai műveleti tevékenységét. A magaslégköri repülőeszköz szolgáltatásait sokkal fókuszáltabban nyújtja (térben és időben is), így ha a szemben álló fél hatást kíván kifejteni, ebbe a korlátozott műveleti térbe fizikailag is be kell lépnie. Ez felfedhető, a zavarás forrása azonosítható, és a zavaróeszközzel szemben a művelet lefolyásának megfelelően ellenmanőver tervezhető (a szolgáltatási terület oly módon való áthelyezésével, amely a zavarót a szolgáltatási területen kívülre helyezi, míg a támogatott erőket azon belül tartja), vagy pedig, ha ez nem lehetséges, akkor a szolgáltatási terület viszonylag kisebb mérete lehetővé teszi a zavaró állomás harcászati szintű pusztítóeszközökkel való megsemmisítését.

A 3. és 4. ábra segítségével a következő harcászati helyzetet mutatom be: az ábrázolt műveleti terület délnyugati részén, a folyó által meghatározott frontvonalon túl,

⁹ Alejandro Aragón-Zavala – José Luis Cuevas-Ruiz – José Antonio Delgado-Penín: *High-Altitude Platforms for Wireless Communications*. Chichester, John Wiley & Sons, 2008.

a szemben álló fél területén tevékenykedő különleges műveleti alegység (az ábrán: SOF) irányított antennát használ a magaslégköri repülő platformon (az ábrán: HAPS) keresztül a komponensparancsnoksággal (az ábrán: SOCC) való kommunikációra.

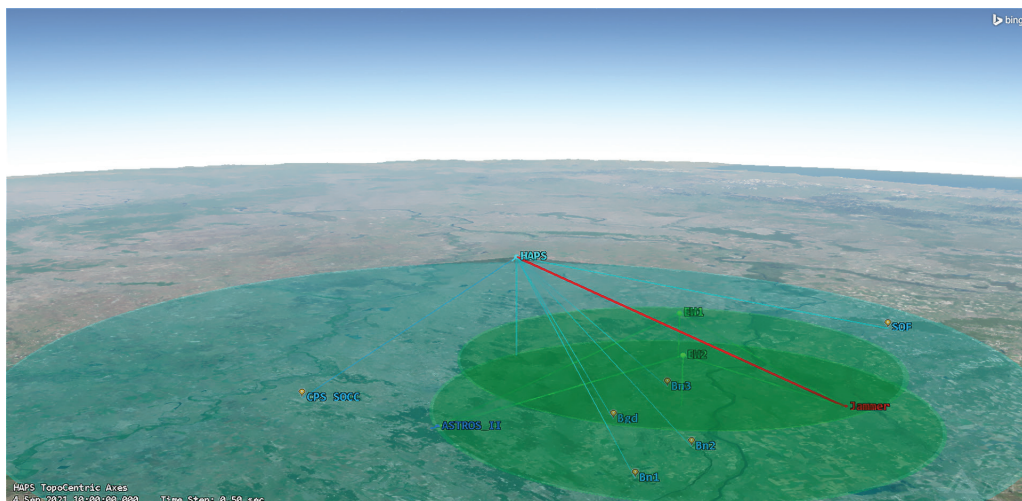
Így a terepfedezet mögött rejtőzködik, ezért a földfelszíni rádiófelderítő erők elől rejtett. A pszeudoműhold kisugárzása azonban jól vehető a teljes lefedettségi területen, ezért, hogy a különleges műveleti alegység forgalmát elfedje, a lövészdandár és három zászlóalja (az ábrán: Bgd és Bn1–3) is a pszeudoműholdon át kommunikál. A szemben álló fél egy erős zavarót (Jammer) helyez üzembe, hogy a forgalmazást megbénítsa. A zavarás a HAPS teljes sávjában agilisán jelen van, így frekvenciamanőverre nincs lehetőség, és a repülőeszköz a fizikai térben sem tud manőverezni, mert akkor valamelyik támogatott felhasználót el kellene hagynia. A levegőben tartózkodik két elektronikai felderítő drón (az ábrán: EW1, 2), amelyek eredeti feladata a szemben álló fél légvédelmének provokálása, a radarrendszer felderítése lenne, de észlelve a zavarót, annak pozícióját is meg tudják állapítani. A hadtestparancsnokság (az ábrán: CPS) döntést hoz, és a rendelkezésére álló (eredetileg szintén a légvédelmi rendszer elemeinek pusztítására kijelölt) ASTROS-II sorozatvetővel, GPS-irányítású SS-150 rakétával csapást mér a zavaróra. Amennyiben ezt a műveletet katonai távközlési műholddal támogatták volna, amelynek UHF frekvenciasávú szolgáltatásának több ezer km átmérőjű a lefedettségi területe, a zavarást a szemben álló fél a fronttól sokkal távolabbról is végrehajthatta volna, és ebben az esetben a fizikai pusztítás nem lett volna reális alternatíva.



3. ábra: A műveleti terület kétdimenziós, térképszerű áttekintése

Forrás: a szerző szimulációja Systems ToolKit szoftverrel

A továbbiakban azt mutatom be, miképpen számíthat támogató szolgáltatásokra a magaslégköri repülőeszköz az űrműveletet irányából, kiemelten a műholdas távközlés részéről. A többi támogató űrművelet, például a környezeti adatszolgáltatás biztosítása a művelet tervezése és végrehajtása érdekében, nem tér el jelentősen attól, amit a geoinformációs szolgáltatók egyébként is végeznek.



4. ábra: A műveleti terület háromdimenziós áttekintése északi irányból nézve

Forrás: a szerző szimulációja Systems ToolKit szoftverrel

A műholdas távközlés azonban érdemes részletesebb vizsgálatra azért, mert képes-ségszorzó tényezőként vehető számításba. A pszeudoműholdak a magaslégköri futóáramlás és saját hajtóművük segítségével képesek akár nagy távolságra lévő célterü-letre is elrepülni. Az irányító földi állomással való kapcsolattartást azonban közvetlenül csak ugyanabban a 200–400 km átmérőjű körben képesek megvalósítani, amely saját szolgáltatási területük, mert az adatátvitelhez használt mikrohullámú rádiórendszerek jele nem terjed a horizonton túlra. Műholdas távközlés alkalmazása szükséges emiatt a manőverezőképesség optimális kihasználásához.

A fel- és leszállás ideje viszonylag rövid a magaslégköri repülőeszköz műveletének teljes időtartamához képest, így ha ehhez hozzávesszük az akár napokig is eltartó inter-kontinentális repülést a célkörzetbe, még akkor is megéri globálisan csak néhány műveleti bázist létesíteni, és onnan a levegőben hajtani végre a cél megközelítését. Ez a műszaki célszerűsége túl az operátorok és a karbantartó személyzet biztonságát is növeli.

A műholdas kapcsolaton át végrehajtható a repülőeszköz irányítása és a távérzékelő szenzoradatok letöltése is; ez utóbbi azonban letölthető közvetlen kapcsolaton keresz-tül is, ha a műveleti területre megfelelő állomást telepítenek ki. Mivel a szenzoradatok átvitele a gyakorlatban nagyobb átviteli kapacitást igényel, mint az irányítás, ezt a lépést célszerű betervezni a művelet tervébe abban az esetben, ha a pszeudoműhold huzamosabb ideig egy terület környezetében fog őrzáratozni. Az irányítást azonban ekkor is célszerű műholdas kapcsolaton keresztül végezni. Nincs műszaki akadálya a műholdon keresztül történő adatletöltésnek sem, vagyis ha a helyszíni közvetlenletöltő-állomás telepítése nem lehetséges vagy nem célszerű, akkor a művelet végrehajtható teljes egészében műholdas kapcsolaton keresztül.



5. ábra: Az adriai-tengeri megfigyelő pszeudoműholdraj támogatása műholdas távközléssel

Forrás: a szerző szimulációja Systems ToolKit szoftverrel

Az 5. ábrán a két vezérlőállomást a repülőeszközök rádiós kapcsolattartási területén kívül, Magyarországon és Olaszországban helyezték el. Közöttük a kapcsolatot a nyugati 4 fokos pozícióban keringő távközlési műhold biztosítja. Látható, hogy a műhold zöld aláterítéssel jelzett szolgáltatási területén belül még számos további pszeudoműhold-művelet is tervezhető.

Három megfelelően pozicionált távközlési műhoddal a sarkvidékeket kivéve a teljes földfelszín lefedhető, így ahol valójában, a benapozottság és az időjárási viszonyok alapján lehetséges és érdemes pszeudoműhold-szolgáltatásokat tervezni, ott az ennek támogatásához szükséges műholdas távközlési kapacitás is létesíthető vagy meglévő műholdakon bérelhető.

Látható, hogy a magaslégtörő repülőeszköz önmagában is jelentős, akár 100 000 négyzetkilométert is elérő szolgáltatási területét a manőverszabadság biztosításával a műholdas távközlés képes megsokszorozni. Egy műhold számos pszeudoműhold egyidejű műveletét tudja támogatni, így a magas szakértelmet igénylő irányítás és művelettervezés koncentrálható, miközben a repülőeszközök akár több ezer km távolságban hajtanak végre műveleteket vagy átrepülést.

Összegzés

Nincs olyan ideális, mindenre optimális megoldást nyújtó technikai rendszer vagy szolgáltatási architektúra, amellyel egy csapásra lehetséges lenne kielégíteni egy komplex védelmi, biztonsági, katonai művelet támogatási szolgáltatásigényét. Többrétegű, integrált rendszereket, akár rendszerek rendszereit kell tervezni és létesíteni azért, hogy a ben-

nük rejtőző szinergikus hatásokat kiaknázzuk, és ezzel a támogatott erők, szervezetek műveleti képességeit fokozzuk. Éppen ezért, miközben ez a tanulmány kontrasztba is állítja az űrrendszereket és a magaslégköri repülőeszközökre alapozott szolgáltatási rendszereket, sokkal inkább arra törekedett, hogy rámutasson, miként lehetséges ezeket együttesen, egymást kiegészítve alkalmazni.

Mivel a magaslégköri repülőeszközök bizonyos esetekben képesek helyettesíteni, kiegészíteni az űreszközöket, máskor viszont pontosan azok szolgáltatásai szükségesek a pszeudoműhold-műveletek sikeres végrehajtásához, célszerű ezeket egy rendszerben kezelni, és alkalmazásukat egységes gondolkodásmóddal tervezni. A magaslégköri repülés újdonsága miatt jelenleg még nincs kialakult eljárásrend erre, de a fentebb bemutatott gyakorlati szituációk alapján célszerűnek látszik a védelmi és biztonsági célú űrműveletek irányából megközelíteni a pszeudoműholdakat. Ez felfedezhető például a NATO szakembereivel folytatott megbeszélések során is, ahol a magaslégköri (és hiperszónikus) repülést a „near-space” megközelítés szerint legtöbbször a katonai űrműveletekkel kapcsolatban tárgyalják. Így egységesen kezelt sztratoszférikus és világűrbeli műveleti tér alakítható ki, amelynek lehatárolása nem elsődlegesen a specifikus fizikai jellemzők alapján történik, hanem a művelettámogató képességek összefüggéseit felhasználva.

Ez a tanulmány több műveleti szituációban mutatta meg, hogy milyen képességszorozó hatása van a két technológia közös alkalmazásának. Az űrműveleti doktrínákból kiválaszthatóak azok az űrműveletek, amelyek magaslégköri repülőeszközökkel is végrehajthatók. Az eltérő platform eltérő képességeket és szolgáltatásnyújtást eredményez, amelynek előnyei és hátrányai egyaránt vannak. Nem lehetséges általánosságban a pszeudoműholdakat az űrrepülő műholdak helyettesítőinek tekinteni, de az előnyeik kihasználása érdekében érdemes felmérni, milyen esetekben célszerű az alkalmazásuk.

A magaslégköri repülőeszközök két legfontosabb műveleti előnye a hosszú időn keresztül egy területen való tartózkodás képességéből és a hasznos teher cserélhetőségéből ered. A perzisztens, de mégis nagy területre kiterjedő megfigyelés új lehetőségeket biztosít a távérzékelés, a felderítés terén. A hasznos teher műveleti igények szerint történő cserélhetősége pedig elsődlegesen a távközlési alkalmazás során jelentkezik előnyként a távközlési műholdakhoz képest. A hátrányok terén viszont ki kell hangsúlyozni az eltérő jogi szabályozást, a berepülési, átrepülési engedélyek szükségességét, valamint a távközlési műholdakéhoz képest kisebb áthidalható távolságot.

Összességében az egy rendszerben való kezelést az teszi szükségessé, hogy a pszeudoműholdak képesek kiterjeszteni az űrszolgáltatásokat, miközben nekik maguknak is űrszolgáltatásokra van szükségük a hatékony üzemhez.

Felhasznált irodalom

- Aragón-Zavala, Alejandro – José Luis Cuevas-Ruiz – José Antonio Delgado-Penín: *High-Altitude Platforms for Wireless Communications*. Chichester, John Wiley & Sons, 2008.
- David, Leonard: Sky Trek to the 'Near Space' Neighborhood. *Space.com*, 2005. november 9. Online: www.space.com/1761-sky-trek-space-neighborhood.html

Joint Chiefs of Staff: *Joint Publication 3-14 Space Operations*. (10 April 2018 incorporating Change 1 26 October 2020.) 2020.

Joint Overhead Persistent-Infrared Center (JOPC). *Vandenberg.spaceforce.mil*, 2020. Online: www.vandenberg.spaceforce.mil/Portals/18/documents/CFSCC/JOPC%20Fact%20Sheet.pdf?ver=2020-08-03-192242-307

NATO Standardization Office (NSO): *AJP-3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations EdBvl*. 2016.

Shatri, Enis A. A.: *High Altitude Platforms: Opportunities and Legal Challenges*. (H. n.), LAP Lambert Academic Publishing, 2019.

Spacepower. Doctrine for Space Forces. (H. n.), United States Space Force, 2020.

Ez a publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíjprogramjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.