

Horváth Attila*

Kína űrfegyverkezési kísérletei II. rész

A KÖTELÉKREPÜLÉST VÉGZŐ MŰHOLDELHÁRÍTÓ FEGYVEREK JELLEGZETESSÉGEI, ÉS HASONLÓSÁGUK A POLGÁRI ORBITÁLIS KISZOLGÁLÁSI MŰVELETEKHEZ

A cikksorozat I. részben tárgyalt, közvetlenül célra repülő rendszerektől eltérően a kötelékrepülést végző műholdelhárító rendszerek orbitális pályára állnak, úrrandevút hajtanak végre, és rövidebb-hosszabb ideig a megtámadott űreszköz közelében repülnek. A rövid, tömör magyarázathoz célszerű az angol megnevezésük felé fordulni: Co-Orbital (CO).

A kötelékrepülést végző harci rész egészen máshogy fejt ki hatását, mint a közvetlenül célra repülő társa. Az eltérés már a hordozórakétánál megkezdődik: az nem egyszerűen a kívánt magasságba juttatja a harci részt, hanem biztosítja a Föld körüli pályára állást is. Ezt követően a harci rész maga is űreszközzé válik. A harci rész az égi mechanika törvényeit követve végrehajt egy úrrandevút (angol kifejezéssel Rendezvous and Proximity Operations – RPO) a megtámadott műhoddal. A saját stabil orbitális pályájáról letérve, egy transzfer manőverrel átáll a célpont pályájára úgy, hogy annak közvetlen közelébe érkezen és ott stabilizálja magát. A közelség pontos mértéke a harci rész hatásmechanizmusától függ, ugyanis kötelékrepülés során nem kizárólag az ütközéssel való megsemmisítésre van lehetőségünk. Az úrrandevút követi az együtt repülés szakasza, amikor a harci rész fenntartja (vagy a kívánt hatás eléréséhez szükséges mértékben növeli/csökkenti) a kialakított távolságot, és leköveti a célpont relatív elmozdulását (legyen az természetes eredetű perturbáció [zavarás] vagy manőver). Az együtt repülést követően a harci rész kifejtheti végzetes hatását a célpontra, vagy akár (amennyiben rendelkezik a szükséges manőverezési képességgel) újabb transzferbe kezdhet a következő célpontja felé.

A harci rész által kifejtett hatások igen széles spektrumúak lehetnek. Mivel a kötelékrepülés időben sokkal hosszabb ideig tarthat, mint a közvetlen célra repülés, és a két űreszköz relatív elmozdulása is kisebb és jól kontrollálható, ez az időszak kifejezetten jól használható hírszerzési feladatokhoz. A megtámadott űreszköz fényképezhető, vagy egyéb szenzorokkal vizsgálható, közvetlen közletről. Ezzel annak képességei, technikai jellemzői valós működése közben vizsgálhatók.

A következő, már támadó, de még mindig nem destruktív hatás az elektronikai zavarás. Mivel ez is közvetlen közletről zajlik, sokkal nehezebb kivédeni, kiszűrni, mint a Földről érkező hasonló zavarokat. Lehetőség van nagyobb teljesítménysűrűség, vagy akár ionizáló sugárzás (pl. röntgensugárzás) kibocsátásával irányított energiájú fegyverrel való támadásra is.

Természetesen a támadó harci rész kinetikus energiájú fegyverrel is támadhat, gyakorlatilag „rálöve” a célpontra. Ez már nagy valószínűséggel végzetes megsemmisítő hatást fog kifejteni, de ha jól céloz a támadó, akkor a törme-

lékképződés minimális lesz (pl. egy távközlési műhold kiiktatható az erősítők vagy a tápvonalhálózat megrongálásával anélkül, hogy a robbanásveszélyes műholdelemek sérülnének).

A kötelékrepülést végző harci rész megfelelő fogószerkezettel ellátva képes fizikailag hozzákapcsolódni a megtámadott műhoddhoz. Ekkor az előző bekezdésben leírt kiiktatás még nagyobb pontossággal hajtható végre, vagy akár a harci rész el is tudja mozdítani (orientációs, vagy akár transzlációs manőverekkel) a célpontot. Ennek természetesen előfeltétele, hogy a harci rész megfelelő tolóerejű hajtóművekkel rendelkezzen, amelyekkel le tudja győzni a célpont várható ellenkezését, de ezt adottnak tekinthetjük.

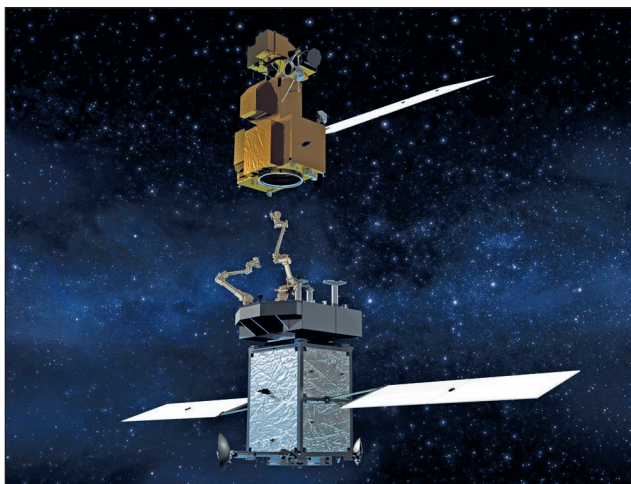
És végezetül a kötelékrepülést végző harci részek legnagyobb fenyegetése az, hogy mindezeket nem kell ténylegesen végrehajtaniuk ahhoz, hogy a célpontra hatást gyakoroljanak. Elég azt sugallni, hogy akár meg is tudnák tenni. Vagyis a harci rész egyszerűen együtt repül a célponttal, leköveti annak minden manőverét, nem tesz semmi támadó mozdulatot, csak „ott van”. Klasszikus „gengsztertaktika” ez, de hatásos. Ugyanis ebben az esetben a „megtámadott” űreszköz üzemeltetőjének döntenie kell:

- ha nem tesz semmit, akkor bármelyik pillanatban jöhet a csapás;
- ha „soft” lépéseket tesz, kommunikációs, diplomáciai eszközökkel, akkor a támadó ezt vagy letagadja, vagy magát helyezi az áldozat szerepébe, hiszen az ő ürtevékenysége nyilvánvalóan „békés célú, őt támadás kísérletével vádolni aljas rágalom”;
- ha manőverekbe kezd, akkor csökkenti az űreszköz hasznos élettartamát vagy szolgáltatás-minőségét, vagyis a támadó máris (legalább korlátozottan) célt ért;
- ha pedig „hard” eszközökkel lép fel a támadó rendszer ellen, akkor maga robbantja ki a konfliktust.

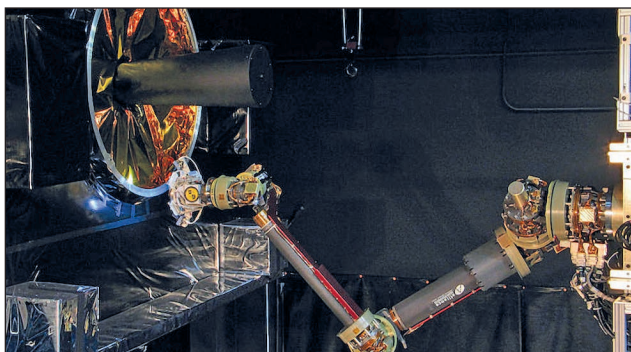
A kötelékrepülésnek, úrrandevúnak a polgári űreszköz-üzemeltetésben is nagy szerepet szánunk egyes gyártók, szolgáltatók. Az igen nagy anyagi értéket képviselő, a geostacionárius pályán keringő távközlési műholdakat ugyanis a legtöbb esetben azért vonják ki, mert elfogy az orbitális perturbációk hatásait kiküszöbölő manőverezéshez szükséges hajtóanyaguk, illetve a kozmikus sugárzási környezet hatására lecsökken a napelemeik energiatermelő képessége. Maga a távközlési hasznos teher és az irányító rendszer még működőképes lenne, mégis el kell távolítani a bevételektermelő geostacionárius pozícióból a műholdat egy magasabb pályára, ahol passzívulva elhagyott roncsként sodródik tovább, a feladatait pedig egy új műhold veszi át. Ehelyett gazdaságilag előnyös lenne, ha egy űreszköz megközelítené a műholdat, összekapcsolódna vele, és saját hajtóművével biztosíthatná a pályán tartást, saját energiatermelő rendszerével pedig a tápellátást. Ideális esetben olyan manőverező képességgel is rendelkezne ez az élettartamhosszabbító űrjármű, ami lehetővé teszi, hogy egy irányítás alól kikerüljön, kontrollálatlanul sodródó és

* Alezredes, kiemelt főtitisz MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0001-9768-5357





5. ábra. A robotkaros elfogás békés célú alkalmazására példa a NASA által folytatott Restore-L program. Ennek során a Landsat-7 műhold élettartamának meghosszabbítása tervezett



6. ábra. A DARPA Robotic Servicing of Geosynchronous Satellites program keretében fejlesztett robotkar tesztje a Naval Research Laboratory-ban

forgó műholdat is be tudjon fogni és újból stabilizálva helyreállítani annak szolgáltatását.

Nem nehéz meglátnunk ennek a technológiának a veszélyességét. Hiszen, ha egy űreszköznek elegendő manőve-

rezőképessége van egy ilyen befogáshoz és rendelkezik a fizikai összekapcsolódáshoz szükséges elemekkel is, akkor ugyan mi akadályozná meg, hogy a szemben álló fél kontrollált, stabil állapotban üzemelő műholdjával hajtsa végre ugyanezt? Természetesen ekkor a cél pontosan az irányítás elvétele, a stabil állapotból való kimozdítás, vagyis a kiiktatás.

Meg kell még jegyezni, hogy a kereskedelmi célú, űrrandevúra alapozott orbitális kiszolgálási tervek a geostacionárius pályára fókuszálnak, azonban sem elvi, sem műszaki akadálya nincs annak, hogy ezeket a műveleteket más műholdpályákon is végrehajtsuk. A kereskedelmi tervek kizárólag a gazdasági okok miatt nem foglalkoznak ezekkel.

Hasonló tervek az űrszemét eltávolítása érdekében is léteznek.

KINAI KÖTELÉKREPÜLÉSI TESZTEK

A 2010-es években Kína számos kötelékrepülési, megközelítési tesztet hajtott végre alacsony Föld körüli, és geostacionárius pályán egyaránt. A tesztekre nem mondható egyértelműen, hogy offenzív fegyveralkalmazási célú tartalmuk lenne. De az előző szakaszból látható, hogy egészen addig, amíg egy tényleges, ártó szándékú befogás meg nem történik, addig nem is lehet megkülönböztetni a békés célú és a katonai célú műveleteket.

Mind a négy művelet nagyon érdekes és elgondolkodtató (mondhatjuk úgy is, hogy aggodalomra okot adó) elemeket tartalmaz, ezért hasznos és szükséges áttekintenünk valamennyit.

A ShiJian-06F műholdat 2008-ban állították pályára egy Hosszú Menetelés 4B (CZ-4B vagy LM-4B) hordozórakétával, Közzétett alkalmazása az űrbéli környezet vizsgálata. Feltételezések szerint katonai célú, elektronikai felderítő műhold. A ShiJian-12 2010-ben indult egy Hosszú Menetelés 2D(2) rakétán, közzétett alkalmazása tudományos és technológiai kísérlet volt. 2010 nyarán az SJ-12 egy nagyjából 2 hónapon át húzódó manőversorozattal fokozatosan megközelítette az SJ-06F-et. Augusztus 19-én volt a legkisebb távolság, névlegesen 300 m, de az SJ-06F pályadatainak változása arra utal, hogy a két űreszköz összeütközhetett (igen kis relatív sebességgel, törmelékkepződés nélkül). A teszt során sikerült végrehajtani a megközelítéshez szüksé-

2. táblázat. Kína kötelékrepülési és megközelítési tesztjei 2010. június és 2019. január között

Időszak	Űreszközök	Röppálya	Tevékenység
2010. június – augusztus	SJ-06F SJ-12	kb. 600 km, 97,6°	SJ-12 megközelítette az SJ-06F-et, valószínűleg kis sebességű ütközés is történt.
2013. július – 2016. május	SY-7 CX-3 SJ-15 SJ-7	kb. 670 km, 98°	SY-7 egy kisebb űreszközt engedett el, amivel közösen manőverezett. CX-3 optikai megfigyeléseket végzett. SJ-15 más űreszközök megközelítéséhez szükséges röppályaváltoztatásokat végzett. SJ-7 passzív célpont volt a megközelítés során.
2016. november – 2018. február	SJ-17 YZ-2	35 600 km, 0°–4°	YZ-2 rakéta végfokozat nem hajtotta végre biztonságos eltávolodást a GEO térrésztől. SJ-17 jelentős manővereket hajtott végre a GEO térszben és megközelített egy másik kínai műholdat.
2019. január	TJS-3 TJS-3 „AKM”	35 600 km, 0°	TJS-2 AKM levált a TJS-3-ról, és önállóan stabilizált repülésbe kezdett. A két űreszköz összehangolt kötelékrepülést végzett.

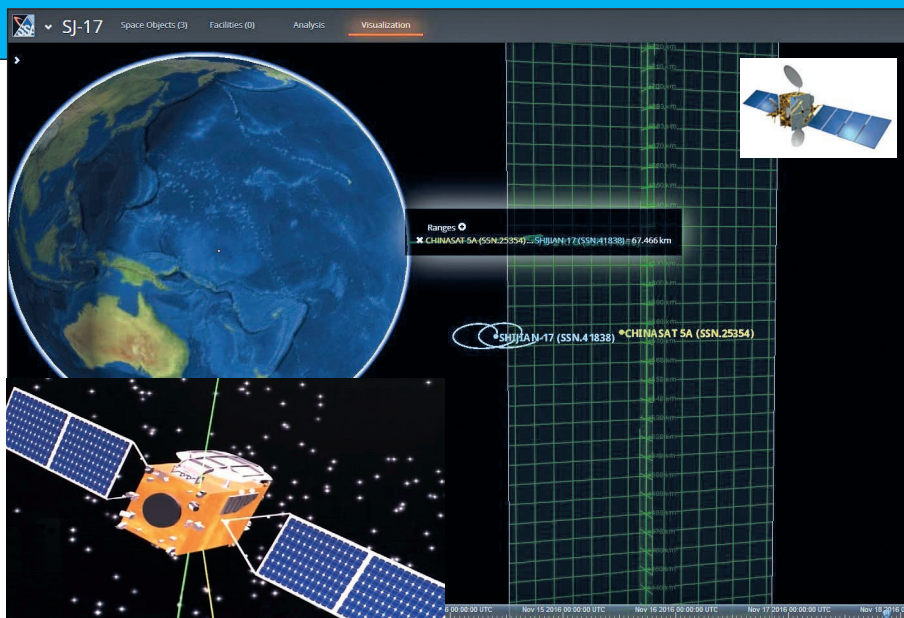
ges manővereket, és viszonylag stabil közelrepülési helyzetet kialakítani. A vélhetően nem szándékos összeütközés nem rontja ezt az eredményességet.

2013. július 19-én álltak pályára, egy Hosszú Menetelés 4C hordozóval, a ShiYan-7, ChuangXin-3 és ShiJian-15 műholdak. A küldetés hivatalosan közzétett célja ebben az esetben már egyértelművé tette, mi várható: „tudományos kísérletek az űreszközök karbantartásának technológiájával kapcsolatban”. Az SY-7 később egy kisműholdat engedett pályára, illetve a rákövetkező tesztekben egy korábban pályára állított műhold, az SJ-7 is érintett volt, így összesen 5 űreszköz alkalmazásával zajlott a küldetés, két csoportban.

Az első csoportba az SY-7 és a kisműhold egymás közelében történő manőverezése tartozik, ami 2013. október 18-án kezdődött (a kisműhold elengedésével), és több mint 2 éven keresztül zajlott. Eközben az SY-7 folyamatosan úgy manőverezett, hogy a két űreszköz közötti távolság legfeljebb kilométeres nagyságrendű maradjon, esetenként 100 m-es nagyságrendűre is lecsökkent, és a két űreszköz valószínűleg össze is kapcsolódott. Az SY-7 egy robotkart hordozott, amellyel megvalósítható volt a fizikai összecsatlakozás. Számos békés alkalmazása létezik ennek a technológiának, a Nemzetközi Űrállomás üzemeltetése során is gyakran alkalmazzák (a Dragon és a Cygnus teherűrhajók nem manővereznek egészen a dokkolásig, ellentétben a Progressz és ATV űrhajókkal, hanem csak megközelítik az űrállomást, kötélekrepülésbe kezdenek, majd a Canadarm2 megragadja őket és bemozgatja a dokkolócsatlakozóhoz). Ezzel egyidejűleg tagadhatatlan, hogy egy ilyen megfogási képességnek létezhet ártó szándékú alkalmazása is.

A második manővercsoportba azok a műveletek tartoznak, amelyeket az SJ-15 hajtott végre a CX-3 és az SJ-7 műholdakkal. Ez a sorozat 2013. augusztus 13-án kezdődött, amikor az SJ-15 megváltoztatta pályamagasságát, és elrepült a CX-3 közelébe, majd visszasüllyedt eredeti pályájára. Augusztus 16-án egy komplexebb manőverre került sor, ami a 100 km-es magasságváltoztatás mellett egy $0,3^\circ$ -os inklinációváltást (pályahajlást) is tartalmazott. Ennek eredményeként az SJ-15 megközelítette az SJ-7-et. 2014. április-májusban egy több szakaszból álló manőversorozattal az SJ-15 mind a CX-3-at, mind az SJ-7-et megközelítette. Ezt követően 2015-ben és 2016-ban több alkalommal változtatta pályáját az SJ-15 (mind magasságban, mind inklinációban), majd 2016. május 6-án újból a CX-3 megközelítése érdekében manőverezett.

A két művelet külön-külön is szignifikáns, együtt pedig jól mutatják, hogy a publikált célt teljes mértékben elérték. Képesek voltak nagyszámú és jelentős mértékű pályaváltoztatást végrehajtani (ami egyrészt azt jelenti, hogy az űreszköz rendelkezett megfelelő manőverezési sebességváltási képességgel), másrészt képesek voltak végrehajtani a megközelítést és a fizikai összekapcsolódást a fogókar segítségével. Egy gyakorlatban működőképes űreszköz-karbantartási képességhez ennél több szükséges (hiszen valami hasznos munkát is végezni kell a megfogott műholdon), de ismét látni kell, hogy az ártó szándékú al-



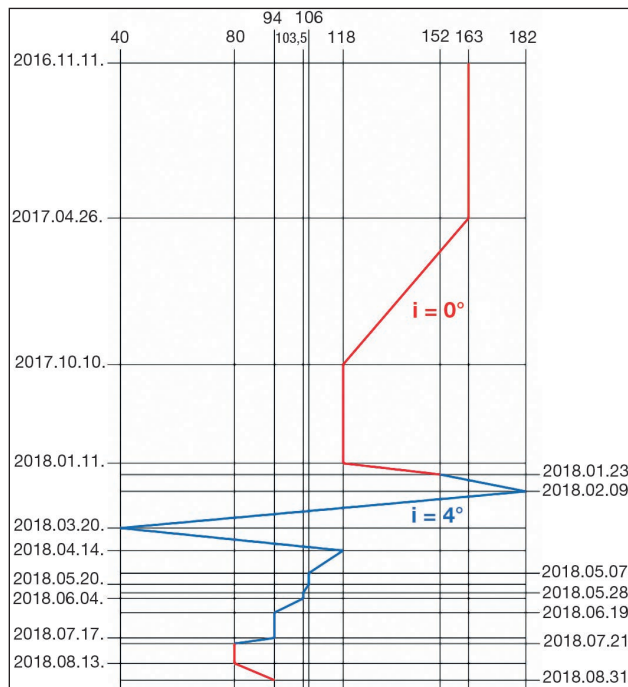
7. ábra. Az SJ-17 (bal alsó betétkép) manőverezése a ChinaSat-5A (jobb felső betétkép) megközelítéséhez

kalmazáshoz a bemutatott képesség már éppen elegendő lenne.

Az alacsony Föld körüli pálya után 2016-ban Kína a geostacionárius és geosinkron pályatartományban folytatta a kötélekrepülési feladatokat. November 3-án a Hosszú Menetelés 5 hordozórakéta első repülésével pályára állt az SJ-17 műhold. Pályára állítása során egy anomália lépett fel, a hordozórakéta YZ-2 végfokozata nem hajtotta végre a geostacionárius pályán történő ütközés veszélyét csökkentő manővert. Ez tekinthető egyszerű üzemzavarnak.

Az SJ-17 tevékenysége azonban egészen más. November 10-11-én az űreszköz megközelítette a ChinaSat-5A távközlési műholdat, a keleti hosszúság 163° közelében stabilizált kötélekrepülésbe kezdett, majd ezt követően 50-100 km távolságot tartva körbepélt, néhány kilométerre megközelítette, végül visszaállt az 50-100 km távolságra.

8. ábra. Az SJ-17 mozgása a geostacionárius pálya környezetében. Függgőlegesen az idő, vízszintesen a műhold pozíciója az Egyenlítő felett, keleti hosszúság



A következő szakasz 2017. április 26-án kezdődött, amikor az SJ-17 elindult nyugati irányba, és júniusra 125°-ig sodródott. Itt megállt, majd szeptember 29. és október 10. között még 7°-ot mozgott nyugatra, és ott ismét megállt. Ezt követően keleti irányba indult.

A pályasíkon való kelet-nyugati irányú mozgás mellett az SJ-17 inklinációválogató manővereket is végrehajtott, először 4°-os hajlásszögű pályát alakítva ki, majd később ebből ismét az Egyenlítő síkjába simuló pályára áttérve. Ezzel egyértelművé tették, hogy a geostacionárius-geoszinkron térrész minden dimenziójában szabadon képesek manőverezni.

Az SJ-17 teljes manőverezését a 8. ábra foglalja össze. Az ábrán az időpontok közötti távolságok arányosak, így könnyen felmérhető a végrehajtott manőverek intenzitása is.

A 2. táblázatban utolsóként szereplő küldetés 2018. december 23-án kezdődött, amikor a Tongxin Jishu Shiyan 3 műhold a geostacionárius pályára vezető transzferpályára állt. A transzferpályáról a körpályára való áttérést követően a TJS-3-ról levált egy űrobjektum, amely az első feltételezések szerint a cirkularizációhoz használt apogeumhajtómű volt. Látszólag ismét az a helyzet állt elő, mint az SJ-17 esetében, hogy a kiegészítő hajtóművet nem sikerült a biztonságos, hosszú idejű tárolást lehetővé tevő magasabb pályára emelni. Azonban rövid idő múlva a levált objektum stabilizálta pályáját és önálló, kontrollált manőverekre kezdett a TJS-3 megközelítése érdekében. Így ez nem egy kiegészítő, sodródó hajtóműmodul, hanem egy önálló űreszköz, ami stabil kötélekrepülést hajt végre a TJS-3-mal, 100-200 km távolságot tartva tőle.

A fenti négy művelettel Kína tesztelte és validálta a nem együttműködő űreszközök megközelítésére, a kötélekrepülésre és a fizikai összekapcsolódásra vonatkozó képességeit. Fontos kiemelni, hogy a manőverek igen kis relatív sebességgel történtek, tehát amennyiben az elfogni szándékozott műhold rendelkezik megfelelő manőverezési sebességváltoztatási tartalékkal, akkor ki tud térni. Ám ugyanakkor semmi nem zárja ki annak lehetőségét, hogy az elfogó műhold több üzemanyagot szállítson és nagyobb tolóerejű hajtóművei legyenek. Ekkor az elmanőverezési esélye nagyban csökken. Erre nem láttunk példát a tesztek során.

Az időtartam hosszúsága a kötélekrepülést végrehajtott műholdelhárító fegyverek esetében nagyon különbözik a közvetlenül célra repülő eszközökétől. Mivel itt a támadó harci rész szintén orbitális sebességgel repül, sikertelen támadás után nem zuhan vissza a Földre, hanem újra próbálkozhat, amíg az üzemanyaga kitar. Jó példa erre a tesztek során végrehajtott többszöri célra manőverezés.

ÖSSZEZGÉS

A 2010-es években végrehajtott tesztek és műveletek alapján megalapozottan állíthatjuk, hogy Kína rendelkezik olyan képességekkel, amelyek technikai oldalról szemlélve lehetővé teszik számára az alacsony Föld körüli pályán keringő műholdak megsemmisítését közvetlenül célra repülő harci rész alkalmazásával, illetve bármely műholdpályán keringő műhold megközelítését, vele kötélekrepülés végrehajtását és a fizikai összekapcsolódást.

Ezek azonban legalábbis kettős felhasználású képességek. Még az ütközéssel történő megsemmisítés is beállítható békés célúnak (lásd a már többször említett Operation Burnt Frost esetét), vagy legitim önvédelmi (ballisztikus rakétavédelmi) célúnak. Az orbitális pályán történő megközelítés, közeli manőverezés és fizikai összekapcsolódás esetén pedig csupán a műveleti szándéktól függ, hogy békés és

hasznos célra alkalmazzák (karbantartás, űrszemét eltávolítása), vagy ártó szándékkal. Sőt, ha emellett figyelembe vesszük, hogy egy külső fél kibertámadást végrehajtva egy eredetileg békés célú eszközt is károkozásra tud felhasználni, még bonyolultabb a kép.

A technika mai állása alapján nem elegendő kijelenteni, hogy az ilyen kettős felhasználhatóságú rendszerek kifejlesztésétől a polgári űriparnak tartózkodnia kellene – mert nem lesz hajlandó, és ez nem is lenne célravezető. Azonban az iparnak mind saját belső indíttatásból, mind külső (állami, hatósági) ellenőrzés hatására biztosítania kell, hogy legalább a külső ártó szándékú felek beavatkozásaitól védettek legyenek a szolgáltatásai.

A műholdak (különösen a kormányzati-katonai vezetési rendszerek támogatására alkalmazott, kritikus jelentőségű műholdak) tervezőinek pedig mindennél (még prioritást élvező költséghatékony üzemeltetésnél is!) fontosabbnak kell tekinteniük a káros hatások kivédésének képességét. Ez alapján egy ilyen űreszközben kerülendő például egy ionhajtóműves röppályatartó rendszer alkalmazása, mert ez kis tolóerejével nem teszi lehetővé a támadó kimanőverezéséhez szükséges gyorsulásokat. Ugyanez a hajtóműrendszer egy üzleti célú műholdban jól alkalmazható, kis tömegű és nagyon hatékony üzemeltetést tesz lehetővé.

Az egyes űreszközök védelme mellett természetesen komoly figyelmet kell fordítani a rendszerszintű és szolgáltatásszintű védelethez is, hogy az egyes rendszerelemek (akár űreszközök) elvesztése ne eredményezze a vezetési rendszer egészének kritikus képességvesztését. Ehhez jelentős tartalékokat kell betervezni a rendszerekbe, szolgáltatásokba, sokkal nagyobb és sokfélebbet, mint azt az üzleti rendszerek tervezésénél szokásos. Ezt a tartalékot pedig meg is kell óvni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Weeden, B., Samson, V. (szerk.). *Global Counterspace Capabilities: An Open Source Assessment*, Secure World Foundation, 2019.;
- Weeden, B. *Through a Glass, Darkly – Chinese, American, and Russian Anti-satellite Testing in Space*, Secure World Foundation, 2014.;
- Kelso, T.S. *Analysis of the 2007 Chinese ASAT Test and the Impact of its Debris on the Space Environment*, Center for Space Standards & Innovation, 2007.;
- Oltrogge, D., Kelso, T.S., Hall, B. *Indian ASAT Test Post-Event Analysis*, AGI, 2019.;
- Alver, J., Garza, A., May, C. *An Analysis of the Potential Misuse of Active Debris Removal, On-Orbit Servicing, and Rendezvous & Proximity Operations Technologies*, The George Washington University, 2019.
- Képek forrása**
https://www.navy.mil/view_image.asp?id=55402, US Navy
<https://www.navy.mil/management/photodb/photos/080220-N-5476H-168.jpg>, US Navy, készítette Mass Communications Specialist 2nd Class M. Hight;
<https://astroengine.com/2009/02/12/visualizing-the-iridium-33-and-cosmos-2251-collision/>, készítette Analytical Graphics, Inc;
 Röppályaábrázolás forrása: <https://satelliteobservation.net/2018/02/26/contested-space-i-threats/>, készítette MIT;
<https://media.defense.gov/2007/Sep/17/2000450754/-1-/1/0/070913-F-5114H-861.JPG>, US Air Force, készítette Senior Airman E. Hofmeyer;
<https://www.space.com/34183-robotic-satellite-servicing-a-reality-soon.html>.