

Dobos Gábor

A mesterséges holdak katonai alkalmazásának lehetőségei

A világűr katonai célokra való felhasználása az első mesterséges hold felbocsátásával veszi kezdetét. A katonai műveletek ma már olyan mértékben támaszkodnak a mesterséges holdakra, hogy háború esetén az elvesztésük bénító hátrányt jelentene. A nagyhatalmak közötti földi összecsapásokat a jövőben a világűr ellenőrzéséért vívott ütközetek fogják megelőzni, és csak ezek győztesei lesznek képesek a földfelszín és a tengerek ellenőrzésére. Jelen írás a katonai mesterséges holdak alkalmazásának és az ellenük folytatott hadviselésnek a kérdéseit vizsgálja.

A mesterséges holdak földfelszíntől való igen nagy távolságának alapvetően három lényeges következménye van. A legfontosabb az, hogy nagyobb távolságokat képesek áthidalni, mint bármilyen más eszköz. A nagy adatátviteli képességű (nagy sávszélességű) hullámhossztartományokban az elektromágneses hullámok a légkörben gyakorlatilag egyenes vonalban terjednek. Mivel nem képesek áthatolni a Földön, egy érzékelő legnagyobb elméleti észlelési távolságát az optikai látóhatártól (horizonttól) való távolsága (a Földhöz húzott érintőn az érzékelő és a metszéspont közötti távolság) határozza meg. Minél magasabban van egy érzékelő, annál nagyobb ez a távolság. A nagy magasság azt is jelenti, hogy a terepakadályok mögött gyakorlatilag nem keletkezik holttér. Ezzel egyidejűleg azonban továbbra is komoly kihívást jelent az álcázás, ami multispektrális felderítést igényel, illetve az a tény, hogy épületekbe még mindig nem lehet belátni műholdakkal sem.

A nagy távolságból eredő másik következmény, hogy a hagyományos légvédelmi rendszerek nem jelentenek veszélyt a mes-

terséges holdakra. Noha korántsem sérthetetlenek, egy több száz kilométer magasságban, 7–10 km/s sebességgel haladó tárgy megsemmisítése olyan kihívás, amelyre csak a legfejlettebb technológiával rendelkező államok képesek megbirkózni.

Végül pedig a mesterséges holdakkal végzett távérzékelés legális. Bár a nemzetközi jog nem határozza meg, milyen magasságig terjed egy állam szuverén légtere, és hol kezdődik a világűr, a legalacsonyabb stabil úrpálya alsó – egyszerűsített a légkör felhajtóerejét kihasználni képes repülőeszközök repülési magasságának felső – határát jelentő, körülbelül 100 kilométeres magasság feletti áthaladásokat az államok nagyrészt a fent említett technológiai korlátok miatt a gyakorlatban tudomásul veszik. (A jogi meghatározás hiányának egyik oka, hogy az államok igyekeznek szuverenitásukat a lehető legnagyobb mértékben kiterjeszteni, mivel pedig nem látható előre, hogy a jövő technológiája ezt milyen magasságig teszi majd lehetővé, nem kívának lemondani lehetséges majdani jogaikról.)

A mesterséges holdak úrpályája lehet kör alakú vagy elliptikus. Az elliptikus úrpá-



lyán keringő műholdak földközeli- és földtávolpontja nagymértékben különbözik, távolságuk a földfelszíntől tág határok között változik. A körpályán keringő mesterséges holdak távolsága a felszíntől közel állandó.

A körpályán keringő műholdakat űrpályájuk tulajdonságai alapján három kategóriába soroljuk. Az alacsony magasságú űrpálya (*Low Earth Orbit – LEO*) jellemző magassága 200–1900 kilométer, a keringési idő 90–120 perc. A viszonylag kis magasság nagyobb felbontású képek készítését teszi lehetővé, ezért szinte minden olyan mesterséges hold, amely valamilyen képet készít a földfelszínről, alacsony űrpályán kering. Közepes, jellemzően 19 100–21 500 kilométer magasságú űrpályán (*Medium Earth Orbit – MEO*) kizárólag a globális navigációs mesterséges hold-rendszerek (*Global Navigation Satellite System – GNSS*) műholdjai keringenek, mert ez a pálya biztosítja a Föld legnagyobb területén a legtöbb mesterséges hold általi lefedettséget. Az ekvatoriális geoszinkron körpályán/geostacionárius pályán (*Geostationary Orbit – GEO*), körülbelül 35 800 kilométer magasságban keringő műholdak a földfelszínhez képest állni látszanak (mindig adott pont felett „lebegnek”), ezért a felszínnek mindig ugyanazt a – keringési magasságukból következően meglehetősen nagy – részét látják. Ebből fakadóan a távközlési és korai riasztó mesterséges holdak többsége geostacionárius űrpályán kering.

Akármeekkora területet fognak is át, az Egyenlítő feletti helyzetükből adódóan a sarkvidékekről sohasem láthatók. Ezt a hézagot töltik ki a 63°-os hajlásszögű, erősen elliptikus félszinkron pályán – ún. Molnyija-űrpályán – keringő mesterséges holdak, melyek földtávolban (38–40 000 kilométer) meglehetősen lassan mozognak, így keringési idejük mintegy kétharmadát nagy

északi szélesség felett töltik, kiegészítve a geostacionárius rendszereket. Ilyen pályára eddig csak Oroszország és az Egyesült Államok állított mesterséges holdakat. A katonai mesterséges holdak 98 százaléka e négy űrpályán kering. A műholdak élettartama szorosan összefügg pályájukkal, melyet a légkör sűrűbb rétegeiben fellépő súrlódás miatt időről időre korrigálniuk kell, és a meghibásodás valószínűsége is nagyobb. Minél közelebb van az űrpálya – vagy annak egy része – a felszínhez, annál rövidebb az élettartam: geostacionárius űrpályán jellemzően tíz-tizenöt, közepes pályán nyolc-tíz, alacsony pályán négy-nyolc, Molnyija-űrpályán hét-tíz év.

A mesterséges holdak felbocsátása ma már nem az államok előjoga: olyan globális piac, amelyen elsősorban nem politikai, hanem gazdaságossági megfontolások a meghatározók. (Németország például az orosz kozmosz-3M hordozórakétával bocsátotta fel felderítő mesterséges holdjait, noha tagja az Európai Űrügynökségnek, amely a Francia Guyanában található Guyanai Űrközpontot üzemelteti, és német cégek is részt vesznek az innen indított Ariane-5 rakéta gyártásában.) Ezért – talán egyedül a teljes politikai elszigeteltségben lévő Észak-Korea esetét kivéve – a világűrhez való hozzáférést nem az önálló mesterségeshold-indítás képességének megléte, hanem a mesterségeshold-technológia korlátozza.

A katonai mesterséges holdak alkalmazásának területei

A jelenleg működő katonai mesterséges holdak alapvetően távközlési, navigációs és hírszerző feladatokat látnak el, így járulva hozzá a felszínen zajló katonai feladatok sikeréhez.

Távközlés

A különféle hordozóeszközökön lévő, hálózatot alkotó érzékelők közötti összeköttetés biztosítása nagy mennyiségű adat nagy távolságra való megbízható továbbítását követeli meg. A katonai távközlési mesterséges holdakon rendelkezésre álló sávszélesség korlátai miatt több állam kereskedelmi távközlési mesterséges holdakon bérel csatornákat olyan távközlési feladatokra, amelyeknél a zavarásnak való ellenállás és titkosítás kevésbé fontos. Az ezeken keresztül történő kommunikáció elérheti a teljes adatforgalom negyötödét – a katonai távközlési mesterséges holdakra hagyva a kényesebb adatok továbbítását.

Csak az Egyesült Államoknak van globális katonai távközlési mesterségeshold-hálózata. Az adatforgalom nagyrészt geostacionárius műholdakon keresztül zajlik, a sarki hézagot Molnyija-űrpályán keringő műholdak töltik ki. Oroszország geostacionárius katonai távközlési mesterséges holdjai körülbelül a keleti hosszúság 10°-ától a keleti

Az első és máig az egyetlen működő globális navigációs mesterségeshold-rendszer, a **GPS** a föld bármely pontján átlagosan legfeljebb 13 méteres vízszintes és 22 méteres függőleges hibával szolgáltat navigációs adatokat minden vevőkészülékkel rendelkező felhasználó számára. Hogy ilyen pontosságú adatok az ellenség számára ne legyenek hozzáférhetők, korábban a GPS mesterséges holdak a civil felhasználók számára mintegy 100 méteres véletlen hibával sugároztak navigációs adatokat. A nagy pontosságú adatok csak az Egyesült Államok és szövetségesei hadereje számára voltak elérhetőek. A GPS-szolgáltatás e globális lerontását 2000 májusában felfüggesztették, és egy 2007. szeptemberi döntés értelmében a GPS mesterséges holdak következő generációja már műszakilag sem lesz erre alkalmas. Az Egyesült Államok ehelyett regionálisan korlátozza a GPS-jelek hozzáférhetőségét, ha ezt nemzetbiztonsági érdekei megkövetelik.

hosszúság 155°-áig húzódó területet fedik le, a sarkvidéki területekkel történő kommunikációt Molnyija-űrpályán keringő műholdak biztosítják. Egyedül Oroszország működtet alacsony űrpályán is katonai távközlési mesterséges holdakat: ezek tárolják az adatokat addig, amíg a felszíni állomásokkal létre nem jön a kapcsolat. Más államoknak kizárólag geostacionárius katonai távközlési műholdjai vannak, amelyek a Föld felszínének kétötödén-felén biztosítanak lefedettséget.

Navigáció

Egy a helyzetét és a pontos időt továbbító jeladótól való távolság a jel terjedési sebességének ismeretében kiszámítható, ha az adón és a vevőn lévő óra szinkronban van (egyszerre jár). Három ilyen jeladó két pontot jelöl ki a térben, egy negyedik pedig megmutatja a kettő közül a helyeset, és korrigálja a vevő órájának hibáját. A jeladókat a világűrbe helyezve meghatározható a vevő abszolút helyzete. Ezen az elven működnek a globális navigációs mesterségeshold-rendszerek. Közepes magasságú űrpályán legalább tizennyolc mesterséges hold kell annak biztosításához, hogy a Föld bármely pontján a navigációhoz szükséges legalább négy mesterséges hold látóvonalban legyen, de huszonegy vagy huszonnégy műhold minden ponton legalább öt-hat általi lefedettséget, ezáltal nagyobb pontosságot biztosít.

Közepes magasságú űrpályán keringő mesterséges holdakból áll az amerikai Navstar globális helymeghatározó rendszer (*Global Positioning System – GPS*), a globális, de hiányos orosz Glonass és a kiépítés előtt álló európai Galileo. (Oroszország gazdasági okból és kilövési meghibásodások miatt nem tudja biztosítani a szükséges számú műhold egyidejű üzemeltetését: a globális lefedettséghez szükséges huszonegy mesterséges holdból je-



lenleg tizenhat van a világűrben.) E rendszerek rendkívül pontos helyzetmeghatározást és gyors információt biztosítanak a kicsi, könnyű és olcsó vevővel felszerelt felhasználók részére.

Amennyiben egy jeladó által kibocsátott jel több ismert helyzetű relén keresztül érkezik egy vevőhöz, a jelek beérkezésének időkülönbségéből (*Time Difference of Arrival – TDOA*) kiszámítható a jeladó helyzete. A kínai Beidou-rendszer geostacionárius mesterséges holdjai a felhasználó által kibocsátott jelet a földi állomásnak továbbítják, amely kiszámítja a jeladó kétdimenziós helyzetét, és összeveti a tárolt digitális térképpel, majd az így nyert háromdimenziós helyzetet a mesterséges holdakon keresztül sugározza a felhasználónak. A globális navigációs mesterségeshold-rendszerekkel ellentétben ez az eljárás kétirányú adatátvitelt követel meg, ami korlátozza az egyszerre kiszolgálható felhasználók számát, nagyobb, nehezebb és drágább végberendezéseket tesz szükségessé, és csak regionális lefedettséget biztosít.

A navigációs mesterséges holdak harmadik típusa pályadatainak ismeretében a fedélzetén keltett rádiójelek Dopplersúzásából teszi lehetővé a helymeghatározást. Ezek a mesterséges holdak alacsony űrpályán keringenek, ezért a lefedettség nem folyamatos, a helymeghatározás pontosításának gyakorisága a mesterséges hold pályájának hajlásszögétől és a vevő helyének földrajzi szélességétől függ. A Glonass hiányosságai miatt Oroszország fenntartja az ezen az elven működő Parusz-rendszert.

Megfigyelés és felderítés

A megfigyelés a kiválasztott célterület közel folyamatos felügyelete, míg a felderítés közelebbről meghatározott informáci-

ók megszerzése érdekében egy kiválasztott célra összpontosított kutatás. A megszerzett adatok lehetővé teszik a csapatok erejének és tartózkodási helyének figyelemre méltó pontossággal való meghatározását, az építés alatt álló épületek, valamint fegyverek, katonai gyakorlatok és tényleges konfliktusok megfigyelését. A megfigyelő rendszereket nagy látómező és folyamatosság jellemzi. Ideális esetben egy megfigyelő rendszer folyamatosan képes felügyelni az egész harcmezőt, alacsony téves riasztási arány mellett kiválasztani a lehetséges érdekes célpontokat, még ha nem is tudja őket azonosítani, követni, illetve helyzetüket pontosan meghatározni. Ez a képesség egyrészt az érzékelők teljesítményétől, másrészt a letapogatás ismétlődésének gyakoriságától függ.

Az érzékelők három nagy kategóriáját a rádiólokátorok, a jelfelderítő (*Signals Intelligence – SIGINT*) az ellenséges távközlési (*Communications Intelligence – COMINT*) és radarjeleket (*Electronic Intelligence – ELINT*) érzékelő eszközök, valamint az infravörös vagy látható fény tartományban működő optikai, illetve elektrooptikai rendszerek alkotják.

A rádiólokátor az általa kisugárzott elektromágneses hullámok visszaverődésének érzékelésével azonnal és meglehetősen pontosan képes meghatározni egy tárgy távolságát és irányát. Antennájának mérete és kialakítása behatárolja szögfelbontását, azaz iránymeghatározásának pontosságát. Ennek ellensúlyozására az összetett nyílásfelületű radar (*Synthetic Aperture Radar – SAR*) a hordozóeszköz mozgását kihasználva mesterségesen széles nyílásfelületet („antennát”) hoz létre, ami lehetővé teszi sokkal nagyobb felbontású képek készítését annál, mint amit az antenna fizikai mérete megengedne. A radarhullámok

áthatolnak a felhőkön, ködön, sőt a sekély vízen és vékony földrétegen is.

A jelfelderítő eszközök passzív érzékelők, amelyek a céltárgy távolságát nem, csupán irányát képesek meghatározni, és az ismételt letapogatások során nyert adatok összevetésével fokozatosan egyre pontosabb becslést szolgáltatnak a helyzetéről. A jelfelderítő eszközöket az ellenséges elektromágneses kisugárzó eszközök, elsősorban rádiólokátorok és -adóállomások felfedésére, azonosítására, helymeghatározására, illetve – amennyiben lehetséges – az utóbbiak lehallgatására használják. Egy rádiólokátor működésének célja megállapítható az impulzusszélesség, az impulzusismétlődési frekvencia, a vivőfrekvencia és a moduláció vizsgálatával. Az egy adott helyen lévő elektronikai rendszerek száma és típusa megmutatja azok célját és képességét. Egy ismert rádiólokátor-állomást meg lehet támadni, ki lehet kerülni vagy meg lehet téveszteni, a rádióhíradás zavarására pedig hatékony elektronikai ellentévekenységet lehet folytatni. Ha nem is sikerül dekódolni a lehallgatott távközlési eszközök üzeneteit, elfogásuk megmutatja a kommunikálók helyzetét és azonosságát. A békeidőben gyűjtött adatok lehetővé teszik a jelek katalógizálását, így egy konfliktus során a jeladók viszonylag könnyen azonosíthatók. A világűrbe telepített SIGINT-érzékelők antennái meglehetősen nagyméretűek, egyrészt a szükséges szögfelbontás biztosítása érdekében, másrészt azért, mert a légvédelmi rádiólokátorok fő sugárnyalábjába a horizontra irányul, így a világűrbe telepített eszközöknek a sokkal gyengébb jelet tartalmazó oldalhurkok jeleit kell érzékelniük.

Az optikai és elektrooptikai érzékelők szolgáltatják a legnagyobb felbontású képeket, azonban az infravörös tartományban működő érzékelők nem látnak át a fel-

hőkön, a látható fénytartományban működők pedig a füstön és a ködön sem, és nem alkalmazhatók rossz fényviszonyok mellett.

Az érzékelők teljesítménye és a mesterséges hold keringési magassága meghatározza a látómező nagyságát. A folyamatoság a letapogatás elégséges gyakoriságától függ, hogy két egymást követő letapogatás között a célpont helye ne változzon meg olyan mértékben, ami mozgásának követését lehetetlenné teszi. A szükséges gyakoriság a célpont mobilitásának jellemzőitől, míg a letapogatás lehetséges gyakorisága a mesterséges holdak számától, pályájuk jellemzőitől és a célpont helyétől függ.

A mesterséges holdak nagyon drága eszközök, ami korlátozza a világűrbe telepített megfigyelő rendszerek mesterséges holdjainak számát. A felbontás maximalizálása érdekében minden rádiólokátorral és optikai érzékelővel felszerelt mesterséges hold és a jelfelderítő műholdak nagy része alacsony űrpályán kering.

A rádiólokátorral és optikai érzékelővel felszerelt mesterséges holdak többsége napszinkron alacsony űrpályán kering. Ez az űrpálya lehetővé teszi, hogy a mesterséges holdon elhelyezett érzékelők a föld felszínének adott pontjáról mindig azonos megvilágítási körülmények között készítsenek képet, ami könnyen összehasonlíthatóvá teszi az optikai érzékelők által az egymást követő letapogatások során készített képeket. A napszinkron űrpálya ugyanakkor garantálja a mesterséges holdak napelemeinek folyamatos megvilágítását. Egy napszinkron alacsony űrpályán keringő mesterséges hold jellemzően naponta kétszer halad el a felszín adott pontja közelében. A látható fény tartományában működő optikai érzékelők legfeljebb naponta egyszer képesek adott pontról képet készíteni, mert a másik át-



Felderítő mesterségeshold-rendszerek

Állam	Név	Típus	Mesterséges holdak száma és pályája	Letapogatás/nap
Egyesült Államok	Advanced KH-11	optikai	4 napszinkron LEO, 1 LEO	5–6
	Lacrosse	radar	4 LEO	7–16
	NOSS	SIGINT	4 LEO ^d	18–28
	Mercury, Mentor, Trumpet	SIGINT	5 GEO, 3 Molnyija	folyamatos
Franciaország	Helios II ^a	optikai	1 napszinkron LEO	1
	ESSAIM	SIGINT	1 napszinkron LEO ^e	4
India	TES	optikai	1 napszinkron LEO	1
Izrael	Ofeq	optikai	2 LEO	4–5
	TecSAR	radar	1 LEO	1–2
Japán	IGS A	optikai	3 napszinkron LEO	3
	IGS B	radar	1 napszinkron LEO	2
Kína	Ziyuan	optikai	3 napszinkron LEO	3
	Yaogan	radar	3 napszinkron LEO	6
Németország	SAR-Lupe ^b	radar	5 napszinkron LEO	10
Olaszország	Cosmo-Skymed ^c	radar	3 napszinkron LEO	6
Oroszország	Tselina 2	SIGINT	1 LEO	4–8
Tajvan	Formosat-2	optikai	1 napszinkron LEO	1

a – a mesterséges hold által gyűjtött adatokat Franciaország megosztja Belgiummal, Görögországgal, Németországgal, Olaszországgal és Spanyolországgal

b – a mesterséges hold által gyűjtött adatokat Németország megosztja Franciaországgal

c – a mesterséges hold által gyűjtött adatokat Olaszország megosztja Franciaországgal

d – nyolc műhold négy párban

e – négy kisméretű műhold csoportja

Forrás: Jane's Space Directory, United Nations Register of Objects Launched into Outer Space

haladás éjjel történik. (A célterület feletti felhőzet tovább korlátozhatja a használható képek számát.)

A rádiólokátorral felszerelt műholdak naponta két, míg a jelfelderítő mesterséges holdak nagy – a horizontig terjedő – látómezejüknek köszönhetően napi négy letapogatásra képesek. Napszinkron alacsony űrpálya esetében a letapogatás gyakorisága a földrajzi helytől kevéssé függ (valamivel nagyobb a sarkok közelében), míg a más alacsony űrpályákon keringő mesterséges holdak által végzett letapogatások gyakorisága a földrajzi szélesség függvényében jelentős eltéréseket mutat. Néhány – kizárólag amerikai – jelfelderítő mesterséges hold geostacionárius

űrpályán, illetve a sarki hézagot lefedő Molnyija-űrpályán kering.

A mesterséges holdakkal végzett megfigyelés nagyon hatékony stacionárius célpontok esetében (pl. épületek), a letapogatási gyakoriság függvényében folyamatosan mozgásban lévő, de az érzékelők számára a háttértől könnyen elkülöníthető célpontok (pl. hajók), illetve viszonylag hosszú ideig nyugalomban lévő mobil célpontok (pl. légvédelmi vagy ballisztikus rakétakilövő) észlelésére, azonosítására és követésére. A legtöbb esetben azonban az egyes mobil célok helyzetéről nem képes a megtámadásukhoz elegendő pontos adatokat szolgáltatni, vagy azért, mert a helymeghatározás pontossága eleve

nem elegendő a célzáshoz, vagy azért, mert a célpont valószínűleg már nem lesz legutóbbi észlelésének helyszínén akkor, amikor a megtámadására felhasznált fegyver arra a helyre ér.

Az ellenséges felszíni hajók megfigyelésére elsőként a Szovjetunió alkalmazott mesterséges holdakat. Az 1970-es években elérhető legkorszerűbb technológiájú rádiólokátorral felszerelt (*Radar Ocean Reconnaissance Satellite – RORSAT*) és jelfelderítő (*Electronic Intelligence Ocean Reconnaissance Satellite – EORSAT*) mesterséges holdakból álló óceánfigyelő rendszer felállítására válaszul az Egyesült Államok haditengerészetének hajói álcázták és korlátozták jelki-bocsátásukat az alatt az idő alatt, amíg a szovjet felderítő műholdak látómezejében tartózkodtak. A Szovjetunió az ellenséges hadihajók felderítésében így továbbra is a tengerészeti járőr (*Maritime Patrol – MP*) repülőgépeire volt kénytelen hagyatkozni.

A szovjet rendszer ma már nem létezik, de az Egyesült Államoknak van egy alapjában ahhoz nagyon hasonló – bár kizárólag jelfelderítő mesterséges holdakból álló – tengerészeti óceánfigyelő rendszere (*Naval Ocean Surveillance System – NOSS*), mely mesterségeshold-párokból áll, és a két mesterséges holdon lévő érzékelők adatainak összehasonlításával teszi lehetővé a felszíni hajók követését. A rendszer műholdjai a 30. és 60. földrajzi szélesség között minden pontot naponta összesen öt-hét és fél órán át 20–30 alkalommal tapogatnak le, alkalmanként 15 percen keresztül. A rendszer feladata az ellenséges hajózás megfigyelése, végső soron az amerikai nukleáris meghajtású vadász-tengeralattjárók rávezetése célpontjaikra, ám nem egyértelmű, hogy önállóan képes-e megfelelni ennek a feladatnak. (Már a szovjet óceánfigyelő mesterségeshold-rendszer megjelenése óta időről időre nap-

világot látnak találgatások azzal kapcsolatban, hogy a műholdak fedélzetén lévő infravörös érzékelők képesek lehetnek felfedni a lemerült nukleáris meghajtású tengeralattjárók helyzetét a nyomukban keletkező meleg nyomdokvíz érzékelésével, de ezt semmilyen megbízható forrás nem támasztja alá.) Másodlagos szerepében a NOSS hatékonyan kiegészíti a Mercury, Mentor és Trumpet műholdakból álló, folyamatos globális lefedettséget biztosító jelfelderítő mesterségeshold-rendszert.

Korai riasztás és támadásértékelés

Jelentőségük miatt célszerű kiemelten is szólni az elsősorban a ballisztikus rakétákkal végrehajtott támadás észlelésére hivatott korai riasztó mesterséges holdakról. Ezen eszközök fedélzeti infravörös érzékelői képesek a rakétákból kiáramló magas hőfokú gázsugár észlelésére és a kilövés helyének hozzávetőleges meghatározására. (A ballisztikus rakéták mellett természetesen minden jelentős infravörös sugárzást kibocsátó forrást észlelnek.) A percnként többszöri letapogatás során készített hőképpel elkülöníthetők az állandó helyű (például erdőtűz) és a mozgó hőforrások, és utóbbiaknak a sebessége is megbecsülhető. A ballisztikus rakéta indítási helyének, repülési irányának és sebességének ismeretében kiszámítható a röppálya és a becsapódás valószínű helye, ami lehetővé teszi az elfogás megkísérlését és a lakosság értesítését. Ezek a műholdak elsősorban a ballisztikus rakétakísérleteket és a mesterségeshold-indításokat figyelik, de képesek minden, néhány másodpercnél tovább nagy hőt kibocsátó rakéta – és utánégetőt használó repülőgépek – érzékelésére is. Korai riasztó mesterséges holdakkal kizárólag az Egyesült Államok és Oroszország rendelkezik. Bár

a rendelkezésre álló információk esetenként ellentmondó adatokat is tartalmaznak, nagy valószínűséggel állíthatjuk, hogy mindkét rendszer folyamatos globális lefedettséget biztosít.

Egyéb területek, kísérleti mesterséges holdak

A mesterséges holdak lehetséges felhasználási területeinek felsorolásakor feltétlenül meg kell említenünk a nagy pontosságú meteorológiai és geodéziai műholdakat. A katonai és polgári technológia fejlettsége között korábban meglévő nagy különbség eltűnése, a tudományos és üzleti alkalmazások fejlődése miatt az általuk szolgáltatott adatokat – bár egykor kizárólag a haderő számára voltak elérhetők – ma már bárki megvásárolhatja. A katonai meteorológiai mesterségeshold-indítások száma emiatt az utóbbi években meredeken csökkent, a katonai geodéziai műholdak felbocsátása pedig gyakorlatilag megszűnt. Az uralkodó időjárási helyzet figyelembevételével tervezhető a szárazföldi csapatok műveletei, a hajózási és repülési feladatok; a légkörbe visszatérő fejrész röppályáját befolyásoló tényezők alapján módosítható a ballisztikus rakéták irányítása; az ionosféra adatai lehetővé teszik a nagy frekvenciájú híradás minőségének előrejelzését; a geodéziai adatok ismerete pedig nélkülözhetetlen a navigációhoz és a fegyverek célzásához.

Számos mesterséges hold fedélzetén vannak olyan érzékelők, amelyek nem elsődleges feladatának ellátásához szükségesek. A Navstar navigációs mesterséges holdakba beépített gammasugárzás-érezkelők például igen pontos adatokat szolgáltatnak az atomrobbanások helyéről, magasságáról és hatóerejéről, lehetővé teszik hatásuk megbecslését.

A kísérleti mesterséges holdak célja meglévő technológiák fejlesztése, illetve újak kutatása, megvalósíthatóságuk tanulmányozása. Kísérletek folynak egyebek mellett azzal a céllal, hogy a lemerült tengeralattjárókkal az atmoszférán és a tenger tekintélyes mélységein áthatoló kékeszöld lézerral biztosítsák a nagy sávszélességű összeköttetést. A kísérleti mesterséges holdak jelentős hányada a ballisztikus rakéták elleni (*Anti-Ballistic Missile – ABM*) védelem és a mesterséges holdak elleni (*Anti-Satellite – ASAT*) hadviselés technológiai lehetőségeinek tanulmányozására szolgál. Végül, mivel szigorúan titkos technológiákról van szó, egyes mesterséges holdak célja a felbocsátásukat követően éveken át, esetleg egészen a földre való visszatérésükig ismeretlen marad – bár pályaadataikból következtetni lehet rá.

A mesterséges holdak elleni hadviselés

A katonai műveletek fokozódó mértékben támaszkodnak a mesterséges holdak által biztosított távközlésre, navigációra és felderítésre, ezért e rendszerek elvesztése jelentős hátrányt jelentene egy konfliktusban. A szemben álló fél megfosztható mesterséges holdjaitól az azokat irányító földi berendezések megsemmisítésével, például légitámadással vagy szabotázsakciókkal, illetve maguknak a mesterséges holdaknak a működésképtelenné tételével.

A mesterséges holdak elleni hadviselés egyik lehetséges módszere, hogy hamis vezérlőjeleket továbbítanak a műholdnak, amiktől az korrigálhatatlanul letér a pályájáról. Egyes mesterséges holdak lézerral varkíthatók vagy elektronikusan zavarhatók. A legtöbb katonai műhold ellen azonban ezek az eljárások hatástalanok, ezért az

ellenük folytatott hadviselés meghatározó módszere a fizikai megsemmisítés.

Az alacsony űrpályán keringő mesterséges hold sebessége 7–8 km/s, a Molnyija-űrpályán keringő műholdé földközelpontban (400–800 kilométer magasságban) meghaladja a tíz kilométert másodpercenként. Ilyen sebesség mellett a közvetlen találat elérése érhetően nehéz feladat. Az elfogó halálos sugara robbantással növelhető. Természetesen az atomrobbantás a leghatásosabb, azonban az atomfegyver a robbanás és az intenzív radioaktív sugárzás mellett elektromágneses impulzust gerjeszt, amely a több ezer kilométerre lévő mesterséges holdak elektronikai berendezéseit is tönkretelheti, ezért a saját műholdak megbénításának kockázatát hordozza. Ugyanakkor a mesterséges holdak eléggé törékenyek, ezért közvetlen becsapódás esetén nincs szükség robbantásra, az elfogó pusztán a nagy sebességéből eredő mozgási energiájával képes megsemmisíteni a műholdat. Az irányítórendszerek fejlődése az 1980-as évek közepére lehetővé tette a közvetlen elfogást, ezért a korszerű ASAT-fegyverek nem hordoznak robbanófejet. A mesterséges holdak elfogásának feladata a célpont sebessége és mérete tekintetében nagyon hasonló a ballisztikus rakéták légkörbe visszatérő fejrészének elfogásához, ezért az ASAT-fegyverek gyakran mutatnak közös vonásokat az ABM-eszközökkel. A mesterséges holdak megsemmisíthetők – földről, vízről vagy levegőből indított – rakétával, vagy más mesterséges holdakkal.

A Szovjetunió az 1980-as évek elején olyan elfogó mesterséges holdat állított rendszerbe, amely a célponttal azonos síkban lévő űrpályán közelítette meg és a közelében önmagát felrobbantva a keletkező repeszfelhővel semmisítette meg a célt. A fegyverrel végzett kísérletek sikere-

sek voltak: tizenkét alkalomból kilencszer megvalósult az elfogás, a legnagyobb magasságú megsemmisítés a föld felett 1575 kilométerrel történt. Bár 1982 júniusa óta nem került sor orosz ASAT-kíséretre, és ez a rendszer talán már nem is működőképes, a technológia továbbra is rendelkezésre áll. A fegyver világűrbe juttatására akkor használt ma is aktív Ciklon hordozórakétán kívül Oroszországnak számos további olyan rakétája – például az SH-11 Gorgon (51T6) – van, ami fegyver hordozására alkalmas vagy azzá tehető.

Az Egyesült Államok 1985 szeptemberében egy repülőgépről indított rakétával 525 kilométer magasságban megsemmisített egy tudományos mesterséges holdat. A kísérlet sikere ellenére több elfogásra nem került sor, a programot 1988-ban törölték. Az Egyesült Államok – válaszul Kína egy évvel korábban végzett kísérletére – 2008 februárjában egy Ticonderoga hajóosztályú cirkálóról indított módosított RIM-161 SM-3 típusú rakétával 247 kilométer magasságban megsemmisített egy működésképtelen katonai felderítő mesterséges holdat.

Az SM-3 rakétát elsősorban a ballisztikus rakéták fejrészének 70 és 500 kilométeres magasság között történő elfogására fejlesztették ki. Jelenleg két Ticonderoga osztályú cirkálón (CG 67 és 70) van telepítve, de a hajóosztály további tizenhárom tagját (CG 52–64) tervezik vele felszerelni. Japán négy Kongou hajóosztályú rombolója számára rendelt SM-3 rakétákat (ezek a rakéták nem azonosak a mesterséges holdat megsemmisítő fegyverrel, amely egy átalakított példány volt). Kína 2007 januárjában egy 865 kilométer magasan keringő meteorológiai műholdat semmisített meg. Sem a hidegháború alatt, sem azóta nem végeztek kísérletet olyan ASAT-fegyverrel, amelynek célpontja nem alacsony űrpá-



Katonai mesterséges holdak száma^a

	Korai riasztás	Távközlés	Navigáció	Megfigyelés	Egyéb és felderítés	Összesen
Egyesült Államok	6	30	31	21	13	101
Oroszország	4	17	24	1	–	46
Európa ^b	–	8	–	10	–	18
Kína	–	2	5	6	–	13
Izrael	–	3	–	3	–	6
Japán	–	–	–	4	–	4
Más államok összesen	–	2	–	2	1	5
Összesen	10	62	60	47	14	193

a – 2008 őszének végén aktív mesterséges holdak

b – Franciaország, Németország, Olaszország, Spanyolország és az Egyesült Királyság összesen

Forrás: Jane's Space Directory, United Nations Register of Objects Launched into Outer Space

lyán keringett. A kis magasságon keringő mesterséges holdak ellen kifejlesztett technológiák elméletileg nagyobb hordozórakéták alkalmazásával viszonylag egyszerűen ültethetők át nagy magasságú alkalmazásra, de a távolabbi célpontok eléréséhez lényegesen több idő szükséges, ami lehetőséget ad a rakéta megsemmisítésére, illetve a műhold manőverezésére.

A mesterséges holdak elleni fegyverrendszerek hasznát egy lehetséges konfliktusban túlélőképességük is befolyásolja. Egyetlen műhold megsemmisítése is hatalmas kár a működtetőjének, és a mesterséges holdak sokkal drágábbak az elpusztításukra használt fegyvereknél, ám elég sok műholdat kellene megsemmisíteni ahhoz, hogy az ellenfél mesterséges hold-rendszerei használhatatlanná váljanak. Ez a legnagyobb találati valószínűség mellett is nagyszámú ASAT-indítást feltételez. A mesterséges holdak elleni képesség fenntartásában ezért elengedhetetlen az ASAT-rendszerek erős védelme és nagy mobilitása, amit az Egyesült Államok kezdetől fogva szem előtt tartott. A hajófedélzeti elhelyezés azt is jelenti, hogy a rendszer a világ óceánjainak bármely pontjáról bevethető.

A rendelkezésre álló információk alapján egyértelműen kijelenthetjük, hogy napjainkban a világűr katonai felhasználását az Egyesült Államok uralja. Bár az orosz katonai űrtevékenység a hidegháborús időkhez képest – különösen a felderítő mesterséges holdak felbocsátása tekintetében – visszaesett, ma még egyértelműen Oroszország a második legfontosabb szereplő a világűrben, de az együttműködő nagy európai államok – Franciaország, Németország, Olaszország, Spanyolország és az Egyesült Királyság – és Kína űrprogramja lassan vetekszik Oroszországgal, s más államok – különösen Izrael és Japán – is figyelemre méltó képességekre tettek szert.

Ami a mesterséges holdak elleni fegyvereket illeti, az Egyesült Államoknak meglehetősen rugalmas, harci körülmények között is jól alkalmazható rendszere van, amely az 500 kilométernél alacsonyabb pályájú mesterséges holdak (a nem amerikai felderítő műholdak közel háromötöde) számára jelent fenyegetést. Kína bemutatta, hogy hasonló képességgel bír, és valószínűleg Oroszország is rendelkezik valamilyen mesterséges hold elleni fegyverrel. ■

Irodalom

- Baker, David (ed.): *Jane's Space Directory, 1999–2000*. Coulsdon, 1999, Jane's Information Group Ltd.
- Coté, Owen R.: *Mobile Targets from Under the Sea*. Cambridge, 1999, Center for International Studies, Massachusetts Institute of Technology.
- Coté, Owen R.: *The Future of Naval Aviation*. Cambridge, 2006, Center for International Studies, Massachusetts Institute of Technology.
- Covault, Craig: Chinese Test Anti-Satellite Weapon. *Aviation Week & Space Technology*, January 17, 2007.
- Darnis, Jean-Pierre – Gasparini, Giovanni – Pasco, Xavier: *The Cost of Non-Europe in the Field of Satellite Based Systems*. Brussels, 2007, European Parliament.
- DoD Permanently Discontinues Procurement Of Global Positioning System Selective Availability. Washington, D.C., U.S. Department of Defense, Office of the Assistant Secretary of Defense, September 18, 2007.
- DoD Succeeds in Intercepting Non-Functioning Satellite. Washington, D.C., U.S. Department of Defense, Office of the Assistant Secretary of Defense, February 20, 2008.
- Hobbs, David: *Úrhadviselés*. Budapest, 1994, Kossuth.
- Lennox, Duncan (ed.): *Jane's Strategic Weapon Systems*. Coulsdon, 2005, Jane's Information Group Ltd.
- United Nations Register of Objects Launched into Outer Space. Wien, United Nations Office for Outer Space Affairs. <http://www.unoosa.org/oosa/en/SORegister/index.html>.