

Rezsneki Zsombor¹

A térbeli közlekedés biztonságának megteremtése

The Establishment of Security in Space Traffic

Absztrakt

A világűr jelentősége napjainkban egyre inkább növekszik. Számos ország bocsát fel békés és katonai céllal műholdat, egyúttal folyamatos a világűr használata az ember által alkotott mesterséges űreszközökkel. Az emberi tudásvágy folyamatosan tolja ki a határokat a légkörön túlra, amelyet a világhírű orosz tudós, Ciolkovszkij is száz esztendeje megjósolt: „Az emberiség nem is marad örökké a Földön, hanem fényre és térségre vágyva előbb félszegen behatol a légkörön túli térségbe, aztán pedig meghódítja a csillagok világát.”² Egyre nagyobb problémát jelent viszont, hogy a felbocsátott eszközök megrongálódnak, összeütköznek egymással vagy egyéb égitestekkel, így folyamatos veszélynek, egyre veszélyesebb helynek kitéve a világűrt. Az űrbéli közlekedés kevésbé szabályozatlan, de már számos jogszabály született a biztonság fenntartására, amely elengedhetetlen az emberi élet és a honvédelem számára.

Kulcsszavak: biztonság, külső tér, világűr, közlekedés, űrhulladék, alacsony Föld körüli pálya, geostacionárius pálya, jogszabály

Abstract

The importance of outer space is growing nowadays. For peaceful or military purposes, several countries launch satellites, and the exploitation of outer space by artificial devices is an ongoing process. The human desire for knowledge is pushing the borders beyond the atmosphere, as expressed by to the famous citation of Tsiolkovsky: 'Mankind will not forever remain on Earth but, in the pursuit of light and space, will first timidly

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz – University of Public Service, Doctoral School of Military Sciences, PhD student, e-mail: rezsneki.zsombor@bau92.hu, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9769-6467>

² *Nem maradhatunk mindig a bölcsőben – Ciolkovszkij évforduló van!* Világtudomány.

emerge from the bounds of the atmosphere and then advance until he has conquered the whole of circumsolar space.' However, it is a growing problem that the launched devices are damaged, they collide with each other or with other celestial bodies, thus exposing space to a constant danger; the outer space has become an increasingly dangerous place.

The traffic of outer space is less regulated, notwithstanding a lot of regulations have already been enacted in compliance with security, which is essential for human life and national defence.

Keywords: *security, outer space, transportation, space debris, Low Earth Orbit, Geostationary Orbit, regulation*

1. Bevezetés

A világűr (avagy a külső tér) jelentősége közel 100 éve nem hagyja nyugodni az embert. Természetesen már több ezer éve foglalkozik a külső tér vizsgálatával, de elérhető közelségbe a múlt század közepén került csak, amikor a technika fejlettsége lehetővé tette e különleges vágy megvalósítását. Talán már ma is, de a jövőben biztosan a legtöbbször idézett, a külső térrel kapcsolatos fogalom a múlt század elején élt világhírű orosz matematikus, repülőmérnök, fizikus tudós Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij tollából fakad, miszerint „a Föld az emberiség bölcsője, de nem maradhatunk örökké bölcsőben”.³ A fenti hasonlat valóban talán az egyik legszebb a világon, amelynek értékét külön emeli, hogy egy repülőmérnök alkotta meg. Számomra azonban az idézet második fele írja le és ad választ a legtisztábban arra, hogy az emberiség miért is nem maradhat bölcsőjében. „Az emberiség nem is marad örökké a Földön, hanem fényre és térségre vágyva előbb félszegen behatol a légkörön túli térségbe, aztán pedig meghódítja a csillagok világát.”⁴

Ennek a vágnak engedelmeskedve kilépünk a földi biztonságot nyújtó valamennyire már megismert világból és a technikailag, pszichikailag, társadalmilag is teljesen ismeretlen új térben kell boldogulnunk önállóan, a földi viszonyoktól eltérő fizikai közegben. Ez alapján a külső tér felfedezésének és megismerésének legnagyobb kihívása a folyamatos biztonság fenntartása. A folyamatos biztonság szempontjából vizsgáltam meg a külső térrel kapcsolatos lehetőségeket, ez képezi a témáját jelen tanulmánynak. Elsősorban a biztonságos közlekedés oldaláról elemeztem a témát, így annak megértéséhez feltérképeztem a külső térben lévő veszélyforrásokat, egyúttal meghatároztam, mely országok milyen szervezetei foglalkoznak a veszélyes elemek meghatározásával, megfigyelésével. Pontosan milyen szempontból veszélyesek ezek a tárgyak a térbeli közlekedésre.

³ *Nem maradhatunk mindig a bölcsőben – Ciolkovszkij évforduló van! i. m.*

⁴ *Nem maradhatunk mindig a bölcsőben – Ciolkovszkij évforduló van! i. m.*

2. A külső tér eléréséhez vezető út a Föld felszínéről

Ahhoz, hogy elmondhassuk, a világűrben járunk, a Föld légkörének több rétegén is át kell lépnünk. A Föld felszínéről haladva ezek a következők: troposzféra 1–10 km, sztratoszféra 10–50 km, mezoszféra 50–85 km, termoszféra 85–600 km, exoszféra 600–10 000 km.⁵

Anélkül, hogy ezen rétegeket mélyebben kifejténém, egy pár szóban kiemelem jelentőségüket, amely elengedhetetlen, hogy majd a későbbiekben megértsük a közlekedés biztonságával kapcsolatos nehézségeket. A troposzféra a légkör legsűrűbb rétege, mintegy 80%-a a légkör tömegének itt koncentrálódik. A sztratoszféra a légkör tömegének 19%-át birtokolja, egyben az ózonréteg helye is. A mezoszféra leginkább a becsapódó meteorokról ismert, azok itt láthatók, mielőtt megsemmisülnek. Ezt követően a termoszféra következik, amely helyet ad az Aurora Borealisnak, majd az exoszféra, ahol a valódi űrközlekedés bonyolódik. Mindenképp kiemelendő a Kármán-vonal⁶ jelentősége, amelyet Kármán Tódor magyar származású fizikus számolt ki, 100 km – kisebb-nagyobb eltéréssel – a tudományos világban ezt fogadják el mint a világűr határát.

3. A külső tér biztonságát meghatározó szabályozás

A külső tér szabályozását megalapozó főbb jogszabályok és egyéb szabályozások viszonya hasonló, de ugyanakkor eltérő és egybeolvadó az egyes országok jogrendszerével. A külső tér szabályozásánál is megtaláljuk az alapvető jogszabályokat, illetve az egyes űrutazással foglalkozó országok és egyéb szervezetek irányelveit, ajánlásait, valamint a nemzeti jogszabályok és alkotmányok eligazító szerepét. Valójában a világűr (külső tér) szabályozása igényli a legkomplexebb és legátfogóbb szabályozást. Természetesen a külső térrel kapcsolatos mind a munkaügy, az egészségügy, a szabadalmi jogok, a kártérítés, a szerződések, de még az adózás is a hasonlóan működő állami vagy nemzetközi jogszabályokból táplálkozik, ugyanakkor ezen jogszabályok alkalmazása teljesen új értelmezést nyit az egyes országok együttműködése terén.

4. Az űrtérrel kapcsolatos alapvető nemzetközi jogszabályok

A II. világháborút megelőzően a tudósok már felvetették a lehetőségét az űrutazásnak, azonban az ehhez szükséges rakéta-program a háborút követő győztes hatalmakkal együtt dolgozó német tudósok eredményének köszönhető. A jogi szabályozás tucatszerű technikai sikert követően, a holdraszállást megelőző években indult csak meg az ENSZ Jogi Albizottságának gondozásában.

⁵ *Légköroptikai jelenségek.* Legkoroptika.hu.

⁶ Both Előd: *A világűr határa.* Urvilag.hu, 2018.

1967. október hónapban lépett hatályba a Világűr szerződés, az Outer Space Treaty.⁷ A szerződés, amelynek már 106 ország az aláírója, valójában az államok űrbeli tevékenységét, illetve a világűr hasznosítását szabályozza, magában foglalva a holdat és az egyéb égitesteket. A szerződés nemzetközi szinten elsőként szabályozza a világűr békés célú felhasználását, és valamennyi országnak és magánszervezetnek – állami égisz alatt – megadja a lehetőséget, hogy azt kutassa, elérje, valamint az eredményeket is egyöntetűen az emberiség javára kell hogy fordítsa. Emellett megjelenik a károkozás feltétele is, miszerint az asztronauták mint az emberiség küldöttjei egyesítik a közös akaratot, így ha bármilyen személyi sérülés vagy veszélyhelyzet állna fenn, úgy minden országnak kötelessége azonnal segítséget nyújtani. Egyúttal minden államnak az űrrel kapcsolatos nemzeti tevékenysége folytán nemzetközi felelőssége áll fenn.

1968 decemberében született meg a segítségnyújtási megállapodás, a Rescue Agreement,⁸ amely az Outer Space Treaty (5) cikkelye alapján szab felelősséget az egyes államokra. Eszerint minden államnak kötelessége az asztronauták és az űreszközök személyzetének a segítése és biztonságos helyre való visszajuttatása. Egyúttal természetesen felelőssége az űreszközök visszajuttatása a felbocsátó államnak, illetve egyéb, az űreszközök által okozott károk megelőzése, enyhítése is.

1972 szeptemberében lépett hatályba az Outer Space Treaty (7) bekezdése alapján kifejlesztett Liability Convention,⁹ amely az űreszközök által okozott kár nemzetközi felelősségét határozza meg. Itt már konkrétabban fogalmaz a jogszabály, ugyanis minden olyan kárért felelős a felbocsátó állam, amely a Földön történik, bárkivel, bármilyen tulajdonnal szemben, beleértve más felbocsátó állam károsodott eszközét is. Amennyiben több felbocsátó állam vesz részt a küldetésben, úgy a károkozásért egyetemlegesen felelnek a harmadik féllel szemben. Az egyezmény komoly határidőket és eljárásjogi rendelkezéseket is megfogalmaz, egyúttal nézeteltérés esetén külön a követelés érvényesítésére létrehozott bizottság felállítását is elrendeli.

1976 szeptemberében fogadták el a regisztrációs egyezményt, a Registration Convention-t,¹⁰ amely egy integrált rendszer létrehozását és felépítését meghatározó jogszabály. Az ENSZ főtitkárát bízták meg a rendszer üzemeltetésével, amely szabadon nyitva áll minden állam és nemzetközi szervezet adatmegosztása előtt, amely valamennyi, a külső térbe irányított eszközt kötelezően lajstromozza.

Végül az öt alapidokumentum között kap helyet az 1984 júliusában hatályba lépő Moon Treaty,¹¹ amely a Hold és más égitestek békés célú hasznosításáról rendelkezik. A szerződés külön hangsúlyt ad az Outer Space Treaty alapjainak, ugyanis ezeken az égitesteken a katonai jelenlét nem biztosítható, valamint ezen égitestek környezetét kiemelten tartozunk védeni. Még a Holdon és egyéb égitesteken való tartózkodást is határidőhöz és bejelentéshez köti az egyezmény. A hasznosítására vonatkozóan nem tartalmaz konkrét rendelkezést, azt tudományos célra, a megfelelő mértékben és egy nemzetközi szervezet vezetése alatt tartja elképzelhetőnek. Ez egy különösen érdekes

⁷ *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies.* UNOOSA.

⁸ *Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space.* UNOOSA, 1967.

⁹ *Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects.* UNOOSA, 1971.

¹⁰ *Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space.* UNOOSA, 1974.

¹¹ *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies.* UNOOSA, 1979.

területe lesz a nemzetközi együttműködésnek, mivel a Hold ásványanyagkészlete egyes fő elemek tekintetében kétszerese a Föld készletének. Így a felbocsátásra képes államok előnyhöz juthatnak, amennyiben kivonják magukat a korlátozás alól.

A fenti szerződések mindegyike azt az irányt engedi mutatni, hogy a nemzetközi közösség együttesen akar fellépni a külső térben zajló utazások terén, azonban a verseny igen széles körű és az egyes államok érdekei alapvetően eltérhetnek. Nagyon nehéz feladata lesz az ENSZ vezetőinek fenntartani az űrutazással kapcsolatos nemzetközi kohéziót, amely minden bizonnyal a Földön zajló érdekek és belső feszültségek színtere is lesz.

5. Biztonságot fenyegető tényezők a külső térben

Mielőtt tovább folytatnánk a szabályozási környezet vizsgálatát, pontosítanunk szükséges, mi is az, ami fenyegeti a biztonságot a világűrben. Mindenekelőtt el kell határolnunk pár alapvető területet. Jelen publikációnak nem témája a világűr védelme, sem a világűrből jövő azonosított és azonosítatlan tárgyak vizsgálata. A központi kérdés az ember által alkotott tárgyak világűrben történő biztonságos mozgása.

Valójában az alábbi három terület merül fel, amennyiben a külső térrel kapcsolatos biztonságot elemezzük: a világűrben zajló természeti események, a világűrből jövő tárgyak, jelenségek és a világűrben lévő mozgás. A tanulmányban az utóbbival foglalkozunk, már csak azért is, mert a másik két terület inkább fizikai és műszaki ismereteket kíván, ahol a természeti jelenségek vizsgálatáról, illetve az egyes tárgyak okozta veszélyről, esetlegesen az űrtérbe telepített, de a földi életet fenyegető fegyverekről is szó van.

A tanulmányom jogi szabályozását képező, az űrutazást veszélyeztető tárgyak elsődlegesen a LEO (*Low Earth Orbit*, alacsony földkörüli pálya, magasság 200–2000 km) vagy GEO (*Geostationary Orbit*, geostacionárius pálya) (magasság > 35 000 km) pályán vannak túlsúlyban. A műholdak java részét is itt helyezték üzembe, amelyek jelentőségét mutatja, hogy 2010-ben még alig érték el az 1000 műholdat, ma már a 2000-et is meghaladja számuk.

Az űrutazást valójában maga az űrutazást leginkább vágyó és végző aktor, az ember nehezíti meg önmaga számára. Ugyanis a külső térben fellelhető veszélyek legnagyobb része ma már a mesterséges, szándékos vagy szándék nélkül okozott űrhulladék útján azonosítandó. A természeti erők legtöbb káros hatását leküzdöttük a különböző technikai és műszaki felszereléssel, azonban a térbeli utazásra részben a legnagyobb veszélyt leginkább ezen eszközök, illetve ezen eszközök darabjai jelentik/jelenthetik. Az űrhulladékot a felbocsátott műholdak és rakéták, valamint egyéb, az űrutazás érdekében használt vagy az űrutazással feljuttatott tárgyak és azok darabjai alkotják.

A műholdakat méretüktől függően több csoportba soroljuk, függetlenül attól, milyen tömegük van.¹² Az összes (2218) működő műholdból 562 db a GEO, 1468 db

¹² *A Handbook for Post-Mission Disposal of Satellites Less Than 100 kg*. Franciaország, International Academy of Astronautics, 2009. Extra-heavy: 5000 kg vagy nagyobb, Heavy: 1000–5000 kg, Medium: 500–1000 kg, Smallsat: 500 kg vagy kisebb, Microsat: 100 kg vagy kisebb, Nanosat: 10 kg vagy kisebb, Picosat: 1 kg vagy kisebb.

a LEO pályán mozog,¹³ így a legtöbb űrhulladék is itt, a LEO pályán keletkezik, köszönhetően a műholdak nagyobb számának. Jelenleg a legtöbb műhold, amelyet a világűrbe felbocsátanak, nano és az alatti nagyságú, mindösszesen több mint a felét teszi ki. A probléma valójában ebből is adódik, ugyanis ezek a kis műholdak sokkal nehezebben távolíthatók el, mint a nagyobb társaik, így sokkal nagyobb hulladékfelhőt képesek képezni az adott Föld körüli pályán, egyúttal sokkal nehezebb a megfigyelésük és a nyilvántartásuk is. A visszatermelődést folyamatosan segíti az a tény is, hogy 2010 körüli időben egyre több és egyre kisebb űreszközöket bocsátottak fel, amelynek leginkább gazdasági és versenydinamikai okai lehetnek. Nem lebecsülendő továbbá az a tény sem, hogy az űrkutatás jelenleg egy 50 milliárd eurós üzlet¹⁴ (csak EU-szinten), amely 3-4-szer gyorsabban növekszik az átlaggazdaságnál, mintegy 100 év alatt a gazdaság felét adja. Nem szabad elfelejtenünk, hogy valamennyi informatikai (TV, PC, telefon, közlekedési eszközök fedélzeti rendszerei, időjárás, óra stb.) termék csak azért ennyire fontos és sokoldalú számunkra, mivel könnyen elérhető és felhasználóbarát szolgáltatásként kínálják a hétköznapok emberének az űrtechnológiát. Ennek köszönhetően még a 2000-es évek elején alig 40 ország bocsátott fel műholdat, ezen országok száma 2010-re elérte az 50-et, ma már pedig meghaladja a 80-at, tehát több mint 80 ország rendelkezik „közvetlen” űrtechnológiai adatokkal és ismeretekkel.¹⁵

A fentiek alapján kétféle veszély fenyegeti a külső tér biztonságát: a működő műholdak összeütközése az űrhulladékkal, illetve a nem működő űreszközök, illetve azok darabjai által okozott károk. Az űrügynökségeket összekötő nemzetközi szervezet *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*, 4-es számú munkacsoportja által kiadott iránymutatások definíciója szerint az űrhulladék kifejezés használandó minden olyan mestereségesen előállított, már nem működő tárgyra és annak darabjaira, amely Föld körüli pályán mozog, vagy a légkörbe próbál belépni.¹⁶

Jelenlegi állás¹⁷ szerint mindösszesen 5560 felbocsátás történt a kezdetektől (1957) napjainkig. Ezzel együtt 9600 műhold került pályára, azonban már csak a fentebb említett 2218 műhold működik, és ennek ellenére mégis 5500 műhold bolyong a külső térben. Az IADC fogalmának megfelelő űrhulladékok száma eléri a 23 000-et, amelyet regisztráltak is. Azonban a tudósok által becsült körülbelül 500 ütközés, robbanás stb. eredményeként mára 8800 tonna űrhulladék kering a Föld körül, és ami még riasztóbb, ezek mérete és száma megsokszorozódott az ütközések okán. A fentebb részletezett műhold-mérettáblázathoz hasonlóan a keringő űrhulladéknak is van kategorizálási formája, amely szerint: 34 000 tárgy, hulladék > 10 cm; 900 000 tárgy, hulladék 1–10 cm között, 128 millió tárgy, hulladék 1 mm – 1 cm között.¹⁸

Észrevehető, hogy az ütközések, robbanások során egyre több kisebb és kisebb űrhulladék keletkezik, és kering a Föld körül. Ennek valójában sokkal nagyobb kockázata van, mivel innen a Földről azt hihetnénk, hogyha kivetítjük a Föld átmérőjét, az űrhulladék keringési magasságát, valójában nem is olyan sok. Százszor ennyi ember

¹³ UCS Satellite Database. Union of Concerned Scientists, 2005.

¹⁴ ESPI Report 71. *Towards a European Approach to Space Traffic Management*. European Space Policy Institute, 2020.

¹⁵ *Satellites by countries and organizations*. N2YO.com; *Az egész űrtörténelem számokban, egy ábrán*. Urvilag.hu, 2011.

¹⁶ *IADC Debris Mitigation Guidelines*. UNOOSA Inter-agency Space Debris Coordination Committee, 2007.

¹⁷ *Space debris by the numbers*. European Space Agency.

¹⁸ Uo.

él a Földön, és ha akarom napokig nem találkozom senkivel. Azonban a külső térben más a helyzet, ugyanis nem lehet szabályozni e tárgyak mozgási sebességét, ami annyit jelent, hogy szabad gyorsulás van, és ennek mértéke 0,8–7,5 km/s. A kilométer/másodpercenkénti sebessége egy űrtárgynak 25 000 km/h-nak felel meg. Ez azt jelenti, hogy még a legkisebb darabok is átszakítják az űrruhát, és még az űreszközökben is végzetes károkat okozhatnak. Természetesen a tudósok folyamatosan számolják az ütközés lehetőségét, amely 1:10 000 általában, illetve – ahogy a következő fejezetben majd kifejtem – folyamatos gondolkodás és fejlesztés képezi ezen területet alapját a minél jobb védekezés, a jogi szabályozás kialakítása és az űrhulladék eltakarítása érdekében.

6. További szabályozások

A jogszabályi alapok lerakását követően folytassuk a ránk háruló veszélyek ezen irányú vizsgálatát, nem tévesztve szem elől, hogy ahol az ember jár, ott általában „szemetel”. Így valójában önmagunknak köszönhetjük, hogy az űrhulladék eltávolítására tudósok ezreit kell foglalkoztatnunk, és a folyamatos szabályozás miatt ez egyre növekvő befektetést igényel a részünkről. De az emberi kíváncsiság tartja állandó mozgásban a fejlődést, és körültekintően, a biztonság fenntartásával ez a fokozatos fejlődés el is érhető.

A fentebb már említett Registration Convention egyezményt figyelembe véve, valamint természetesen az egyes felbocsátó államok katalogizálási folyamatának eredményeként a felküldött eszközökről is pontos adataink vannak. Azonban az űreszközök és rakományuk regisztrálása mellett egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy az űrhulladék keveredik a működő rendszerekkel, és azok találkozása egyre valószínűbb. A külső térben számos egyéb ütközés, robbanás is zajlik, amelyek valószínűségét emelik, hogy a kezdetekhez képest 2010 óta évi 400–500 felbocsátás történt, a megelőző 2000–2010 közötti időszakban ez körülbelül évi 100–110 indítás volt. A jelenlegi előrejelzések alapján ez a következő években inkább az évi 500–700 felbocsátás tartományban fog realizálódni.

Az igazi áttörést és egyben a külső térben lévő tárgyak figyelését Donald Kessler professzor tanulmánya tette egyértelművé. Donald Kessler,¹⁹ a NASA tudósa 1978-ban tette közzé a tanulmányát, amely szerint a már fent lévő űreszközök és az időközben különböző ütközések révén keletkezett űrhulladék a további, folyamatos felbocsátásokkal egyre inkább növelik az ütközések számát, és az ilyen ütközések során keletkezett darabok összetalálkozásának valószínűsége még nagyobb lesz. Egyértelműen kimutatható a multiplikátorhatás, amely során egyre több és kisebb darab keletkezik, amelyek találkozásának valószínűsége egyre nagyobb, így még több és kisebb darabot hoznak létre.

A megoldást egyértelműen egy közös szabályozás jelentené, amelyet a szakirodalom Space Traffic Management (STM) hív, azonban még teljesen nem tisztázott annak tartalma. Több nemzetközi szervezet, mint az International Academy of Astronautics (IAA) vagy az International Telecommunication Union (ITU), de akár az egyes országok

¹⁹ Don Kessler. International Association for the advancement of space safety.

nemzeti felfogása is kísérletet tesz a definíció megalkotására, azonban egységes meghatározás továbbra sem jelenik meg. Talán a leginkább a lényegyet megragadó megfogalmazást Yvon Henri, az ENSZ Nemzetközi Távközlési Egyesület (*International Telecommunication Union*, ITU)²⁰ vezetője adja: „Az STM (Space Traffic Management) magában foglalja a belépést, a működést és a visszatérést a külső térből, elkerülve minden zavaró akadályt.”²¹

Mivel egységes szabályozás nincs, és az egyes államok leginkább a nemzetközi szervek és az Amerikai Egyesült Államok szabályozását veszik át, nézzük mit is foglal magában az STM, milyen irányban kell gondolkodnunk, ha be akarjuk vezetni.

A különböző fogalmakból kiindulva elmondhatjuk, hogy valamennyi ország és nemzetközi szervezet egyetért abban, hogy az STM egy biztonságos utazást jelent a külső tér felé, ahol az ember épségben tudja feladatát elvégezni, és jelentős sérelem nélkül vissza is tud térni a felbocsátó helyére, anélkül, hogy aggódnia kellene a külső környezeti hatásoktól, más égitestekkel, űrhulladékkal való komoly találkozástól, illetve minden egyéb, az életet, sérülést veszélyeztető tényező visszafordíthatatlan felmerülésétől. Ennek érdekében szükséges a jogi és mérnöki szabályozás megalkotása, amely alapján a részt vevő országok egységes szabályozást és technikai kialakítást fogadnak el, lecsökkentve a testi épség, valamint a felbocsátott eszközök károsodásának lehetőségét.

A vizsgálandó szabályozások (kiemelve a mérőföldköveket, természetesen a felsorolás nem taxatív és teljes körű) az alábbiak: 1. USA Space Policy Directive 3; 2. IADC Space Debris Mitigation Guidelines; 3. PMD; 4. ISO 24113.

7. USA Space Policy Directive 3

Az Amerikai Egyesült Államok STM-modellje a legfejlettebb, következik ez az űrutatás terén vállalt vezető szerepéből is. Az STM-terület terén legjellemzőbb áttörést a 2018 júniusában kibocsátott USA Space Policy Directive – 3²² irányelv jelentett, amelyben már közvetlenül az STM mint a biztonságos közlekedés megjelenése látható. Ennek alapján az USA fő feladatának tekinti, hogy – a vezető szerep megtartása mellett – az elért technikai és egyéb vívmányokat felhasználják, és az űrutatásból elért eredményeket elérhetővé tegyék az állami szektor mellett a magáncégek számára is. Az USA STM-rendszere magában foglalja a Space Situational Awareness (űrbéli tárgyak elhelyezkedésének megfigyelése, SSA) és a Space Surveillance and Tracking (űrfelügyelet és nyomkövetés, SST) rendszert, amelyek a műholdakról és egyéb tárgyakról a külső térben rögzítenek adatokat, valamint folyamatosan figyelik a térből jövő környezeti hatásokat és a Föld körül keringő tárgyakat, rádióhullámokat.

Mindamellet az irányelv célja, hogy csökkentse az űrhulladék által okozott károkat, illetve az információ összegyűjtésével az USA jobb pozícióban legyen a más országokkal történő adatmegosztás területén, fejlesztve a minőségi elvárásokat

²⁰ Az ENSZ Nemzetközi Távközlési Egyesület honlapja.

²¹ Yvon Henri: *Frequency Management and Space Traffic Management*. International Telecommunication Union Space Law Symposium, 2015.

²² *Space Policy Directive 3*. The White House Presidential Memoranda.

az űreszközökkel szemben és a jogi szabályozás egyértelműbbé tételét, valamint a kormányzati és magánprojektek, -szolgáltatások összekapcsolását.

A fentiek megvalósítása nemcsak az USA, hanem valamennyi ország és magáncég részéről rejt kockázatot, mivel a megállapodások ellenére mindenki félti a tudományos eredményeit, valamint egyes ázsiai országok agresszív fellépése nem engedi, hogy az adatáramlás teljesen szabad legyen.

8. IADC Space Debris Mitigation Guidelines

Az Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC)²³ által 2007-ben kiadott IADC Space Debris Mitigation Guidelines nem kötelező erejű, mivel ez csak inkább egy ajánlás a 13 űrügynökséget²⁴ tömörítő szervezettől. Azonban bármely szervezetnek, országnak kiindulópontot jelenthet a saját szabályozásának megalkotásában, mint ahogy számos azóta ezen irányelven alapuló intézkedés megszületett. Valójában még az USA szabályozási eljárását is megelőzte az irányelv, azonban annak javaslati jellege akkor sem engedi, hogy felsőbb szabályozási, akár jogszabályi, nemzetközi megállapodásnak tekintsük. Az irányelv fő célja, hogy a legszükségesebb mértékben bocsájtunk fel eszközöket, majd ezek az eszközök, ahogy feladatukat ellátták, kerüljenek vissza a felbocsátó országba, egyúttal megakadályozva, hogy a Föld körüli pályán bármilyen oknál fogva is szétszóródjanak.

Az irányelv mindamelllett, hogy meghatározza az űrkutatás egyes alapfogalmait, kutatási szintjeit, fő alkalmazását abban látja, hogy meghúzza az űrutazás kereteit és elvégzendő feladatokat hagyományozzon arra, aki erre gazdaságilag, technikailag, akarati szinten képes és eredményes. Az űrutazás megtervezése mellett a felbocsátó országoknak külön javasolja az űreszközök technikai felépítésének összehangolását, különböző standard megoldások felállítását, amellyel alapot teremt további szervezeteknek, hogy komolyan foglalkozzanak a felbocsátott eszközök anyagainak és életpályájuknak a meghatározásával, teret engedve egyes újító műszaki megoldásoknak. Elsőként összegzi a tárgyak élettartamára vonatkozó 25 éves időtartamot, amelyet követően minden eszközt ártalmatlanítani szükséges, nehogy anyagi vagy személyi károkat okozzon a külső térben vagy a Föld légkörébe történő visszatérésekor.

A fenti IADC-irányelv teremtette meg talán a nemzetközi szakma részéről azt az odafigyelést, amelyre minden kutatás és fejlesztést végző szervezet hivatkozhat. Jelenleg a legtöbb űrhulladék – amely a legveszélyesebb az űrutazás számára – a LEO 600-800 km²⁵ magasságban található, így a korábban jelzett jogszabályok alkalmazhatósága itt érvényesülhetne a legjobban.

²³ IADC Debris Mitigation Guidelines. (2007) i. m.

²⁴ Olaszország, ASI (Agenzia Spaziale Italiana); Franciaország, CNES (Centre National d'Etudes Spatiales); Kína, CNSA (China National Space Administration); Kanada, CSA (Canadian Space Agency); Németország, DLR (German Aerospace Center); Európai Űrügynökség, ESA (European Space Agency); India, ISRO (Indian Space Research Organisation); Japán, JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency); Dél-Korea, KARI (Korea Aerospace Research Institute); USA, NASA (National Aeronautics and Space Administration); Oroszország, ROSCOSMOS (State Space Corporation „ROSCOSMOS”); Ukrajna, SSAU (State Space Agency of Ukraine); Anglia, UKSA (United Kingdom Space Agency).

²⁵ ESA's Annual Space Environment Report. ESA European Space Operation Centre, 2019.

9. Post-Mission Disposal

Az International Academy of Astronautics a 2019-es évben kibocsátotta a *PMD – Post-Mission Disposal* nevű kézikönyvét, amelyben az űreszközök küldetés utáni ártalmatlanításáról ad információkat, feladatokat. De mielőtt továbbmennénk, először nézzük meg mi is az a Post-Mission Disposal. A kézikönyv szerint azon stratégia alkalmazása az űreszköz, műhold esetében, amelynek segítségével lecsökkenthetjük a Föld körüli pályán töltött időt, miután a küldetését az adott eszköz már befejezte. Ennek több oka is van. A bevezetésben felvázoltam az egyes légkörök kiterjedését, amelyek most kapnak jelentőséget. Ugyanis minden egyes, a külső térben lévő tárgy háromféleképpen végezheti: kering a pályáján, ütközés áldozata lesz, vagy visszatér a Föld légköréhez, amellyel találkozva egyre több kémiai anyaggal találkozik és elég. Persze, ha elég, ugyanis a titán, az üveg nem olyan könnyen olvad fel. Ezért az űreszközök egyes részei túljuthatnak a légkörön, nekicsapódva egy repülőgépnak vagy lejjebb, egy háznak.

Természetesen a fenti sorsok egyike sem megfelelő számunkra, az űreszközök nem maradhatnak felügyelet nélkül. Erre több mérnöki megoldást is lehet találni, amelynek jogszabályi alapjait a fentebb írt szabályozások már megteremtették. Leegyszerűsítve és kizárólag mint jogi megoldás, a legjobb, ha az űreszközt magát visszahozzuk a Földre, azaz tudjuk irányítani. Erre azonban külön meghajtóval kell rendelkezzen minden egyes űreszköz. Gondolhatjuk, hogy ez nem kivitelezhető minden egyes esetben, hiszen a manőverezésre képes meghajtó növeli az eszköz tömegét és méretét, amely egy mikroszatellitnél megengedhetetlen. A mérnöki találékonyság határától azonban nem kell félnünk, egyre jobb eszközöket találnak fel. Az űrhulladék nagy száma és a külső tér környezeti, természeti hatásai azonban mind befolyásolják, vagyis inkább nehezítik az eszköz manőverezését. A napkitörések, a surlódás növekedése is hat az eszközre.

10. ISO 24113 szabvány

Az International Organization for Standardization (ISO) 24113 számú szabványa ma már elvezetett több olyan megoldáshoz, amely azt vizsgálja, hogy milyen anyagból kellene készüljön az eszköz, hogy visszairányításakor biztosan elégjen a légkörben, valamint ütközéskor milyen legkisebb további problémát okozhat. Egyre több standard megoldás létezik, amelyet az egyes űrügynökségek ugyan fokozatosan, de folyamatosan vesznek át. Mindemellett számos szoftver is segít mérni, kiszámolni az egyes felbocsátott űreszközök ütközési pályáját, esetleges élettartamát, illetve hogy az akadályok ellenére milyen is lehet a túlélési statisztika.

11. Összegzés

A fent kiválasztott szabályozások természetesen nem teljeselek, és nélkülözik az egyes országok speciális megoldásait. 2010-től kezdve egyre több ország foglalkozik a területéről indított vagy az ott esetlegesen előforduló űrtevékenységgel, de egyelőre még az európai integritás ezen a téren szabályozatlan. Maga az STM egy komplex rendszer,

és talán egy ország számára nem is teljesen értelmezhető más országok közreműködése nélkül. Természetesen az olyan országok, amelyek képesek az űrutazás valamennyi lépését önállóan megtenni (USA, Oroszország, Kína, India, European Space Agency [ESA, Európai Űrügynökség], Japán) sem tudnak önállóan eljárni egy esetleges nem kívánt eseményt követően, hiszen a Föld kiterjedéséből adódóan bárhol bekövetkezhet a károközás.

Véleményem szerint erre csak az ENSZ képes, azonban maga a szervezet egyéb feladatai nehézkes ellátása miatt nem teljesen tisztelt. Az Európai Űrügynökségben van talán meg az a többoldalú kapcsolatrendszer, amely valójában behálózhatná a világot, de az angolszáz országokkal ahhoz együtt kell működjön. Csak egy ilyen nemzetek feletti/szupranacionális szervezet képes ezt a szintű feladatot megoldani.

A fenti áttekintés alapján remélhetőleg a következő időszak legtermékenyebb területét lesz szerencsém nagyító alá venni, valamint a téma érdekessége és mindent átfogó jellege végre megismerteti és érdekessé teszi minden ember számára az igazi 3D élményét.

Felhasznált irodalom

Agreement on the Rescue of Astronauts, the Return of Astronauts and the Return of Objects Launched into Outer Space. UNOOSA, 1967. Elérhető: www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introrescueagreement.html (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)

Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies. UNOOSA, 1979. Elérhető: www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)

A Handbook for Post-Mission Disposal of Satellites Less Than 100 kg. Franciaország, International Academy of Astronautics, 2009.

Az egész űrtörténelem számokban, egy ábrán. Urvilag.hu, 2011. Elérhető: www.urvilag.hu/a_honap_szama/20110902_az_egesz_urtortenelem_szamokban_egy_abran (A letöltés dátuma: 2020. 03. 18.)

Az ENSZ Nemzetközi Távközlési Egyesület honlapja. Elérhető: www.itu.int/en/Pages/default.aspx (A letöltés dátuma: 2020. 04. 16.)

Both Előd: *A világűr határa.* Urvilag.hu, 2018. Elérhető: www.urvilag.hu/velemenyek/20180912_a_vilagur_hatara (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)

Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects. UNOOSA, 1971. Elérhető: www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introliability-convention.html (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)

Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space. UNOOSA, 1974. Elérhető: www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introregistration-convention.html (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)

Don Kessler. International Association for the advancement of space safety. Elérhető: <http://iaass.space-safety.org/awards/jerome-lederer-space-safety-pioneer-award/space-safety-pioneer-award-hall-of-fame/kessler-biography/> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 28.)

- ESA's Annual Space Environment Report.* ESA European Space Operation Centre, 2019. Elérhető: www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 03. 15.)
- ESPI Report 71. Towards a European Approach to Space Traffic Management.* European Space Policy Institute, 2020. Elérhető: <https://espi.or.at/publications/espi-public-reports/category/2-public-espi-reports> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 28.)
- IADC Debris Mitigation Guidelines.* UNOOSA Inter-agency Space Debris Coordination Committee, 2007. Elérhető: www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/IADC-2002-01-IADC-Space_Debris-Guidelines-Revision1.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 03.18.)
- Légköröptikai jelenségek.* Legkoroptika.hu. Elérhető: <http://legkoroptika.hu/alegkor-felepitese> (A letöltés dátuma: 2020. 05. 06.)
- Nem maradhatunk mindig a bölcsőben – Ciolkovszkij évforduló van!* Világtudomány. Elérhető: [www.vilagtudomany.hu/index.php?data\[mid\]=7&data\[id\]=1331&-nem-maradhatunk-mindig-bolcs337ben--ciolkovszkij-evfordul-van](http://www.vilagtudomany.hu/index.php?data[mid]=7&data[id]=1331&-nem-maradhatunk-mindig-bolcs337ben--ciolkovszkij-evfordul-van) (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)
- New Mexico Museum of Space History.* Elérhető: www.nmspacemuseum.org/halloffame/detail.php?id=27 (A letöltés dátuma: 2020. 04. 29.)
- Satellites by countries and organizations.* N2YO.com. Elérhető: www.n2yo.com/satellites/?c=&t=country (A letöltés dátuma: 2020. 03. 18.)
- Space debris by the numbers.* European Space Agency. Elérhető: www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers (A letöltés dátuma: 2020. 03. 24.)
- Space Policy Directive 3.* The White House Presidential Memoranda. Elérhető: www.whitehouse.gov/presidential-actions/space-policy-directive-3-national-space-traffic-management-policy/ (A letöltés dátuma: 2020. 03. 13.)
- Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies.* UNOOSA, 1966. Elérhető: www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html (A letöltés dátuma: 2020. 03. 23.)
- UCS Satellite Database.* Union of Concerned Scientists, 2005. Elérhető: www.ucsusa.org/resources/satellite-database (A letöltés dátuma: 2020. 03. 24.)
- Yvon Henri: *Frequency Management and Space Traffic Management.* International Telecommunication Union Space Law Symposium, 2015. Elérhető: www.unoosa.org/pdf/pres/lsc2015/symp-04.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 03. 30.)