

Az űrtevékenység helyzete és trendje napjainkban (2. rész)

FERENCZ CSABA

Eötvös Lóránd Tudományegyetem
csaba@sas.elte.hu

Kulcsszavak: űrkutatás, jövőkutatás, világtűr és társadalom, űrhírközlés, globális helymeghatározás, távérzékelés, űrparancsnokság

Mintegy évtizedenként érdemes áttekinteni az űrtevékenység helyzetét és várható irányait, a meghatározónak tűnő trendeket. Ebben a tanulmányban – amely negyedik a sorban – ezt kíséreltem meg, felmérve a terület aktuális nemzetközi helyzetét és várható változásait, valamint röviden áttekintve annak hazai alakulását. Az űrtevékenység mai és jövőbeni fontosságát jól meg tudjuk érteni, ha elgondoljuk csak egyetlen napunkat az életünket folyamatosan kiszolgáló űrrendszerek és az űrtevékenység termékei nélkül; ahogyan azt az Európai Űrügynökség (European Space Agency, azaz ESA), valamint az űrkutatás legrégebbi nemzetközi szervezete, a COSPAR megfogalmazta: „One day without space” – „Egy nap űrtevékenység nélkül”. Civilizációnk kiküszöbölhetetlenül függ az űrtevékenységtől, az már létének előfeltétele.

Mottó: „Törvény az, ami alól nincs kivétel.”

(Isaac Newton)

3. Az űrtevékenység szerveződése, űripar, új technológiák

Az előző helyzetképben [3] vázolt szervezési és ipari-gazdasági változások, átalakulások az elmúlt évtizedben érdemben megtörténtek. Így ma már egy átalakult világban találjuk magunkat. Az átalakulás komplex, a munka nemzetközi-nemzeti szervezésétől kezdve a tényleges űrtechnikai és űripari kapacitások területi eloszlásáig és működési, működtetési megbízhatóságáig.

3.1 Az űrtevékenység szerveződése

Az űrtevékenység különféle nemzeti és nemzetközi szervezeti struktúrája az elmúlt időben – hazánkat kivéve most ebből – stabilnak mutatkozott. A mégis lezajlott és továbbra is folyamatban lévő nagy átalakulást nem szervezeti-szerveződési változások, hanem újabb űrtevékenységben aktív szereplők feltűnése okozza.

Így a globális együttműködés formális szervezete továbbra is az ENSZ vonatkozó albizottsága, a COPUOS, amelyben hazánk is tag, s mint mindenki másnak nekünk is aktív szerepet kellene játszani. Az ENSZ ezirányú működésének a korlátai sem változtak érdemben, s azok azonosak az ENSZ egész működésében meglévő elvi illetve a nemzetközi erőviszonyoktól függő és a mindenkori csoportosulásokból adódó korlátokkal.

A szervezeti/szerveződési formákat illetően a meghatározó tényező ma is a nemzeti, pontosabban a központi állami irányítás alatt folyó munkaszervezés. Ennek felépítése a szervezeti formát illetően nem változott. Azonban meg kell említeni, hogy jelenleg az USA-ban elkezdődött egy kormányzati vita, vizsgálat, amely a közvetlenül az ország kormánya és kongresszusa alá rendelt, központi állami NASA helyett valamiféle „privat-

tizált” űrirányítást képzel el. Ez ütközik az elmúlt ötven év bevált, eredményes űrtevékenység irányítási modelljével. Ha megcsinálják, akkor az űrrepülés terén már megkezdődött lemaradásuk kiterjedhet a teljes űrtevékenységre is. Természetesen az effajta folyamatok természete szerint kezdetben a leépülés lassú, alig észrevehető lesz majd. Ez egy jövőbeni bizonytalansági tényező, de egyelőre a folyamat még nem indult el, s még elkerülhető. Oroszországban a bevált irányítási forma működik (RSA) csakúgy, mint Indiában, Kínában, Japánban, az európai együttműködés (ESA) tagállamaiban is nemzeti szinten, pl. Franciaországban a CNES vagy Németországban a DLR, s a többi, az űrtevékenységben egyre aktívabb nagyobb vagy éppen kis méretű országban is.

Ami azonban a szervezeti formák változatlansága mellett mégis nagy és minőségi változást jelent, az két részből tevődik össze. Egyrészt az európai együttműködésben az Európai Űrügynökség (ESA) nagymúltú és eredményes működése mellett a mintegy félmilliárdos lélekszámú Európai Unió (EU) is önálló űrpolitikával kapcsolódott be az űrtevékenységbe. Az eredményesség növelése érdekében – mivel nem minden EU tag ESA tag még e pillanatban, s nem minden ESA tag tagja az EU-nak – az EU együttműködési tárgyalásokat kezdett az ESA-val, s mára kirajzolódtak a folyamatos ESA-EU összehangolt űrtevékenységi működés körvonalai. (Elvben nem zárható ki, hogy hosszú távon az ESA lesz az EU űrkutatási és fejlesztési bázisa, úgymond a K+F és szolgáltatási célok fő kivitelezője, míg az alkalmazások kiterjedt és hatékony megvalósítását a teljeskörű űrtevékenység megvalósításával és irányításával együtt az EU közvetlenül végzi majd. Az bizonyos, hogy gyorsan növekvő EU űrtevékenységgel és egyre szorosabb EU-ESA kooperációval kell számolni már a következő években is.) Ez a folyamat már érdemben átrajzolja a korábban megszokott űraktivitási képet. Másrészt e mellett

az űraktivitási képet szintén igen nagy mértékben megváltoztatta és változtatja még az a tény, hogy az elmúlt évtizedben több ország is képessé vált űreszközök, alapvetően műholdak űrbe juttatására, illetve e folyamat szerves részeként megváltozott az egyes űrben aktív országok tudományos, technikai, szakmai súlya a globális űrtevékenységben. India és Kína bekerült az „űrnagyhatalmak” közé, s elsősorban a társadalmi, gazdasági, civilizációs problémáik űrtechnikát is használó megoldása a fő cél. Ez persze törvényszerűen olyan fejlődést eredményezett, amivel az űrkutatás és az űrrepülés területén is beérték a „nagyokat”. Kína ma Oroszország mellett a második hatalom, amelyik saját űrrepülési képességgel rendelkezik. (Ne feledjük, hogy az USA az űrrepülőgépek mostani leállításával e képességét ténylegesen elveszti, s ezen nem változtat, hogy képes lenne űrrepülésre, megvan a szükséges tudásuk és technológiájuk, csak mindez nem jelent indítható űrhajót mondjuk Cape Canaverelen, a Kennedy Űrközpontban.)

A kínai űrtevékenység sajátos aspektusa a nagyfokú elkülönülés a nemzetközi együttműködéstől. Kína ugyanis résztvesz a nemzetközi együttműködésben, de csak oly mértékben, amiből a szükséges tudásbeli és gazdasági hasznuk elérhető, de alapvetően, a fő programjaikban teljesen önállóak. E sajátos helyzetet árnyalja, hogy igen intenzív, a világűrre is kiterjedő katonai fejlesztést hajtanak végre hosszú ideje, miközben nincs semmiféle látható, Kínát veszélyeztető fenyegetés világunkban. Ugyanakkor India az amerikai-orosz-európai űregyüttműködésbe sokkal szorosabban integrálódva és az együttműködést kiemelten kezelve a mindenkitől független űrhajózási képesség demonstrációját a hasznosítási programok mögé sorolta, de képesek rá. Japán szintén nagy önálló missziók megvalósítására képes és azokat meg is valósító űrhatalommá vált.

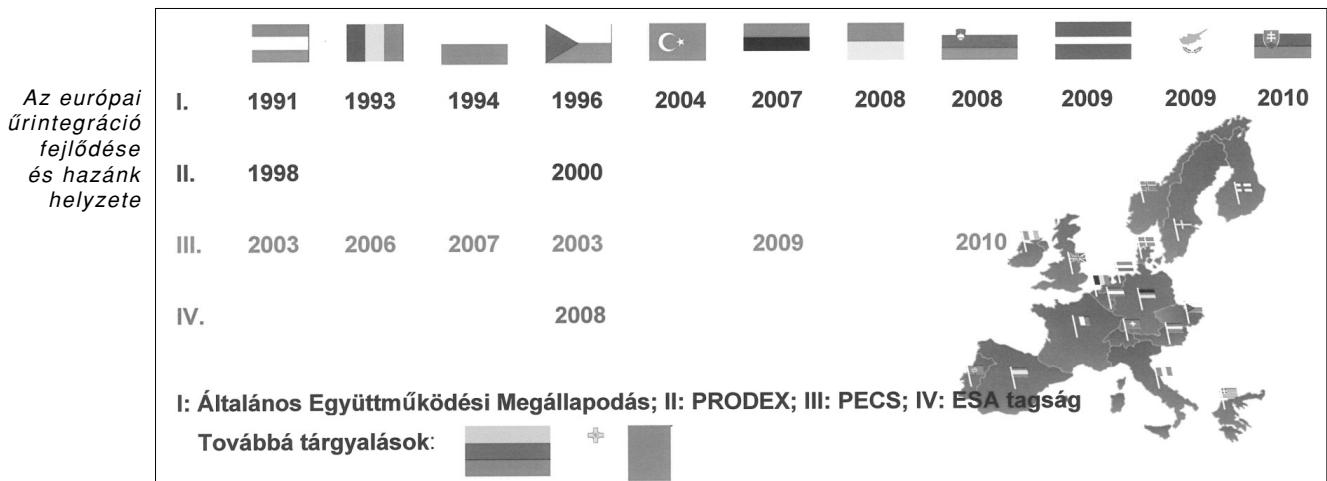
E nagy átrendeződést tovább gyorsítja kisebb, eddig önálló űreszköz felbocsátási képességgel nem rendelkező országok önálló szereplőként megjelenése az űrkutatásban. Így ma már önállóan képes műholdat a világűrbe juttatni Észak-Korea, és Izrael mellett az iszlám világ két állama, Irán és Pakisztán. E képesség megléte és terjedése befolyásolja a civilizáció globális stabilitását is, mert jellemzően nem egy szerves és szoros

nemzetközi kooperáció részeként születtek és születnek meg, hanem elzárkózóan, katonai-hatalmi elképzelések részeként.

Az űrtevékenység átalakulásának fontos és minket, magyarokat is érintő része az európai integráció előrehaladásához kapcsolódik. Az EU bővítésétől – 10+2 új EU tagország – el nem választhatóan az ESA is elindította a saját bővítési folyamatát. Ennek alapját az Interkozmosz de facto megszűnése és az átrendeződött Közép- és Kelet-Európa országainak ESA iránti érdeklődése adta meg. Mivel ezen országok az Interkozmosz keretein belül érdemi űrtechnikai és űrkutatási tudásra és tapasztalatra tettek szert, ennek a befogadása az ESA-t is gazdagítja, míg az ESA-n belül, teljes jogú tagként ezek az országok folytathatják a nekik is fontos űrtevékenységüket.

Azonban az ESA teljesen más felépítésű, mint az Interkozmosz volt. Az ESA a tagországok űriparára és azon belül az űripari cégek versengésére épít a programok megvalósításában és az űrrendszerek gyakorlati hasznosításában, s a teljes földi űrtevékenységi infrastruktúrát (starthelyek, követő állomások, adatvétel, adatszétosztás, riasztás, földi űreszköz integrációs központok stb.) a tagok közösen tartják fenn. Utóbbit az Interkozmoszban a volt Szovjetunió biztosította, lévén teljes, önálló rendszere; egyszerűen csak megengedte, hogy a „kicsik” is használják, de csak az ő irányításuk alatt stb. Ugyanakkor az Interkozmosz keretén belül nem jött és nem is jöhetett létre a „kicsiknél” űripar, mert ez részben ütközött az úgynevezett szocialista társadalmi berendezkedési elképzelésekkel, részben nem felelt meg a szovjet hatalmi elképzeléseknek, ha a területükön kívül is létezik érdemi, önálló űripar a „béketáborban”. Ezért első lépésként a szocialista világrendszer összeomlása után az EU csatlakozásra még csak készülni kezdő államok külön-külön együttműködési megállapodásokat írtak alá az ESA-val, jelezve egyben, hogy ez csak az első lépés.

Elsőként ilyen megállapodást Magyarország írt alá az ESA-val még 1991-ben, mintegy az Interkozmoszban megvolt vezető szerepünk folytatásaként, hiszen a volt NDK Németország részeként automatikusan ESA-tag is lett. A szándékokról tájékozódva és annak ismeretében az ESA felmérte, hogy milyen átalakulásra és elsősor-



ban ipari és technológiai fejlődésre van szükség az ESA iránt érdeklődő országokban. Az előbb vázolt szerkezeti eltérések miatt két fontos teendő vált ismertté: a csatlakozni szándékozó országoknak elő kell tudni teremteni a közös infrastruktúra fenntartásához és fejlesztéséhez szükséges hozzájárulásukat, valamint az aktív űrtevékenységben részvételükhöz szükséges anyagiakat, amelyek nélkül persze a tudományos, gyakorlati és gazdasági-pénzügyi haszonból sem lehet részesülni. Ezen túlmenően létre kell hozni ezekben az országokban a versenyképes és gazdaságilag nyereséges űriparat.

E két feltétel teljesüléséhez több lépcsős csatlakozási folyamatot dolgoztak ki. Közbülső állapotként az ESA a tudományos műszerfejlesztést segítő PRODEX programot indított, amelyben a korábban is megvolt tudományos kapacitásaik segítségével az érdeklődő országok kutatói és űrbeli műszer-fejlesztői az ESA egyes tudományos célú programjaiba be tudtak kapcsolódni. E programhoz is Magyarország csatlakozott elsőként, 1998-ban. 1999-ben elkezdve az ESA kidolgozta a teljes jogú tagságig vezető felzárkózási folyamat jogi kereteit, az European Co-operating State (ECS) jogi formuláját és az ezt végrehajtó programot (PECS). Ehhez is elsőként hazánk csatlakozott a már az ESA együttműködéseken is elért eredményeire támaszkodva, 2003-ban.

A PECS feladata az, hogy néhány év alatt a nemzeti szervezeti-irányítási formájukban már ESA-konformnak feltételezett, a PECS-ben résztvevő országokban szüleszen meg a versenyképes űripar, ezen országok kutatói és fejlesztői, valamint a létrejött űripari cégei és eredményes kutatóhelyei pedig egyrészt váljanak ismertté az ESA korábbi közössége előtt, élő kapcsolatokkal is, miközben ők maguk megismerik az ESA működését és ahhoz tudnak alkalmazkodni, majd bekapcsolódni a különböző előkészítési, javaslattevési, döntéshozatali, kivitelezési és ellenőrzési folyamatokba is. A régióból e fázis gyors bejárásával elsőként Csehország lett az ESA teljes jogú tagja, 2009-ben, élvezve annak minden előnyét is. (Magyarország fejlődése a megfelelő kormányzati döntések elmaradása miatt, mint a teljes K+F területén egészében is, az űrtevékenységben is megállt, visszaesett. Románia teljes jogú taggá válása viszont folyamatban van, s további országok is jól haladnak.) E bővüléssel az ESA (és az EU) a világ három legnagyobb és legerősebb űrhatalma egyikévé válhat, ami többek között a civilizáció globális stabilitása biztosításához is fontos változás.

3.2 Az űripar

Az előző helyzetképben [3] bemutatott állapot és folyamatok következtében mára az űripar nemcsak a világgazdaság és a nemzeti gazdaságok fontos, nagy hozzáadott értéket produkáló és nagy hozamú része lett, hanem a repülőiparral a születése óta meglévő összefonódottsága napjainkra teljes integrálódottsággá vált.

A világgazdaságban ezért a repülő- és űripar („aerospace”-ipar, „aerospace”-tevékenység stb.) jelent egyetlen gazdasági és technológiai, jellemzően nagyon fejlett technológiai, azaz angol szóval „high-tech” egységet. Az országok és régiók lehetőségeit és várható fejlődé-

sét a repülő- és űripar ottani állapotán lehet lemérni. Ez általában köztudott a gazdasági és állami irányítók és döntéshozók köreiben, kivéve a lemaradó országokat. (Figyelemre méltó „beteg ló” példa erre sajnos éppen Magyarország, ahol Antall József ezt még pontosan tudta, s mind államigazgatási-szervezeti, mind támogatási-költségvetési szinten a döntéseinél alkalmazta és alkalmaztatta. Ezzel szemben az utóbbi években a döntéshozói szinteken hazánkban ez a tudás majdnem teljes egészében elenyészett, a döntéshozók ma nem is tudják, hogy ilyesmi létezik, nemhogy a szerepét és fontosságát értenék. Magyarország állapota ezzel igen jó korrelációt mutat.) A világ mérvadó államai és államszövetségei csakúgy, mint a feltörekvő gazdaságok és fejlődni kívánó társadalmak a repülő- és űripar súlyának megfelelően kezelik. Már nem egy a gazdaság területei között, hanem az egyik kiemelten fontos terület.

Az űripar az első években (1957-65) sajátos és a költségvetési pénzeket kizárólag fogyasztó területként jelent meg. Ez a társadalmi közteherviselési инвестиáció azonban nagyon gyorsan meghozta a gyümölcsét, s a '60-as évek közepétől kezdve megjelent az önálló űripar, vagy teljesen önálló cégekként (pl. Comsat), vagy repülési, vegyi illetve elektronikai cégek önálló részeként. A folyamat gyorsan haladt előre és a XX. század végére az űripar – akkor már egyre inkább repülő- és űripar formát öltve – érdemi gazdasági tényezővé vált, amelyikben az űrhírközlési terület volt a meghatározó [3]. (Ez nem meglepő, hiszen az űripar megszületése is először az űrhírközlés területén ment végbe, a Comsat is távközlési műholdakat fejlesztő és gyártó cég eredetileg.)

Mára a repülő- és űripar hatalmas és összetett ipari-gazdasági terület. Magába foglalja a hordozóeszközök (rakéták) gyártását, integrálását, felbocsátását, a földi űr-infrastruktúra (követőrendszerek, adatvevő rendszerek, irányító rendszerek, adatarchíváló és szétosztó rendszerek; űreszköz integráló, ellenőrző és minősítő rendszerek, központok; start- és leszálló helyek és kiszolgálásuk stb.) létrehozását, fenntartását és az itt szükséges rendszerek fejlesztését és gyártását, továbbá a különféle űreszközök fejlesztését, gyártását, valamint az e téren szükséges új technológiák kutatását. Utóbbi tartalmazza az egyre inkább szabványosodó műholdak fejlesztését és gyártását, beleértve a nagyméretű, sok feladatot ellátó műholdakat is és a speciális feladatok ellátására kialakított kis (mini- és mikro, sőt piko-) műholdakat, sok műholdból álló műholdrendszereket, a szolgáltató űrrendszerek műholdjaitól kezdve a speciális űrszondákig (bolygóközi összetett missziók szondái, valamely másik bolygó vizsgálatára készülő űrszondáig, különleges kutatási feladatra készülő űreszközökig), valamint az ezek illetve elődeik küldetéséből kirajzolódott ismételt is szükséges űrbeli műszertípusoktól az egyedi műszerekig, érzékelőkig mindent. Ugyanakkor a mindig jelentkező teljesen új kutatási-mérési feladatok megoldásánál az egyetemek és kutató intézetek műszerfejlesztési és egyedi gyártási feladatai megmaradtak, változatlanul szükségesek; bár e téren is jellemző

e K+F helyek és az űripari egységek növekvő mértékű kooperációja, az e munkák elvégzésére vonatkozó, egyre jellemzőbb integrációja. A szolgáltató űrrendszerek, azaz a műholdas szolgáltatások (űrhírközlés, helymeghatározás-navigáció, műholdas Föld-figyelés, meteorológia, térképészet, katasztrófa-jelzés/riasztás, mentés, forgalomirányítás stb.) növekvő társadalmi szerepe és fontossága miatt nem zárható ki, hogy a nem távoli jövőben az űripar ezen területe elválik a szintén óriási fejlesztés-gyártás-üzemeltetési résztől és önálló űrszolgáltatási egységként jelenik meg a világgazdaságban és a nemzeti/szövetségi gazdaságokban. Erre utaló jelek már látszanak, de az emberi társadalom pillanatnyi állapota miatt az élet szolgáltatáshoz szükséges átalakulások nem kezdődtek el, így ez a szétválás sem indult még meg.

Mivel az űrkutatás két kezdeti nagyhatalma a Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok volt, ezért az úgynevezett szocialista tábor, azaz szovjet blokk XX. század végi bukása és megsemmisülése alapvető átalakulást hozott az űriparban is. Addig ugyanis az űripar az egyes különálló államszövetségek, államok között érdemi kapcsolatokkal nem rendelkezett hatalmi-biztonsági megfontolások konzekvens érvényesítése miatt. E határok eltűnésével és a volt szovjet blokk területén kialakult válság-tranziens hatására a hajdan volt két nagy tábor űripara először csak kapcsolatba lépett, majd szorososan együttműködni kezdett. Csak egy kiragadott példaként említem, hogy az USA Atlas-V hordozórakétája hajtóműveit, mivel a Rocketdyne cég nem fektetett elegendő tőkét a fejlesztésbe és nem vette észre az új piaci ár-konkurrencia megjelenését, ma orosz cég szállítja kiváló minőségben.

E folyamat erősödik, s egészséges társadalmi fejlődés esetén legalábbis az északi ipari övezetre (USA, EU, Oroszország, Japán, Kanada) kiterjedő űripari integráció alakul ki. Érdemi jelek utalnak arra, hogy e folyamathoz más régiók is csatlakoznak (India, Izrael, Brazília, Ausztrália, Új-Zéland, Dél-Afrika stb.). Ez a gazdasági folyamat elsöpörheti a mai szeparálódást akaró hatalmi ambíciókat, vagy a szeparálódást akaró hatalmi központok és országaik többé-kevésbé kirekesztődnek a globális együttműködésből. A jelenlegi globális társadalmi helyzet nagy instabilitása persze jelentős, akár katasztrófális változásokat is hozhat, ami természetesen az úgynevezett normális változások esetére adott trendet alapvetően megváltoztathatja.

Az űripar területén a hordozóeszközök fejlesztésére és gyártására külön is érdemes figyelni. Az is fontos, hogy – mint előbb láttuk – ma már sok ország rendelkezik önálló műhold felbocsátási kapacitással, megfelelő hordozórakétával. E képesség megléte viszont az űripar ehhez szükséges fontos és kiterjedt részének meglétét jelenti az adott országokban, illetve állam-szövetségben (EU/ESA). Mivel több olyan ország is van, amelyik a szükséges szállítási képességgel nem rendelkezik, de önállóan képes űreszköz gyártására és űrbeli üzemeltetésére, illetve a nagy űrszolgáltatási rendszerek üzemeltetése a leálló illetve meghibásodó műhol-

dak miatt azok folyamatos (azonos vagy fejlettebb műholddal) pótlását kívánja meg, s e szolgáltató rendszerek üzeme legtöbbször nem állami/államszövetségi feladat, a nagy űrszállítási kapacitással rendelkező államok mások/megrendelők műholdjait megfelelő díjért előírt, kért pályára viszik fel az űrbe. Korábban ez eseti együttműködés keretében történt. De mára gyorsan növekvő szállítói piaccá vált, amelyből a legnagyobb részt jelenleg Oroszország és Kína birtokolja. Várható e piacon India szerepének növekedése is, s természetesen érdemi szereplők az ESA és a NASA mellett az észak-amerikai e területre betörő magáncégek is. Új piaci jelenség az „űrturisták” szállítása is, amely téren az igény növekszik. Ma azonban valódi űrutazási és nemcsak egy pár perces űrigrási lehetőséget egyedül Oroszország kínál a Nemzetközi Űrállomáshoz (ISS) induló űrhajóin időnként fennmaradó szabad férőhely eladásával. (Így nyílt mód arra is, hogy sok év után újra egy magyar repülhessen a világűrbe, ifj. Simonyi Károly, azaz Charles Simonyi aki – bár maga fizette két utazása költségeit – jól képzett K+F szakember, repülése hasznos is volt a magyar űrkutatásnak, s nem valódi turista.)

Változatlanul fontos ezért a nagy hordozórakéták fejlesztése és gyártása, amely téren intenzív munka folyik Oroszországban, az USA-ban, Kínában, az ESA-nál, Indiában, Japánban, s aminek eredményeként a különféle tömegigényű startokhoz igazodva hordozórakéta családok alakultak ki. A legrendezetlenebb fejlesztési munka e téren az USA-ban folyik, ahol részben a kormányzati változások okozta zavarok, részben a különböző cégek össze nem hangolt munkája következtében még hordozóeszköz-hiány is fellépett mára. Az USA – mint jeleztük – az űrrepülőgépek leállítását után egy ideig ezért nem lesz képes embert felbocsájtani az űrbe. Ezért ma nagyon feszített tempójú nagyrakéta fejlesztés folyik (az ARES rakéta fejlesztése az Orion űrhajó szállításához), azonban ezt a munkát is zavarja a jelen helyzetben is a fent említett két hatás. Az új hordozóeszköznek egy éven belül startra alkalmas állapotba kellene kerülni. E kapkodástól mentes nagyrakéta-fejlesztés kezdődött Oroszországban is, a szállítási képességeik megnövelése és korszerűsítése érdekében. Fontos azonban kiemelni, hogy ezek az eszközök klasszikus rakéták. Az egy lépésben Föld körüli pályára jutni képes (SSTO) eszközök [3], azaz fejlettebb űrrepülőgépek kifejlesztése megállt. Vagyis e hordozók terén a szükséges és lehetséges technológiai-technikai előrelépés nem történt meg, bár igen fontos lenne.

Szintén szükséges és lehetséges hordozóeszköz fejlesztési lépés lenne a világűrben megépülő vagy csak ott üzemelő, s az ottani pályabeállításat biztosító illetve nagyon nagy sebességet elérve a bolygóközi repülést segítő, valamint a csillagközi repüléshez szükséges eszközök fejlesztése és használatba vétele. Ezen a téren alig történt érdemi előrelépés, pedig lehet, hogy a fúziós energiatemelés megoldását is érdemben segítené ez kutatási irány. A már a '70-es években kifejlesztett nukleáris hajtóművek használatba vételére semmi sem történt, s egyelőre ez a helyzet rövid távon nem vál-

tozik meg. A napvitorlás, ami a nem-tehetetlenségi pályák használatát is lehetővé, illetve a néhány tized fénysebességnyi sebességet elérhetővé tenné – lásd korábban a [3]-ban, illetve a 2. részben – használható készültési szintű technológia. Azonban az első kísérleti napvitorlát is tartalmazó műhold startja hordozórakéta hiba miatt nem sikerült, s a második startra pedig még nem került sor. Ez a közeljövőben várható, legalább is reméljük. Úgy tűnik, hogy a következő évtizedben az új elveket használó hordozóeszközök mégis megjelennek a rájuk vonatkozó növekvő igény miatt.

Az űripar egészének perspektíváit is érinti a következő években várható műhold illetve űrszonda és űrhajó indítási igény alakulása, hiszen ez mind a hordozóeszközök, mind az űreszközök gyártási/használati piacát jellemzi. Az elmúlt évtizedben erős hullámvész mellett a felbocsájtott műholdszám csak lassan növekedett. Azonban mind a civil, mind a katonai/védelmi célú szolgáltatások iránti növekvő igény és az újabb szolgáltatások (pl. globális mobil hírközlés) megvalósításához szükséges nagyobb műholdszám miatt a következő évtizedben a felbocsájtandó műholdak számának erősebb, a jelenlegi körülbelül másfélszeresére növekedése várható. E mellett nem csökken, inkább kicsit megnő a Naprendszer, a Nap és az egyes bolygók, valamint a Hold vizsgálatára induló űrszondák száma.

Az elmúlt időszakban igen nagy technikai eredmény volt az, hogy az USA elindította a Plútó vizsgálatára az első szondát, s a repülési idő elfogadható értéken (9 év) tartása érdekében e szondát a hordozórakétája majd 24 km/s sebességre gyorsította fel. Ez az eddig a Földről elindított legnagyobb sebességű űrszonda! A Nemzetközi Űrállomás üzemeltetése folyamatos és egyenletes startszámot igényel. De a Holdra visszatérés, egy Hold-telep létrehozása, fenntartása és a Marsra készülő intenzív startszám növekedéssel járna. Ezen túlmenően újabb űrszolgáltató rendszerek (űridőjárás, védelmi feladatok ellátása, űrszemét elleni védekezés stb.) megjelenése is várható, s a civilizációnk fenntartásához, az élet védelméhez kellenek is. Ezek kiépítése és fenntartása a fenti startigényen túlmenő startszám növekedést jelent. Mindezek jól mutatják az űripar perspektíváit, gazdasági jelentőségét és a benne rejlő lehetőségeket.

3.3 Új technológiák a látóhatáron

E részben csak a valóban nagy újdonságot jelentő űrtechnikai előrelépési lehetőségeket említem meg röviden, az élet normális menete szerinti új technikák, technológiák kifejlesztésével, mint korábban sem, most sem foglalkozom. Ezek az „űrtevékenységi élet” normális, szükségszerű velejárói, egyben mutatván e „high-tech” terület húzóágazat jellegének egyik alapvető motorját. De e normálisan várható fejlődésen túlmutató lehetőségek is felmerültek.

a) A mikroelektronikai alkatrészek, alkotóelemek területén három új lehetőséget tartok említendőnek. A nagy bolygók kutatása és az űridőjárás jelenségek hatásai

előtérbe helyezték a sok más területen (pl. elektronikus harcászat, nukleáris technika) is fontos, sugárzásálló mikroelektronika, integrált áramkörök (IC) és egyéb alkatrészek fejlesztését. Sikerült áttörést elérni azzal, hogy az egyes komponenseknél nem a félvezető rétegek vastagságát illetve homogenitását növelik meg, nem a kristály anyagát változtatják meg új anyagokat vonva be az IC-k készítésébe, hanem a kristályra integrált egyes elemek, alapvetően az aktív elemek (tranzisztorok, diódák stb.) geometriai kialakítását változtatták meg úgy, hogy egy elektron sugárzás miatt keletkezése, vagy ugyanezen okból egy lyuk eltűnése sokkal kisebb hatást tudjon kiváltani a teljes alkatrészelem (pl. záróréteg) paramétereiben. A fejlesztés sikeres, s így az integrált-sági fok csökkentése (rétegvastagság növelés stb.), illetve a sokkal drágább és bonyolultabb technológiát igénylő anyagok bevonása nélkül, akár szilícium-bázisú félvezetőkben mintegy nagyságrendnyi sugárzásállóság növekedést sikerült elérni. E technológia bevezetése az elmondottak miatt nem illetve alig növeli meg az elektronikus alkatrészek gyártási költségeit, miközben nagyságrenddel megnövekszik a társadalom működési feltételeinek biztonsága az űridőjárás hatásokkal (napkitörések stb.) szemben, illetve könnyebbé válik a nagy sugárterhelést produkáló bolygók és holdjaik kutatása.

Rendkívül fontos, s egyben a földi szolgáltatások szükséges és igényelt fejlődését is elősegíti, a nagyfrekvenciás (mikrohullámú illetve optikai sávú) technika miniaturizálásának növelése. Szimultán jelentkezett igény ugyanezen frekvenciákon a nagyteljesítményű erősítők építése az irányított nagyenergiájú mikrohullámú illetve optikai nyalábok jó hatásfokú előállítására a biztonságos információátvitel, illetve egyéb alkalmazások (lásd lentebb) céljára. Az elmúlt időszakban sikerült a mikrohullámú rendszerekben az integrált megoldásokat általánossá tenni, s a gallium-nitride (GaN) erősítők kifejlesztésével az eddigi teljesítmény korlátok is eltűntek, eltűnnek.

Minden elektronikus rendszer működtetésének kulcs-eleme a tápegység, az elektromos energia forrása. A jelenlegi napelemek, bár hatásfokuk, megbízhatóságuk és élettartamuk sokat javult a kezdeti időkre visszanezve, az űrtevékenységben nem teszik lehetővé a napelemes energiaellátás alkalmazását a Marson túli misszióknál, mert a működésükhöz ott már túl kicsi a Nap fénysugárzásának teljesítménysűrűsége, azaz túl messze van a Nap. Ugyanezért, azaz a kevés fény, a túl kicsi fénytelteljesítmény-sűrűség miatt nem adnak elektromos energiát a napelemek a Földön éjszaka, erősen borult időben stb., ami korlátozza a nagyobb földrajzi szélességeken, akár nálunk is a kiterjedt alkalmazásukat. A NASA azonban napjainkra sikeresen kifejlesztett olyan nagy hatásfokú, új napelem-típust, amellyel – állításuk szerint – a Szaturnuszon túlig lehet rövidesen űrszondákat üzemeltetni. Ez rendkívüli áttörés, hiszen a Földön ez azt jelenti, hogy ezekkel a napelemekkel borult időben és éjjel is lehet elektromos energiát termelni, csak az Űjhoid időszakát kell majd e szempontból vizsgálni, s az

éjszakai borult égbolt okozhat (könnyen megoldható) gondot. Az új napelem-technológia, ha beválik az űrbeli, illetve a gyakorlati alkalmazás körülményei között is, lényeges segítséget jelent mind a Naprendszer kutatásában, mind civilizációnk földi működtetésében. Ha ez a megoldás mégsem alkalmazható, akkor is igazolta a fényelektromos áramkonverzió nagy hatásfokú megvalósításának a lehetőségét, s ez esetben a közeli jövőben találunk jobb lehetőséget. De egyelőre várjuk a kifejlesztett megoldás első alkalmazási eredményeit.

b) Az űreszköz tervezési-építési technológia terén is elindult néhány fontos folyamat, átalakítva a közeljövő műholdjai, műholdrendszerei kialakítását. Ennek első része a korábban megjelent kis-műholdas (kis-, mini-, mikro-, piko- műholdas) kutatási technológia átmenelése az általános, kiemelten a szolgáltató űrrendszerek területére. Erre az ad lehetőséget, hogy az űrkutatási területeken egyes kérdések megválaszolása (pl. a magnetoszféra inhomogenitásainak térbeli elrendeződése egy adott pillanatban, vagy az ugyanott terjedő elektromágneses jelek térbeli alakja és mozgása) megkívánja együtt mozgó, azaz formációban repülő műholdcsoportok felbocsájtását, irányítását, követését. Már van is ezt a technikát alkalmazó kísérlet (pl. Cluster) és a jövőben továbbiak esedékesek.

E kutatási technika azonban átvihető az általános műhold-tervezési, építési területre is. A folyamat az űrhírközlés és a védelem területein indul, mert ott van ma szükség nagyon nagy műholdak építésére és üzemeltetésére. Ezek esetében márcsak a felbocsájtás is komoly feladat – például nagy hordozórakétát igényel – s bármely építés közbeni hiba a teljes feladatellátást késlelteti, illetve ugyanez már fenn a pályán komplett szolgáltatás kiesést jelenthet a hiba jellegétől függően. A globális mobil hírközlés megjelenése rutinszerűvé tette a műhold-műhold kommunikációt is. Így ma mód van arra, hogy a sok funkciót ellátó, nagy műholdak helyett egy-egy vagy néhány funkciót ellátó, együttműködő és egy formációban repülő műhold-csoportokat alkalmazunk. Ez a növekvő üzembiztonság mellett ráadásul az építési és felbocsájtási követelmények egyszerűsödése miatt nemcsak üzembiztonsági és ütemterv-tartási előnyökkel jár, hanem olcsóbb is. Ezért a közeli jövőben a máris gyorsan fejlődő kis-műholdas üzlet további gyors fellendülése várható. Mivel e terület most formálódik, a jövő szempontjából is nagy pozicionális előnyt szerez az, aki már belépett e területre vagy most lép be.

A másik átalakulási folyamatnak a szükséges gyorsító lökést a sikeres kínai műhold-szétlövési kísérlet adta. Ez ugyanis előtérbe helyezte azt a kérdést, hogy egyrészt a műholdak tulajdonképpen könnyen szétlövhetők, s még egyszerűbb üzemeltető hibát okozni, s erre ma már több ország is képes. Amíg ugyanis úgy tűnt, hogy ezt csak az USA és Oroszország tudja megtenni, addig az orosz-amerikai biztonsági egyeztetések és megállapodások kellő biztonságot nyújtottak a civil és katonai műholdak, műholdrendszerek biztonságos üzemének garantálására. Azt legfeljebb az űridőjárás,

azaz a Napunk veszélyeztethette, ritkán. A multipólusú rendszer azonban nem kontrollálható kellő biztonsággal.

A másik új szempont az, hogy részben éppen e kísérletek, részben véletlen műholdtöbbség miatt keletkező törmelék, a startok során stb. leváló kis alkatrészek növekvő száma nagyon megnövelte a műholdak kisebb-nagyobb mértékű, esetleg katasztrófális sérülési valószínűségét. Mindezt, s a műholdas szolgáltatások stabilitásáért is felelős űrparancsnokságok elemzéseit és igényeit is figyelembe véve, továbbá támaszkodva a Hubble űrteleszkóp ismételten a műhold-pályán történt megjavítási tapasztalataira megkezdődött olyan robotok, azaz ember nélkül (is) a feladatát elvégezni képes műholdak kifejlesztése, amelyek alkalmasak meghibásodott, megsérült műholdak kijavítására a jövőben. Mivel e művelet során a javító robotnak és a javítandó műholdnak találkozni és valamiféle módon kapcsolódni is kell, a javítórobot-műholdak megjelenése egyben átalakítja a műhold tervezési-kialakítási technikát is. Az sem zárható ki, hogy e javító műholdak egyben egy jövőben újabb űrszolgálat, űrszolgáltatás előfutárai.

c) Egyelőre még nehezen felmérhető, de mindenképpen rendkívül nagy hatással jár a nagyteljesítményű szilárdtest lézerek sikeres kifejlesztése. Ezek már igen jó hatásfokú és ugyanakkor nem túl nagy méretű eszközök, amelyek képesek igen nagy teljesítményű fény (elektromágneses) impulzus kibocsájtására, ami fénysebességgel repülő lövedék (lásd lézerfegyverek a sci-fi-ben.) Az elmúlt időszakban a laboratóriumi kutató-fejlesztő munka pusztán kutatási jelleggel lezárult. Természetesen tovább folynak a kutatások is. De megkezdődött a fejlesztés, mivel ez az eszközfajta lehetővé teszi a fegyverzet technológia forradalmasításán túlmenően a rakétatámadások biztonságosabb elhárítását és az űreszközök önvédelmi rendszerekkel, például kisebb meteorok elleni védelemmel felszerelését. Ez különösen hosszabb idejű emberes űrmissziók esetén válik nagyon fontossá, de megnyitja az utat a műholdak ellen indított rakéták – lásd a kínai kísérletet – indulás utáni gyors, akár a Földről történő megsemmisítése előtt is megvédve a támadott műholdat. A ma kísérleti eszközként üzemelő rendszerek még relatíve nagyok, azaz az alkalmazási kísérletek során átalakított utasszállító repülőgépre illetve nagy kamionra telepítik a teljes rendszert. De megkezdődött az első védelmi rendszerbe állítandó lézerfegyver végfejlesztése, amelyet az USA haditengerészete használna hadihajóra szerelve, kisebb támadó csónakok stb. elleni védelemre. (Gondoljunk a Szt. István csatahajó I. Világháborúban történt megsemmisítésének menetére, ahol éppen ez a fajta védelem hiányzott.) Oroszország a lézertechnikában élenjáró, de az ottani ezirányú munkákról érdemi információt nem sikerült kapni. Ezzel együtt az valószínűsíthető, hogy ezeket az eszközöket ők is fejlesztik és várhatóan hamarosan alkalmazzák is.

d) Végül nem kerülhető meg a teleportálás, s ha röviden is, de szót kell ejteni a teleportálási kísérletekről. Ennek elvi alapjai még az úgynevezett Einstein-Hei-

senberg vitában rajzolódtak ki, amikor Einstein, Podolsky és Rosen igazolták, hogyha két, speciális csatolásban lévő részecske (ma EPR-csatolás) a megmaradási elveknek együtt tesz eleget, akkor, ha az egyik állapota átbillen, a másik azonnal, minden időbeli késedelem – vagyis mindenféle terjedési idő – nélkül az első részecske állapotába kell billenjen [15]. Vagyis az első részecske állapota átkerült a másik részecske helyére, miközben az első részecske helyén eltűnt. A kísérletek a '90-es években már laboratóriumon belül hoztak eredményt, s fényel, vagyis fotonokkal ma száz méteres nagyságrendben sikerült ezt az azonnali állapotátvitelt igazolni. Ha e kísérletek tovább haladnak előre, akkor első lépésben az információ azonnali átvitelében, később esetleg más átvitelben is az ürtevényesség (is) bizonyosan használni fogja. A kulcs az EPR csatolás, az EPR csatorna létrehozása és fenntartása. A kutatás e téren ma nagy intenzitással folyik.

4. Alkalmazások, szolgáltató úrrendszerek

A korábbi helyzetképekben [1-3] az akkor létrejövő, majd kiteljesedő, s a társadalom működésébe egyre jobban beépülő (lásd az 1. részben) gyakorlati alkalmazások egyes fő területeit külön-külön pontban tekintettük át. Mára ezek beintegrálódtak napi életünkbe, s a korábban megindult [3] területek közötti összeintegrálódás is részben megtörtént, részben előrehaladott. Ugyanakkor új alkalmazások, új szolgáltató úrrendszerek rajzóldnak ki a látóhatáron. Ezért indokoltnak gondolom, hogy e területeket mostmár csak egy részbe összefogva tekintjük át tudva, hogy a korábbi fejlődési trendek [3] érdemben helyesnek bizonyultak.

A következőkben először a három, ma már klasszikusnak tekinthető alkalmazást, az úrhírközlést, a helymeghatározást és a távérzékelést (a Föld megfigyelését) tekintjük át, majd áttérünk a megszülető újabb alkalmazásokra.

4.1 Úrhírközlés

Az előző helyzetképben [3] jeleztük, hogy az úrhírközlés terén a kezdeti alkalmazási-szolgáltatási típusok összeintegrálódás elkezdődött, mivel megszűntek a nagyobb fedélzeti adóteljesítmény előállítási nehézségek, s már értelmetlenné vált a hírközlő műholdak kisebb adóteljesítménnyel gyártása. Ez az integrálódás mára nagyobb részt lejátszódott, s jelenleg két kategória maradt az úrhírközlésben. Ezek a fix műholdas szolgáltatók és a globális mobil szolgáltatók. Az első magába integrálja a régi fix műholdas szolgáltatókat, a műsorszóró szolgáltatókat és a kisebb régiókat átfogó, nem globális mobil szolgáltatásokat is. Míg a globális mobil szolgáltató az eredeti definíciója szerint a teljes földfelszínre kell ellátást biztosítson időben folyamatosan (24 órás fedés) a földi mobil feltételeknek (kis földi adó- és vevőteljesítmény, akár gyors mozgású földi végpontok stb.) megfelelően. Megjegyzem, hogy a definícióból is adódóan,

s a [3]-ban leírtakra is visszagondolva (lásd az Inmarsat szolgáltatását), valamint az űripar technológiai lehetőségeinek átalakulását is számításba véve biztosra vehető, hogy e két kategória integrálódása is megindul, amint az első globális mobil szolgáltatók stabilizálódnak és az előfizetők átcsoportosulása az első kategóriából a másodikba nagymértékűvé válik.

4.1.1 Fix műholdas szolgáltatók (FFS)

A területen a fejlődés változatlanul nagy. Ennek motorja a távközlési előfizetői igények további növekedése, amit részben a gazdaság és egyéb társadalmi működés (a tudományos együttműködéstől az állami működésen át a turizmusig) globális együttműködési kényszerének és igényének a növekedése hajt, részben az egyes felhasználók, előfizetők információ átviteli igényeinek a gyors növekedése. Ez egyben a gyors műszaki fejlesztés hajtómotorja is, hiszen fejlettebb műszaki megoldásokkal könnyebben, megbízhatóbban és a réginél olcsóbban lehet az egységnyi információ átvitelét biztosítani és egyben a megnövekedett információ átviteli igényt maradéktalanul kielégíteni.

A gyors fejlődés és a műholdas átviteli kapacitás gyors növekedése ellenére az FSS műholdas rendszerek kihasználtsága Európa, a Közép-Kelet és Észak-Afrika fölött túllépte a biztonságos fejlődést garantáló 60-66%-os szintet, s már elérte a telítést jelentő 90%-os folyamatos kihasználtságot. Másutt is nő a kihasználtsági fok. Mivel az igények nőnek és a kapacitás csak „kvantáltan”, azaz egy-egy újabb műhold teljes kapacitásának a start utáni bekapcsolásával növelhető, közel állunk ahhoz, hogy időszaki kapacitás-hiány álljon elő. Ezen a műszaki fejlesztés és a felbocsátási ráta növelésével segítenek a szolgáltatók, pillanatnyilag. A piac értelemeszerűen nyereséges és a szolgáltatás a rendelkezésre állásával globálisan növeli a társadalmi bevételt, a társadalmi jólétet. További korlátozást jelent már az, hogy e szolgáltatók egyelőre nem léptek fel magasabb frekvenciasávokba, változatlanul a Ku/Ka-sávokban dolgoznak. Jelenleg az FSS rendszerek igen nagy méretű, komplex műholdas hírközlő állomásokkal dolgoznak, e nagy műholdak formációban repülő kisebbek együttesére bontása csak a napvitorlás technika szolgáltató bevezethetőségével válna lehetővé, de a geoszinkron pálya és környezete zsúfoltsága miatt ez a lehetőség nem feltétlenül jó is. Nem zárható ki, hogy e téren a napvitorlás technika az FSS szolgáltató műholdak GEO pálya mellett közel-GEO pályára telepítésével és ott szinkronban tartásával bővíti majd a kapacitás-növelés lehetőségeit. A miniatürizálás fejlődése eddig lehetővé tette, hogy ugyanazon műhold-tömeg nagyságrendben (pl. tonnás műholdak) maradás mellett a kapacitást növelni lehetett és a szolgáltatás minőségét, összetettségét is.

A teljes piac bevételei 2006-2007-ben elérték a 9 milliárd USD-t évente, s ez 10 év alatt várhatóan 12-13 milliárd USD-re nő. A szolgáltatók bevételei e piacon azonos időben nézve 6 milliárd USD-ről kb. 10 milliárd USD-re növekszenek. Mivel a jelenlegi összetett gazdasági-tár-

sadalmi válságból sem lehet az információ-áramlás intenzív növekedése nélkül kilábalni, ezért az előrejelzések megbízhatónak látszanak. Ha a környezeti károk csökkentése és a válság utazást korlátozó hatásai megerősödnek, akkor az utazások elmaradása miatt szükségképpen megnövekvő információ-átviteli igény tovább erősíti e piac növekedését. A civilizáció megingása, részleges vagy érdemi összeomlása persze ezt a piacot is lerombolja.

Az igények kielégítése műszaki fejlesztést kíván. Az üzleti, azaz civil részen a jelenlegi fejlődés még változatlanul a Ku/Ka-sávok használata mellett zajlik. A fő hajtóerőt ez esetben a HDTV szolgáltatások bevezetése, terjedése és az ezirányú növekvő csatornaigény hajtja. Ezért növelik a műholdak teljes (az összes csatornát magában foglaló) átviteli sáv szélességét, amelyek a legújabb holdaknál eléri a 70 Gbit/s, ill. a 110 Gbit/s értéket. Ugyanakkor az állami-védelmi fejlesztések már sokkal perspektívikusabbak, s erre a mobil elemzésnél is majd gondoljanak vissza. Itt a szükséges nagyobb K+F költségeket is vállalva megkezdődött a magasabb frekvenciasávok használatba vétele, azaz az úgynevezett extrém magas frekvenciákat is használni kezdik.

Technikailag a közel DC-től az ultrabolya fény tartományig bárhol képesek vagyunk távközlésre, s jelenleg gyorsan fejlődik e képességünk a röntgen-gamma tartományokban is, elsősorban az űrkutatás röntgen-gamma csillagászati feladatai megoldásával. De a képesség megléte még nem jelent szolgáltatásban alkalmazható rádió adás-vételi berendezéseket. Azokat külön ki kell fejleszteni. E sávokban a vivőfrekvenciához képest relatíve változatlan sáv szélesség mellett a tényleges (abszolút értékben adódó) sáv szélesség megnő a nagyobb átviteli kapacitást is biztosítva. Így az egyetlen előfizető (!) számára egy csatornán elérhető adatátviteli sebesség már eléri az 1544 Mbit/s-tól a 8192 Mbit/s-ig terjedő értéket. Ezek az eredmények mintegy automatikusan átkerülnek az üzleti-civil szolgáltatásokba is. Ez az átviteli sebesség-tartomány áttörést jelentő csatorna kapacitás növekedést tesz lehetővé az űrhírközlésben. A következő időszakban ezért technikai áttörés várható a műholdas hírközlési szolgáltatások terén.

4.1.2 Globális mobil hírközlés (MSS)

E téren a várt [3] és lehetséges fejlődés nem valósult meg, s a történetek rávilágítottak az úrtvékenység, az űrszolgáltatások piacosodásának egy alapvetően fontos és eddig nem realizált tulajdonságára. Ugyanis az elmúlt időszakban a korábban megindult fejlesztések ellenére érdemi „mobile satellite service”, azaz MSS szolgáltatás a köznapi felhasználói piacon nem alakult ki. Az Inmarsat és azonos típusú fejlesztések ugyan létrehozta azt a lehetőséget, hogy adott, megfelelően kialakított FSS műholdak által ellátott területen – jellemzően a legnagyobb térerejű, azaz I. osztályú minőséggel ellátott területen – belül kisebb-nagyobb, egyszerűbb, vagy összetettebb és így egyben nagyobb mobil készülékekkel is lehessen távközlési kapcsolatot létesíteni, ezt előfizetőként igénybe lehessen venni stb. min-

den időbeli korlátozás nélkül, de ez nem biztosít globális fedést, nem elégíti ki a globális mobil követelményeit, azaz nem MSS annak eredeti definíciója szerint. A mai elfogadott kategorizálás is ezt a lehetőséget az FSS piac egy sajátos mobil-szolgáltatási kiegészítésének tekinti.

Azonban az elmúlt időszakban valóban létrejött az első teljes MSS rendszer, az Iridium. Az előző helyzetképben [3] még nyitott kérdésként merült fel, hogy mi történik majd, ha véletlenül egy MSS szolgáltató csődbe megy, mit kezdenek a pályán lévő sok műhoddal. Az Iridium rendszer 66 LEO (alacsony, mindössze 780 km magasságú körpályán keringő) műholdból áll, és elegendően nagy és gyorsan növekvő előfizetői létszám hiányában csődbe ment. Pedig az MSS rendkívüli előnyeire, azok egyik sajátos részére az elmúlt időszak természeti katasztrófái élesen rávilágítottak. Példának tekintsük a jól ismert Katrina hurrikánt. A hurrikán az érintett területen többek között a földi mobil szolgáltatók átjátszó állomásait illetve azok antennáit, valamint energiaellátását szétrombolta. Így azok a segítségre várók, akik közül segítség hiányában sokan meg is haltak, akiknek a hurrikán alatt és a mentés megidulása után még működött a mobil készüléke, a területi ellátás hiányában nem volt módjuk segítséget hívni, a mentők meg nem tudták, hogy merre is keressenek túlélőket... A globális műholdas mobil, az MSS átjátszó a műholdak. Azokat sem hurrikán, sem földrengés nem pusztítja el.

A példa-sorolást nem folytatva is mondhatjuk, hogy a globális műholdas mobil szolgáltatás a civilizáció működése szempontjából ma már kiemelten fontos lenne. Ez igaz. De az is, hogy egy-egy alapvetően új űrszolgáltatás bevezetése, mint más területeken is, megkívánja a fejlesztési-létesítési költségek megtérítését. Ha ezt pusztán piaci alapon akarjuk elérni, akkor a szolgáltatás kezdetén az előfizetői díjak értelem szerűen érdemben magasabbak, mint a már rutinná vált szolgáltatás idején. (Lásd egy példaként a telefont, vagy most éppen a digitális TV szolgáltatást stb.) Ezért, ha egy szolgáltatás a társadalom számára, a közjó szükséges szintjének biztosítása érdekében szükséges, de a piaci szereplők, az egyéni felhasználók, előfizetők nem képesek a magas K+F költségek miatt a szolgáltatás megismerése, bevezetése, felfuttatása idején a magas tarifákat megfizetni, akkor a bevezetés költségeit a közteher viselésén, azaz az állami költségvetése(ke)n keresztül a társadalom egészének kell viselni ahhoz, hogy a szükséges új szolgálat, szolgáltatás mégis rendelkezésre álljon. Mivel pedig az úrtvékenységben, így az űrhírközlésben is a fejlesztés költségei nagyok, bár azután az össztársadalmi megtérülés, a közjó alakulása és a közvetlen gazdasági haszon is igen nagy, a K+F kezdeti költségvetési vállalása elkerülhetetlen.

Ez a nem-hírközlési alkalmazások esetében érvényesült, ott nem alakult ki előfizetői piac (lásd [2,3]-ban), s eredetileg az űrhírközlésben is így volt. Hiszen például a geoszinkron technika, lásd a Syncom-I műholdat, ki-fejlesztését az USA költségvetése finanszírozta, majd a kész technikát, technológiát adta át piaci felhasználás-

ra. E piac sikere, lásd az előző pontban, elfedte a teljes mechanizmust és tovább növelte a piac mindenhatóságába vetett tévhitet. Az Iridium rendszer pénzügyi csődje – mert képtelen volt az egyébként jól működő és lassan felfutó rendszer fedezni a K+F és az első létesítés költségeinek tőketörlesztési és kamat terheit –, újra rávilágított a társadalom számára szükséges fejlődés biztosításának tényleges mechanizmusára. A bankok megkapták az Iridium rendszert műholdastul, mindenestül, s nem tudtak mit kezdeni vele, azaz a bankoknál ezzel pénzvesztés keletkezett. Értelemszerűen el akarták adni a rendszert úgy, hogy a veszteségeik megtérüljenek. De ez ilyen egyszerűen nem működött. Végül az USA-kormány a költségvetésből fedezve vette meg védelmi és államigazgatási, kormányzati hírközlési célra, nem zárva ki a széleskörű használat lehetőségét sem. Vagyis a kezdeti K+F és létesítés költségeit mégis a közteherviselésből kellett fedezni. A rendszer most működik, használják, s a felhasználás mértéke lassan növekszik. A jövő attól függ, hogy a társadalom és a döntéshozók hajlandóak-e elfogadni a K+F és az új létesítések alaptermészetével járókat a közjó hosszú távú biztosítása érdekében vagy a pillanatnyi pénz-szempontok oltárán feláldozzák a jövőt.

A gondok ellenére a szükségletek valódiak, csak az egyéni fizetőképes kereslet korlátozott a K+F költségek gyors, a tarifába beépített megfizetése oldaláról nézve. Ezért folytatódik a korábban már szintén tervezett [3] Globalstar (tervezett pályamagasság 1400 km körüli, műholdszám 48) kiépítése, de megváltoztatott pénzügyi konstrukcióban, hogy pénzügyileg a fő részvényes cégeket valamennyire tehermentesítsék, illetve a visszatérítési igényeket csökkenthessék. Az is fontos fejlemény, hogy a legújabb generációs TerreStar GEO műholdak az elsősztályúan ellátott területeken szintén biztosítanak igen jó minőségű műholdas mobil hírközlést már úgy, amint azt az MSS általában megkívánja. Ez a mobil piac elkezdett elég gyorsan növekedni, s ez a növekedés segíti a teljes MSS piac kiépülését. Van remény arra, hogy a teljesértékű MSS rendszerek a következő évtizedben megerősödnek és elkezdik átvenni a földi mobil rendszerek szerepét. Ezt a folyamatot meg fogja erősíteni a társadalom tudatlanságból és tudománytól való régi félelméből táplálkozó, egyre erősebb és tömegesebb elzárkózása a földi mobil rendszerek telepítésének és üzemeltetésének elfogadása elől. A földi átjátszó antennáját látják a tetőn, s a tudatlanságból fakadó magabiztossággal hirdetik, hogy „rákkeltő” stb., míg a műholdas átjátszó messze van és nem látszik. (A társadalmi megítélést rontja, hogy például az 50/60 Hz-es energiaellátó hálózatok mágneses térkomponensének, ha elég közel van a nagyfeszültségű, nagyteljesítményű vezeték, tényleg van élettani hatása, amit egyes cégek pénzügyi okból nehezen ismernek el. A társadalom szemében a nagyfeszültségű vezeték és az átjátszó lényegében azonos: valamiféle elektromos dolog...)

A MSS védelmi alkalmazása a széleskörű civil használat mellett, de attól függetlenül is, kézenfekvő. E téren a földi készülékek miniatürizálása, a magára hagyott kö-

rülmények közötti működés megbízhatóságának növelése és a szolgáltatás bővítése, a sokoldalú adatátvitel megoldása érdekében intenzív fejlesztés folyik. Vizsgálják a már valóban megbízható és egy feltöltéssel néhány napig üzemet biztosító akkumulátorok helyett olyan izotópos energiaforrás használatát, amilyenek alaptípusát a Naprendszer külső térrészeit, a kisbolygó övezeten túli régiót vizsgáló misszióknál használunk az űrűrtatásban. A reálisan remélhető cél az egy készüléket egy-néhány évtizedig működtető izotópos „telep”.

Az MSS-szel szemben támasztott új követelmény az elmúlt időszakban csak egy született, de az nagy feladatot jelent. Eddig ugyanis a műholdas rendszerek (FSS és MSS egyaránt) a földön, vízen, levegőben biztosítottak, biztosítanak kapcsolatot. A tengeralattjáróknál azonban vízalatti kapcsolat szükséges. Eddig ezt úgy oldották meg, hogy a biztonsági kapcsolatot a nagy behatolási mélységű VLF sávokban, e célból üzemeltetett VLF adókon át tartották, ahol azonban igen kicsi az adatátviteli sebesség, azaz a kapcsolat rendkívül korlátozott. A rendes, elfogadható adatátviteli sebességet biztosító kapcsolatot pedig a hajóról vezetékkel összekapcsoltan felbocsájtott, a felszínre kiemelkedő bolyán át hozták létre a műholdakkal. Ez utóbbi azonban sérülékeny és hadi helyzetben könnyen felfedezhető, kiszolgáltatva a hajót. Ezért most olyan rendszer kifejlesztését vetették célba, amelyik kb. 100 m mélységig biztosítani tudja a hírkapcsolatot a fenti problémákat elkerülve. Az új megoldás sem tudja persze megkerülni a hullámterjedési korlátokat, de azokon belül még sok a lehetőség.

4.2 Helymeghatározás és globális időszolgálat

Az elmúlt időszakban a [3]-ban vártakkal összhangban a helymeghatározás (nagy pontosságú műholdas navigáció és geodéziai helymeghatározás) a műholdas hírközléshez hasonló vagy azt talán meg is haladó mértékben beépült a társadalom napi életébe. Alkalmazása mindennapos szinte az élet minden területén. Jól jellemzi a széleskörű felhasználást például a személygépkocsiban használat. Egyrészt a gépkocsi lopás elleni védő rendszerei egyre nagyobb része a műholdas helymeghatározó rendszerrel (ma ez továbbra is a GPS amerikai rendszer) egybeépített sokszor műholdas hírközléssel is kombinálva. Ezen megoldásokban lopás esetén a gépkocsi egyrészt riasztó jelet ad valamely erre hivatott szolgáltatónak, másrészt folyamatosan jelzi a gépkocsi pillanatnyi helyzetét. Mivel e rendszerek érdemben megnövelték a gépkocsik lopással szembeni biztonságát, a használatuk nagyon gyorsan elterjedt, s ma az értékesebb gépkocsik esetében általánosnak mondható, hazánkban is.

Másrészt a gépkocsikban kiterjedté vált az úgynevezett GPS navigációs rendszer használata, amelyik elfogadhatóan napra kész vagy – drágább változatban és a szolgáltatás ezen részét is biztosító országokban, illetve szolgáltatóknál – valóban napra kész és folyamatosan frissített digitális térképek segítségével mutatja a gépkocsi helyzetét, az előre megadott célhoz vezető, a rendszer által javasolt utat stb. E rendszerben a GPS-

szel egybeintegrálva használják a műholdas távérzékelésből származó, pontos és friss, azaz naprakész térképeket. Ha a rendszer a térképi háttér automatikus és folyamatos frissítését is elvégzi, akkor e kicsiny egységben még a hírközlést is felhasználjuk a műholdas navigációhoz integrálva. A mindennapi életben ez a műholdas alkalmazás már beépült a honvédelmi és rendőrségi, vámhatósági, katasztrófavédelmi stb. területekre ugyanúgy, mint a helyi, regionális és országos illetve államszövetségi méretű közforgalom ellenőrzésre és irányításra (pl. tömegközlekedési autóbusz vagy villamos forgalom irányítása az egyes járművek pillanatnyi helyzetének folyamatos ismeretében), a sportra (pl. sportrepülés), de folyamatosan jelennek meg új és igen érdekes alkalmazások is.

Ezek közül egy [16] természetvédelmi alkalmazást emelek ki: A hópárduc az egyik legveszélyeztetettebb nagymacska fajta a Földön. Védelme kiemelten fontos, amihez az életmódját is minden eddiginél pontosabban kell ismerni, s emellett az egyes példányok pillanatnyi tartózkodási helyét is, ami az aktív védelmük biztosítását is lehetővé teszi, ha akarjuk. Ezért speciális GPS nyakörvet fejlesztettek ki (Telonics Inc.), amit a brit Királyi Navigációs Intézet tett fel először egy, az afgán-pakisztáni határtérségben élő hópárduc nyakára. A nyakörv jeleit az Argos műholdas rendszeren át kapják meg, s a jövőben a biztonságosabb összeköttetést adó Globalstar rendszert használják majd az információ átvitelére. A nyakörv a hópárducot nem zavarja, s gyorsan kirajzolódott az első állat valódi mozgása, élettere. A biológusok mindaddig nem tudták, hogy mekkora is például egy állat valódi élettere, mekkora körzetet jár be, hol és hogyan él. A mozgást természetesen műholdas adatok alapján kapott, pontos térképen figyelik. (Ez az eljárás persze nemcsak vadállatoknál alkalmazható, de felügyeletre szoruló betegek és például büntetést töltő bűnözők esetében is. Mielőtt bárki felhördülne, megjegyzem, hogy a „szép, új világot” nem a tudás és a technika hozza létre, hanem az erkölcstelen, eltorzuló ember, mint ahogy a kalapácsos gyilkosságot sem a kalapács okozza...) A három „klasszikus” alkalmazási terület korábban várt integrációja gyorsan halad előre mindennapi életünk szinte minden területét érintve. A műholdas helymeghatározás a társadalmunk fenntartásához ma már alapvetően szükséges.

A műholdas helymeghatározás az általános relativitás elméletét kell alkalmazza szükségképpen [7]. Vagyis a „hely” meghatározása a navigáló térbeli és időbeli helyének, azaz a téridőbeli helyének a meghatározását jelenti. Ezért kell egyszerre 4 műholdat látnia a GPS vevőnek, hogy adatot tudjon szolgáltatni (4 ismeretlen meghatározásához 4 egyenlet kell). Így a 3 térbeli helykoordináta mellett automatikusan megkapjuk a helymeghatározás pillanatának pontos időbeli értékét is. Mivel a szükséges nagy pontosság eléréséhez rendkívül pontos időadat is szükséges a műholdakon, értelemszerűen ugyanilyen nagy pontosságú időadatot kapunk a helymeghatározás során a mérés pillanatáról, illetve folyamatos mérés esetén ilyen rendkívül pontos időadatunk

lesz folyamatosan. A műholdas helymeghatározó rendszerek a Föld jelenlegi legpontosabb, H-mézereket használó időrendszerének az adatait használják, s ilyen pontos ezért a műholdak fedélzeti órája is. De ezért ugyanilyen pontos a helymeghatározás során kapott időadat is a mérés helyén, s ez az idő a globális földi időszolgálat időrendszerében adott. Így automatikusan kialakult az a helyzet, hogy a Föld bármely pontján egyszerűen – egyetlen GPS vevő ottani használatával – rendelkezésre áll a nagyon pontos, egységes időadat. Ehhez szinkronizálhatjuk az ottani mérőrendszerünket, a számítógépeinket, bármely óránkat. Ez meg is történt. Így ma a Földön már lehetséges olyan globális mérőhálózatok üzemeltetése, amelyekben lényeges az egyes, távoli mérőhelyek mért adatai közötti időkülönbség pontos ismerete az adatok felhasználásához. (Például ilyen a Föld, és persze bármely bolygó, elektromágneses környezetének a megismerése és a működés megértése. Ez el is kezdődött, lásd később.)

Ez a változás alapvető, rendkívül fontos, s ugyanakkor szinte teljesen észrevétlenül zajlott le. Csak annyi történt, hogy az órák mindenhol pontosan járnak! A nagy pontosság miatt azonban egy területen máris technikai gond jelent meg, amit a szolgáltatók a dolog fontosságának ismerete hiányában nem realizáltak és egyelőre nem korrigáltak. A pontos idő a GPS vétel helyén áll rendelkezésre. Onnan az „egyszerű” felhasználókig, például kábel-TV előfizetőkig még el kell jusson. Azonban ma még nem figyelnek a szolgáltatók az időjel tőlük az előfizetőhöz eljutásig fellépő jel futási idejének mérésére és kompenzálására. Így a digitális TV és az analóg TV csatornák között nagy időbeli eltérések alakulnak ki, miközben mindegyik mutatja a „pontos időt”. De ez a „pontos idő” csak a jel indulási helyén és pillanatában érvényes idő, ahol az időjellet a GPS-től közvetlenül vették és rátették a TV-jelre, de a nézőnél már nagyonis pontatlan idő. Remélhető, hogy éppen az előfizetői igények következtében ez a primitív hiba eltűnik a köznapi piaci jellegű információ szolgáltatásból a közeli jövőben. Mindezzel együtt létrejött a nagy pontosságú, globális időszolgálat.

A navigációs műholdrendszerek kiépülése folytatódik. Jelenleg egyedül az USA katonai üzemeltetésű és általános felhasználásra minden igénybevételi díj nélkül nyitott GPS rendszere működik teljes kiépítésben. A 24 műholdas GPS rendszer lejáró élettartamú műholdjait újjakkal pótolják, s e pótlások részeként időnként fejlettebb rendszerű műholdakat küldenek fel. Amikor ezek teljesen felváltják a régebbieket, akkor globálisan is megnövekszik a GPS rendszer pontossága. Ugyanakkor a megkövetelt kompatibilitás miatt a régebbi rendszerű GPS vevők is üzemelni tudnak a korábbi pontosságukkal. Az eleve nagy pontosság növelésére folyamatos fejlesztés zajlik. Ennek kiemelt területe a digitális méréstechnikai módszerek és a hullámterjedési elmélet, és annak részeként az úgynevezett korrekciós megoldások fejlesztése. Ma már a harmadik generációs GPS holdak telepítése kezdődött meg. Mivel például a szárazföldi navigációnál – ami többek között az ország-

úti automata gépkocsi mozgás előfeltétele, ahol már 10-20 cm hiba is túl nagy lehet – különösen nagy pontosság kell, s a geodéziai illetve a lemeztektonikai mozgásokat kimutató méréseknél ugyancsak (1-0,1 mm/év elmozdulás kimutatása), a GPS mérések pontossága növelésére kifejlesztették a kiegészítő földi mérésekkel kombinálást. Ekkor a földi referencia pontok között mérik a közvetlen jel-futási időt, s eközben e pontok GPS pozícióját is. A hálózaton belül pedig a felhasználó, megfelelő eszközök birtokában a saját helyét (és idejét) az így pontosított rendszeren belül tudja meghatározni. Ezzel akár nagyságrendnyi pontosság növelés is elérhető. Az elmúlt időszakban e módszert kifejlesztették, részletesen vizsgálták beleértve a pontosságát, majd elfogadva elkezdődött nagy területeken a kiegészítő földi hálózat telepítése is. (Ha valaki ebben nem vesz részt, az kimarad és lemarad, mint hazánk is.) Például India is intenzíven építi ki a rendszert. Ez a típusú működés-pontosítás gyorsan terjed, s különösen fontos ma a nagy légitforgalom sűrűségű régiókban.

Mivel a GPS „tulajdonosa” és üzemeltetője az amerikai hadsereg, két másik, globális rendszer kiépítése is folyik. Az egyik az orosz Glonass rendszer, amelyiket még a Szovjetunió kezdett létrehozni, de e diktatúra összeomlása megállította a rendszer létrehozását is. Oroszország a gazdasági konszolidáció után most nagy intenzitással, mintegy „erőltetett menetben” telepíti fel a még hiányzó Glonass holdakat, s a rendszer napjainkban teljessé válik. Ezzel a GPS mellett egy második rendszer is használhatóvá, bárki számára elérhetővé válik. Fontosságát mutatja az a tény, hogy a GPS esetében – pénzügyi megszorítások, azaz átgondolatlan, ostoba pénzügyi döntések következtében – a GPS holdak cseréjét a döntéshozók lassítani akarták időben elhúzva a szükséges pénzek felhasználását. Így előállt az a helyzet, hogy csak 23 GPS hold üzemelt néhány hónapig a rendszerben, s volt egy, a műholdak mozgásából adódóan vándorló lyuk, ahol a minimálisan szükséges négy-nél kevesebb, csak három műhold látszott. Azután pótolták a hiányt. De ez megmutatta, hogy igen egészségtelen csak egy, és egyetlen kormánynak kiszolgáltatott rendszert használni.

A Glonass teljes kiépülése az első lépés a probléma megoldására. Azonban az EU nem akarja, hogy külső hatalmaknak fontos kérdésekben ki legyen szolgáltatva. Sem az oroszoknak, sem az amerikaiaknak. Ezért meggyorsították a Galileo európai navigációs műholdrendszer kiépítését is, nagy költségvetési összegeket fordítva erre. (Ezért az EU-ban azok, akik otthon az ürtevékenységre kellő mértékben költenek, az így kialakult felkészültségükre támaszkodva kisebb-nagyobb mértékben részt tudnak venni a Galileo létrehozásában sok pénzt hazavive az EU közös költségvetéséből, akik meg nem, azok a saját befizetéseiket sem tudják visszapályázni, s így az másokhoz kerül.) A Galileo holdak technológiai próbája már műholdpályán is megkezdődött, s a teljes rendszer telepítése küszöbön áll. Elképzelhető, hogy a közeli jövőben például Kína is megkezdi saját, független műholdas navigációs rendszere kiépítését.

A helymeghatározás továbbfejlesztésében a NASA teljesen új irányokban gondolkodik. A meglévő rendszerek, a földi alkalmazások fejlesztése végleg átkerült az üzemeltető hadsereghez és a civil felhasználói szférához. A GPS és hasonló többi rendszer holdjai magaspályás műholdak. Így például a Nemzetközi Űrállomás (ISS) is mélyen e műholdak alatt kering a Föld körül. Az ISS is a GPS-t tudja használni pontos pályameghatározásra és időszolgáltatásra. A rendszer jól használható akkor is, ha a műholdak felett vagyunk már, de még elég nagy a látóirány különbség az egyszerre vett minimum négy műhold látóirány között. A Föld közelkörzetében így a jelenlegi műholdas helymeghatározó rendszerek igen jól használhatók.

Azonban a Földtől távolodva a GPS holdak látóirányai közel kerülnek egymáshoz, s a helymeghatározás egyre pontatlanabbá válik. Ma e térségekben mozogva csak az űrkutatás kezdetén kidolgozott és azóta is használt rendszer – alapvetően a „Range and Range Rate” Doppler- és futási idő mérés kombináció valamely változata – használható. Ezek, mint az elmúlt évtizedekben láttuk, nagy pontosságú, azaz 100-1000 km hibánál kisebb hibával terhelt pályameghatározást tesznek lehetővé. El tudtuk érni még a Naprendszer távoli bolygóit is, sőt a nagybolygók holdjai között is tudunk navigálni, illetve ezen égitestek előírt körzeteiben leszállni és mozogni (lásd Mars-járók). De előre tekintve ez a pontosság, illetve pontatlanság már nem fogadható el, ha emberekkel akarunk a Hold körzetében pontosan mozogni, a Marsra vagy távolabbra elmenni, vagy nagyobb pontosságú manővereket akarunk megvalósítani jövőbeni automatáinkkal valamely kutatási feladat jó megoldása érdekében.

A kutatás a NASA-nál két irányban folyik. A Holdon és a Hold körüli pontos mozgáshoz a Hold felszínére telepítenének egy navigációs adókból álló bázisállomás hálózatot, amelyet hozzákalibrálnának a földi GPS-típusú rendszerekhez. Az eljárás esetleg átvihető a Marsra is. Egyelőre nem merült fel, hogy ezen égitestek körül a GPS-hez hasonló navigációs rendszert kellene telepíteni. A Holdnál ez a rendszer megadná a biztonságos mozgás lehetőségét és az eltévedés kockázata minimálisra csökkenne. De a Naprendszeren belül, például egy marsi úton a biztonságos navigáláshoz több kell, s a Földtől függést is csökkenteni kellene legalább a tájékozódásban. Erre is kialakult már elképzelés. Ugyanis a pulzárak igen távoli állócsillagok, amelyek rendkívül pontos időbeni ismétlődéssel és egyedileg egzaktul azonosíthatóan sugároznak rövid impulzusokat. Távoli csillagok lévén a Naprendszeren belülről nézve egy-egy pulzár a Naprendszer bármely pontjáról ugyanazon irányban látszik. Pontossági szempontból a röntgen- (X-) pulzárak a legjobbak. Ha vesszük több X-pulzár jelét és arébb mozdulunk, akkor ezek időbeli helyzete egymáshoz képest egy kicsit megváltozik. Így a helyzetünk változása rendkívül pontosan meghatározható, s mindez a Földtől teljesen független, autonóm rendszer, mint hajdan a hajók csillagokhoz navigálása a tengeren. Csak rendkívül pontos. E lehetőség megvalósítását kutatják, s a sikeres fejlesztés új utat nyit majd a navigálásban.

4.3 Távérzékelés

Az elmúlt időszakban [3] a műholdas távérzékelés földi alkalmazása tovább haladt előre. A távérzékelési adatok alkalmazása a napi élet és a mindennapi K+F területein természetessé vált, s az adatok, sokszor az aktuális (real time) helyzet az internet lehetőségeivel élve széles körben, sok esetben mindenki számára hozzáférhetőek. (Az ESA ezért kiemelt feladatként kezeli a megfelelő adatbázisok létrehozását, fenntartását és a széleskörű hozzáférés biztosítását.) Példaként említem az időjárás adatokat, aholis a világ bármely részének aktuális és várható időjárása megtekinthető a világhálón, s ezen adatokat jellemzően kombinálják a pillanatnyi felhőzet eloszlás műholdas képeivel és a csapadékot mutató időjárás radarképekkel. Hasonló szolgáltatás más területeken is megjelent már, például a belvízzel borítottság vagy a növényzet állapota bemutatásával. De az időjárás valamint az árvízi veszélyhelyzet gyors kimutatása, a hóolvadás nyomonkövetése, a növényzet állapota, beleértve már egyik-másik kártevő (pl. gyapjas lepke) megjelenését és nagyobb mértékű elterjedését, a mezőgazdasági művelés, a vetésterület felmérése, a hozambecslés, a belvízborítottság és a felszíni vizek állapota, az erdőtüzek ténye és terjedése nyomonkövetése, a földrengések okozta felszín elmozdulások helye és mértéke meghatározása, a kataszteri nyilvántartás..., ma már mind műholdas adatbázisokra támaszkodik.

A navigációnál említettem a hiteles és napra kész térképek iránti széleskörű felhasználói igény, alapvetően a gépkocsit használó tömegek igényének megjelenését, s ezek fontosságát. A műholdas távérzékelés és a műholdról vett adatok igen pontos térképre, azaz geodéziai koordináta rendszerbe illesztése együtt biztosítja ezen igény kielégítését. Ezért az elmúlt időszakban a távérzékelés adatok, és persze minden más a földfelszínről rendelkezésre álló adat, így a régi, akár történelmi régiségű (pl. ókori, középkori) térképek korszerű geodéziai rendszerbe, kiemelten is a műholdas helymeghatározás (GPS) referencia rendszerébe illesztése – a georeferálás – a szükséges nagy pontossággal a távérzékelés egyik kiemelten fontos területe lett sok, tudományosan is új eljárást eredményezve.

Általában is mondhatjuk, hogy a távérzékelés (műholdas) adatok megszerzése és szolgáltatása – azaz a műholdas rendszerek létrehozása és az adatvétele – a távérzékelésben bár továbbra is fontos, hiszen nélkülözhetetlen, de alapszinten megoldott. Ugyanakkor a vett és tárolt adatok tömeges és egy-egy felhasználói célt a lehető legjobban elérni képes adatfeldolgozási, adatértékelési eljárások csak töredékesen állnak rendelkezésre, s előállításuk igen nagy K+F ráfordítást igényel. Ugyanakkor kiderült, hogy nélkülözhetetlenek a korszerű társadalom megbízható üzemeltetéséhez. A munka globálisan intenzív e területeken, nagyon sok az eredmény, de távol vagyunk attól, hogy akár csak részben is megoldottnak mondhatnánk a műholdas adatok feldolgozási, értékelési eljárásainak kifejlesztését. Ugyanis nagyon kiterjedt a felhasználói kör – lásd a területek számbavé-

telét [3]-ban – és matematikailag is, meg a földtudomány teljes Föld-leírási modelljei oldaláról nézve is igen összetettek e feladatok. Mindenesetre mondhatjuk, hogy a távérzékelés is a társadalom által folyamatosan használt, nélkülözhetetlen űrszolgáltatássá vált ugyanúgy, mint a másik két (lásd a 4.1 és 4.2 pontokat) klasszikus űrszolgáltatás. Ezen újfajta adatrendszer, adatbázis létrejöttével, amelyet minden jól működő országban kiemelten kezelnek, megnövekedett a földfelszínre vonatkozó adatokat egységesen kezelő, úgynevezett GIS rendszerek fontossága, hitelességének és naprakészségének garantálása. Ez is űrkutatási feladat, hiszen a hitelesítés és a naprakészség kikerülhetetlenül a műholdas adatrendszerekhez kapcsolódik.

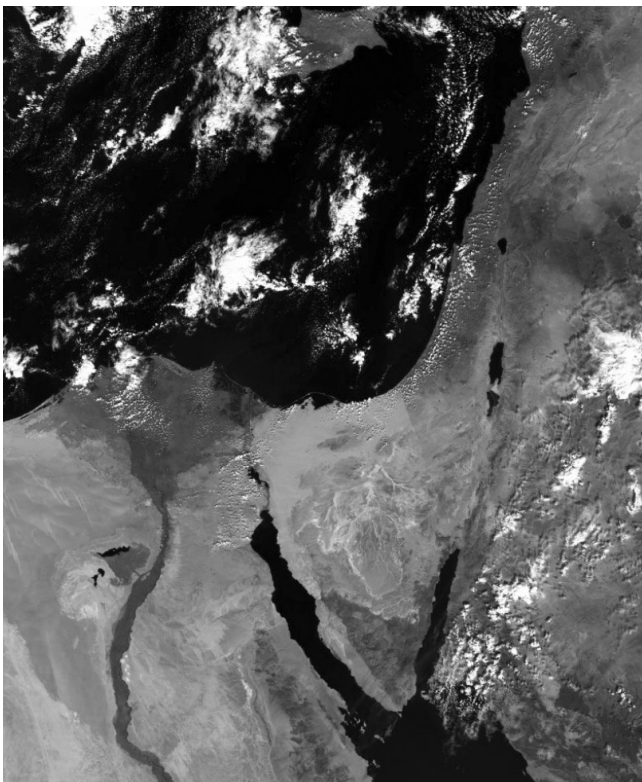
Vizsont a lezajlott fejlődés és a folyamatos távérzékelési adatvétele egyik következményeként a jól kezelt és karbantartott GIS típusú rendszerekben a felszínre (talaj, víz, növénytakaró, felszínborítottság, felszínváltozások, beépítettség stb.) hiteles idősorai állnak rendelkezésre legalább az elmúlt néhány évtizedre visszamenőleg, s ezekhez kapcsolódva akár több évszázadra is visszamenőleg a rendszerek tartalmazzák, tartalmazhatják a korábbi, térképeken rögzített vagy felmérésekből származó adatokat is. Elkezdődhetett a Föld felszíne dinamikájának összetett vizsgálata, amely mind a természeti, mind a civilizációs-társadalmi hatásokra kiterjed. A jövőben ez az összetett folyamat erősödve folytatódik úgy is, hogy egy-egy országról, ha saját maga nem fordít eleget e vizsgálatokra a baráti vagy éppen ellenséges szomszédai, partnerei sokkal többet fognak tudni, mint az adott ország. De ezért nem hibáztathatók azok, akiknél a többlet-tudás van, mert az érintett ország az, amelyik ostobaságból, tudatlanságból, nemtörődomségből nem foglalkozik még saját magával sem.

A műholdas technika is érdemi változásokon megy át úgy, hogy eközben fenntartják a korábban kialakult észlelési eljárások vagy azokkal kompatibilis adatokat szolgáltatató eljárások folyamatos használatát. A mai teljes űrszegmens globálisan részben GEO pályán lévő műholdakból, részben poláris napszinkron pályán lévő műholdakból, részben célhoz optimalizáltan felbocsájtott műholdakból áll. A mai helyzet még tükrözi a korábbi lehetőségeket [3]. Így folyamatosan és az egész földfelszínt naponta lefedően a kis és néhány közepes felbontást biztosító műholdas műszerek adatai állnak rendelkezésre. A nagy felbontást biztosító holdak adatainak egy-egy területen az ismétlődési ideje több nap vagy sok nap, míg az extra nagy felbontást (1m x 1m-től a <0,5m x <0,5m vagy még nagyobb) biztosító, általános, civil célra felbocsájtott műholdak adatai pedig esetlegesen vagy eseti megrendelésre állnak rendelkezésre. Az extra nagy felbontású, civil műholdak képei ma már érdemi katonai felderítést is lehetővé tesznek. Például a kínai nukleáris tengeralattjárók egyik új bázisának az építését és üzembeállítását civil műholdas adattal (Digital Globe) is lehetett igazolni. Ez ma még érdekesség, de a jövőben megváltoztatja az országok együttműködésének az alapjait, hiszen a titkolózás már a széles civil nyilvánosság előtt sem lesz lehetséges.

A fejlődés másik iránya a különleges, célorientált műholdak felbocsájtása, a speciális, új távérzékelő rendszerek kifejlesztése. E téren ma és a közeli jövőben a globális változások (pontatlan, köznapi nevén a globális felmelegedés) és általában a Föld működése finomabb, de meghatározóan fontos részleteinek a megismerése és folyamatos figyelése a kiemelt cél. Így több speciális műhold is készült illetve most készül az óceánok részletes tanulmányozására (Jason misszió a NASA és a CNES együttműködésében), amelyet a tervek szerint a Jason-4 műhoddal a kutatásból már szolgáltatási szintre kívánnak emelni. A másik kiemelt misszió a Föld (a légkör, az óceánok és a szárazföld a bioszférával és az emberekkel) teljes széndioxid forgalmának, a széndioxid mérleg egésze és részletei megismerésére irányul. Ugyanígy speciális, de különösen fontos cél a földi jégtakaró (sarki jég és a gleccserek, magashegyi hósapkák) állapotának és változásainak vizsgálata, amitől többek között az ivóvíz készleteink állapota és mennyisége is függ.

Ugyanezen a területen a speciális műholdak használata mellett a már szokásosnak tekinthető adatrendszerek felhasználásával is célorientáltan az ember, a társadalom környezetre gyakorolt hatásait kutató programok futnak, s továbbiak várhatók. Ezek jellegét jól illusztrálja például az ESA a nagyvárosok fölött és körül kialakuló „hőszigetek” és az így megváltozott környezet hatásainak a kutatása. Az eredményeket ingyen(!) a vizsgálatba bevonásukat kérő nagyvárosok rendelkezésé-

A sivatagosodás emberi-civilizációs forrásaira mutat rá ez a kép, ahol a Negev sivatagban látható az izraeli-egyiptomi határ. Attól északkeletre a sötét részekben él a félsivatagi növényzet, míg attól délnyugatra lényegében nincs jelen. (Az ELTE állomása vette.)



re bocsájtják a városi vezetés döntési lehetőségeinek javítása érdekében. (Megjegyzem unikumként, hogy Budapestet is bevonták volna a vizsgálatba, ha a város vezetése deklarálja, hogy fel kívánja majd valahogy használni az ingyen kapott eredményeket. De erre nem voltak hajlandók, így Budapest is és a magyar kutatók is kimaradtak a vizsgálatokból.)

Külön említést érdemel a különösen nagy spektrális felbontású, azaz hiperspektrális műholdas műszerek kifejlesztése az elmúlt időszakban. Ez eddig alapvetően kutatási terület volt, ahol a felszínről visszavert napfényt nem néhány, szélesebb spektrális sávban mérjük meg, hanem sok, keskeny spektrális sávban, megismerve a felszín viselkedését részleteiben is. A hiperspektrális technika eddig teljes egészében kísérleti eljárás volt, amelyben a kapott adatok tulajdonságait és a felszín állapotára vonatkoztatás eljárásait kerestük, hogy a korábbi, szokásos műholdas (multispektrális) távérzékelési adatok által szolgáltatott információknál többet, minőségileg újat, illetve pontosabbat és megbízhatóbbat vezethessünk le a hiperspektrális adatokból.

A MODIS műszer a 36 spektrális csatornájával e technika egyik előfutára és jól használható. De már a közeljövőben várható az első, már nem kísérleti műholdak startja (például német fejlesztésű műszer indiai szolgálati műholdon stb.) hiperspektrális műszerrel, amely lehetővé teszi a kőzetek ásványi összetételének könnyű, pontos és gyors vizsgálatát, a növényzet állapotának eddiginél minőségileg sokkal jobb felmérését stb. A hiperspektrális technika belép a standard távérzékelési eljárások közé. Azonban ugyanúgy, mint korábban a szokásos távérzékelési eljárások esetén is történt, ezen adatrendszer real-time vételét, kezelését és a felhasználás, hasznosítás eljárásait az egyes országok maguk kell megoldják, ha nem akarnak teljesen kiszolgáltatott és alulinformált helyzetbe kerülni.

E téren is van döntéshozói csapda-helyzet; máig folyik például K+F munka a terméshozam megállapítási eljárásai kifejlesztésére. Ezek átkerültek, átkerülnek operatív felhasználásra, a normálisan működő országokban. A szakmailag általában valamennyire kivülről szakmai „bírálok” és a döntéshozók most mégis azt látják, hogy a kutatók ismételten, például termésbecslési eljárások fejlesztésre kérnek pénzt. Nem tudván a fentebb elmondottakat, azok tényleges hatásait, jellemzően úgy döntenek, hogy ez már megoldott kérdés, s akik így döntöttek, döntenek, le is maradnak a többiekhez képest. Hiszen a hiperspektrális technika teljes új lehetőségeivel teljesen új, eddig ki nem fejlesztett eljárást igényel az eredményes felhasználáshoz. Viszont a régi adatokkal és a régi eljárásokkal az új eredményekhez nem lehet hozzájutni.

A már többször említett kis-műholdas technika (mikro- stb. műholdak) megjelenése a távérzékelésben éppen most indított el egy érdemi átalakulást, ami nagy előrelépést hoz. Ugyanis a kis-műholdak olcsók és képesek egy-egy érzékelő-műszert hordozni, üzemeltetni, legyen az akár nagy vagy extra nagy felbontású, optikai sávú műszer, akár mikrohullámú SAR rendszer. A fej-

lődés kétirányú. Egyrészt lehetővé vált, hogy két kis-műhold formációban repültetésével a két egyforma, feldélzeti távérzékelő műszer az éppen vizsgált területről mindig sztereó képpárt készítsen, azaz a távérzékelés rutinszerűen három dimenziós lehet. Ez rendkívüli áttérés és az adatfelhasználást is át fogja alakítani. Másrészt sok mikro-műhold olcsón elkészíthető és olcsón fel is bocsájtható. Így ma már nincs annak sem elvi, sem gyakorlati akadálya, hogy a nagy és extra nagy felbontású műholdas adatok is egy-egy területről például naponta ismétlődően rendelkezésre álljanak megbízható idősorokat produkálva a kutatás és a gyakorlati hasznosítás számára is, csak elegendően sok holdat kell felbocsájtani. Ez a változás is elkezdődött.

Kiemelendőnek tartom még azt, hogy megjelentek új műszerek is és új szemléletet tükröző kutatási irányok. Közülük kiemelem egyrészt a LIDAR nevű léghő és felszín vizsgálatra egyszerre adatokat szolgáltató lézeres műszert, amely alkalmas a léghő összetételének (pl. aeroszol tartalom) függőleges eloszlása meghatározására az éppen a műhold alatt illetve a műszer látóiránya mentén lévő légoszlopban, valamint az ezen légoszlop alatti felszín egyidejű vizsgálatára is. Lehetőségei miatt nemcsak műholdakon, de a közeli jövőben más bolygók (pl. Vénusz) vizsgálatára induló űrszondákon is alkalmazták. A másik új műszer a nagy behatolási mélységű radar (penetrating radar), amellyel műholdról lehetséges a felszín mélyebb, felső rétegeinek vizsgálata néhány száz 10 m mélységtől a felszín anyag-összetételétől is függően akár 1-2 km mélységig. Ez a technika is meghatározóan fontos lesz a jövőben.

4.4 Új szolgálatok megjelenése

Amint az várható volt, az elmúlt időszakban részben megjelentek már várt, új űrkalkalmazási, űrszolgáltatási területek a maguk rendszereivel, részben elkezdődött teljesen új szolgálatok létrehozása. Utóbbiak értelem szerűen az alapot jelentő K+F rész dominanciájával tűntek fel. Ezek kirajzolják a jövő földi társadalmának egyes sajátosságait is feltéve, hogy az emberiség „panem et circenses” felkiáltással nem irtja ki saját magát.

4.4.1 Űrparancsnokságok

Az első űrparancsnokságok (space commands) már korábban elkezdtek formálódni, s ma már működnek. Űrparancsnoksággal rendelkezik az USA, Oroszország, Kína és már kiformalódó India űrparancsnoksága. Az EU realizálta a problémát és a feladatokat, s elkezdte az űrparancsnokság létrehozását tanulmányozni, amit nehezít az EU-n belül a közös védelmi politika és a közös, mondjuk úgy szövetségi jellegű haderő hiánya, amit nem old meg a NATO megléte és működése. Az űrparancsnokságok fő feladata – itt megjegyzendő, hogy a kínairól nem tudunk érdemben semmit – az egész társadalom, azaz az adott ország vagy államszövetség működése szempontjából kulcsfontosságú űrbeli, azaz ma még teljes egészében műholdas szolgáltató rendszereinek a lehetséges mértékű védelme, a rendszerek megóvása akár terror jellegű, akár katonai támadás jellegű sérülésektől. Ugyan-

is, mint láttuk, ez alapjaiban érinti egy-egy ország működési stabilitását, s így a biztonságát és a szuverenitását is.

E fő feladat a többi áttekintése során is markánsan megjelenik. Természetesen ezen alapvetően védelmi, megóvási feladat mellett megjelent a visszavágás képességének létrehozása is. Az is tisztázódott az elmúlt évtizedben, hogy a bármi okból folytatott katonai műveletekben, legyen az például békefenntartás vagy éles hadihelyzet, ahhoz, hogy a bevetett katonai erő, a katonák – mind személyében egyedi, pótolhatatlan – jól és lehetőleg biztonságos körülmények között láthassák el a feladataikat az űreszközök, űrendszerek egész skáláját kell tudják használni, azokra kell tudjanak támaszkodni (felderítés, navigálás, hírközlés stb.). E fő feladat mellett elkezdődött a feladatok rendeződése, körvonalazódása is, s a továbbiakban ehhez igazodom.

Az űrparancsnokságok feladatai közé került a felderítés, amelyik azonban oly régi, mint maga az űrkutatás. Hiszen például az első amerikai katonai felderítő műhold a Discoverer-1 1959. február 28-án startolt. Mint láttuk, az általános, civil célú és irányítású távérzékelő műholdak adatait is egyre nagyobb mértékben lehet, mint egy mellékesen, felderítésre is használni. De ez nem helyettesíti a speciális, katonai célú, felderítő, esetenként felderítő és művelet-irányító műholdak fejlesztését és használatát. A feladatkör két részből áll. Egyrészt legalább napi egyszeri globális fedéssel figyelni kell a földfelszín markáns változásait, mert azok, ha megjelennek, vagy nagy természeti változást, katasztrófát jelentenek, vagy katonai balesetet, illetve műveletet, például támadás előkészítését. Azért csak a nagy változásokat lehet automatikus képfeldolgozással (is) figyelni, mert egyrészt a földfelszín globális lefedése műholdas távérzékeléssel ma még biztosan nem lehetséges a közepesenél érdemben nagyobb felbontással, másrészt a nagy és extra nagy, vagy speciálisan, műveletirányítást is lehetővé tevő mértékű felbontással lefedve a teljes földfelszínt olyan nagy adattömeg keletkezne, amit sem a műholdakról real-time lehozni, sem ugyanígy azonnal feldolgozni ma még biztosan nem vagyunk képesek. De ez a képesség folyamatosan növekszik. Másrészt a katonai felderítő-műveletirányító műholdak egy-egy kijelölt területről rendkívül nagy felbontású „képeket”, azaz adattömeget kell produkáljanak az átvonulásuk ideje alatt. Így lehetőségessé válik egy-egy kijelölt terület megfigyelése, esetleg ott mozgó alakulatok közvetlen irányítása, működésük segítése.

E területen az USA, Oroszország, Kína, India, Japán, Izrael stb. önállóan fejleszt és használ műholdakat, míg az EU-n belül Franciaország e téren a vezető űrhatalom, mind külön nemzeti használatra, mind a közös igények kielégítésére képes műholdakat fejleszteni és üzemeltetni. E speciális feladatkörben új, sajátos érzékelőket is fejlesztenek. Ezek közül most is (még?) az infravörös (IR) érzékelők fejlesztése a legfontosabb. Nagyérzékenységű és nagy felbontású képeket készíteni képes IR érzékelőket fejlesztenek. Az IR kiemelt szerepe érthető, hiszen mind az emberek jól látszanak éjszaka is a hőké-

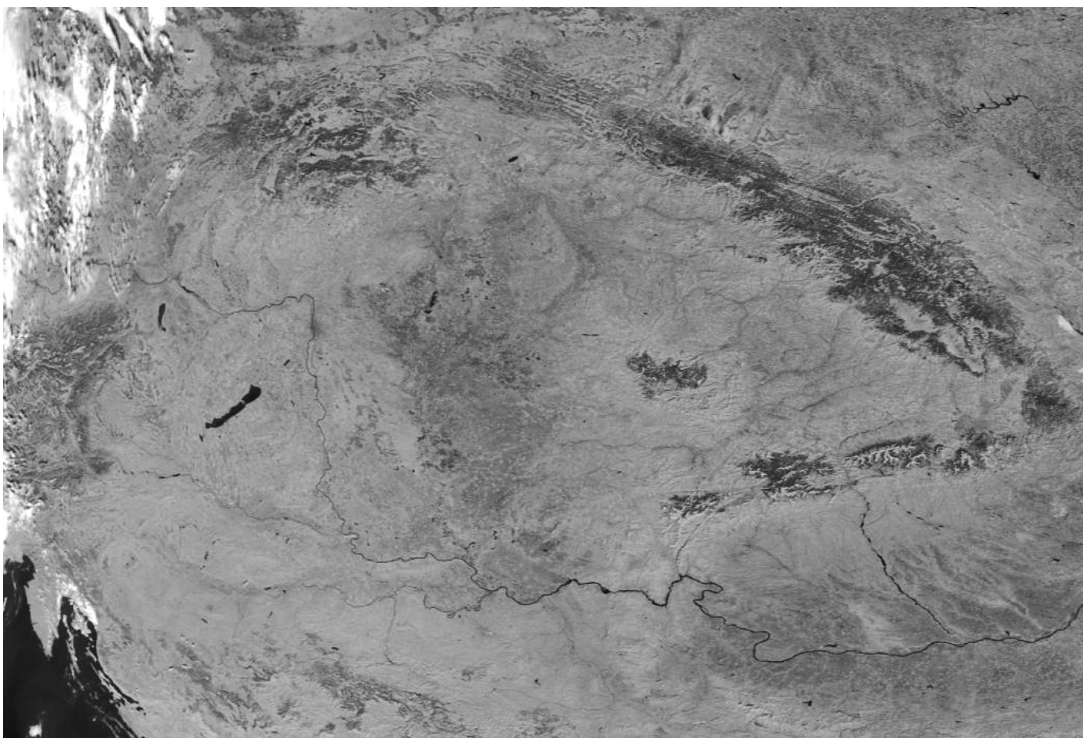
peken, mind a működő, illetve hideg járművek, egyéb műszaki eszközök. (Megjegyzem, hogy e technika használatával a hamis szeszfordék és az embercsempészek is a mainál sokkal egyszerűbben megfoghatók.) Az IR érzékelőknél sajátos cél az induló pl. interkontinentális vagy űrbe szánt rakéták gyors és pontos észlelése is. Ez ugyanis egy remélt elhárítás sikerének ugyanúgy az előfeltétele, mint ahogy egy esetleges nagyobb vagy világméretű konfliktus kitörése megakadályozásának az utolsó lehetősége. A hiperspektrális technika új lehetőségeket nyit a felderítésben is, mivel az álcák és a tényleges objektumok megkülönböztetésének eddig meg nem volt lehetőségét kínálja. E téren a gond az, hogy a nagyon sok spektrális sávban a nagyon nagy térbeli felbontás extrém mennyiségű adatot produkál, amelyek átviteléhez és feldolgozásához új műszaki utakat kell találni. De ez az igény a civil területeken is megjelent, így a fejlesztés nem speciálisan katonai feladat megoldása.

Mivel a mobil hírközlés értelemszerűen a honvédelmi műveletek egyik kulcseleme, s ráadásul – lásd a 4.1 pontot – az első, teljes kiépítésű MSS rendszer, az Iridium a cég csődje következtében állami kézbe (az USA kormánya kezébe) került és nagyobb részt honvédelmi típusú célokra használják, az Egyesült Államok űrparancsnokságának egyik fontos feladata annak vizsgálata, hogy célszerű-e speciálisan honvédelmi feladatokra különálló MSS rendszert létrehozni, valamint az alacsony pályás (LEO) műholdakból álló általános célú MSS rendszerek használhatóságának vizsgálata az Iridiumon, s az ilyen LEO holdakból álló rendszerek védelmének kialakítása támadás esetén.

A műholdrendszerek, pillanatnyilag elsősorban még a LEO holdakból álló rendszerek védelmének szükségessége az elmúlt időszakban egyértelműen kiderült. Ugyanis Kína műholdak elleni támadásra fejlesztett ra-

kétával (Anti SATellite, azaz ASAT rakéta) sikeresen kilőtte az egyik, már üzemképtelenné vált, poláris LEO pályán keringő műholdját, a FengYun-1C-t. Ezzel Kína egyrészt demonstrálta a műhold-megsemmisítési képességét, és olyan időszakban tette ezt, amikor a világban éppen senki sem fenyegeti, mégis a mások elleni támadás megindításának egyik fontos és korszerű elemét fejlesztette ki és a használhatóságát demonstrálta is. Másrészt a szétlőtt műhold és az ASAT sok ezernyi darabja más műholdakat, űrhajókat, induló bolygóközi szondákat veszélyeztetve kering ma a Földünk körül.

Mindkét tényezőnek érdemi következményei vannak. Az utóbbira a 4.4.2 pontban térek vissza. Az első tényező következtében az Egyesült Államok haladéktalanul éles kísérletben, vagyis egy már nem használt saját, az ellenőrzés alól kikerült és nagyméretű, a Földre visszazuhanni készülő műholdat szétlőve, demonstrálta a saját ASAT képessége meglétét, hangsúlyozva, hogy ez csak egy egyszeri, egyedi kísérlet, amit továbbiak nem követnek. (A keletkezett darabok elsöprő többsége visszaesett a légkörbe és elégett.) Oroszország, bár tudunkkal e képessége szintén megvan, nem tudjuk, hogy az USA-val egyeztetve vagy egyeztetés nélkül, nem demonstrálta e képessége meglétét éles kísérletben. Fontos tudni, hogy minden ilyen kísérlet, a már visszatérő, visszazuhánó pályán lévő műholdak esetét kivéve, növeli a veszélyes űrszemét mennyiségét. Az ASAT technika globális elterjedése előtt ezzel a kínai kísérlettel megnyílt az út. Viszont az így veszélyeztetett műholdrendszerek üzeme nemcsak a katonai-védelmi feladatok számára fontos, hanem elsősorban és alapvetően az egész civil társadalom jó működéséhez (lásd az 1. részben). Ezért az USA vizsgálatokat indított el, hogy megtalálják a jó megoldásokat a műholdrendszerek egyes holdjai önvédelmi képességének a kialakítására. Két fő irányt



Magyarország az űrből, az ELTE állomása által vett multispektrális kép úgynevezett hamis színű változata

vizsgálnak: a műholdak rendelkezzenek olyan manőverező képességgel, amelynek a segítségével ki tudnak térni a támadó rakéta elől; illetve fel lehet-e szerelni a műholdakat (civil hírközlő holdakat, navigációs holdakat, távérzékelő holdakat és persze a speciálisan katonai célú holdakat is) olyan lézer-fegyverrel és kapcsolódó érzékelő rendszerrel (lásd még a 3.3 pontot), amelyek segítségével a műhold szét tudja lőni a támadó rakétát. Arról ma nincs érdemi információ, hogy a sok szempontból sajátosan működő Kínában hány ASAT rakéta áll bevetésre készen vagy hányat akarnak telepíteni a közeli jövőben. Azonban a történetek következtében az egyébként is sérülékeny globális emberi civilizáció tovább destabilizálódott.

Mivel az elmúlt időszakban a közepes és nagy (interkontinentális) hadi rakéták előállításának képességét egyre több ország, közöttük a kultúránkkal szemben kifejezetten ellenséges Észak-Korea és Irán is megszerezte (3.1 pont), s a rakétaépítési képességét sikeres kísérletekben demonstrálta is, újra a fejlesztési célok közé került a rakéta-elhárítási rendszerek kifejlesztése és kiépítése. (Oroszország és az USA vitája e kérdésben nem e képesség kiépítésének fontosságáról folyik, hanem a mikéntjéről. Például arról, hogy a NATO-rendszer képes legyen-e orosz területről indított rakétákat is elfogni vagy csak a világ más részeiről. A kérdés valódi, hiszen érinti a még 40 évvel ezelőtt kialakított, akkor globális egyensúlyt.) A fejlesztés gyorsul és a jelenlegi K+F cél egyrészt a 3.3. pontban már tárgyalt, földi telepítésű lézerek alkalmazása, másrészt olyan elhárító rakéták kifejlesztése, amelyekben egy rakéta sok elhárító „fejet” visz magával, s így egy starttal sok támadó robbanófej illetve a robbanófejeket védő, megtévesztő ál-robbanófej semmisíthető meg. Intenzívebben folytatják a támadó ál-robbanófejek és valódi robbanófejek azonosítási módszereinek a kutatását is. Ez utóbbi azonban igen nehéz feladat, ha univerzális megoldást akarunk. Viszont a nem univerzális azonosító eljárások az ál-fejek kis módosításával igen könnyen kijátszhatók.

Fontos, de egyedi fejlemény az, hogy vezető katonai hatalom elveszíti az önálló űrrepülési képességét. De az USA-val ez most megtörtént. Ezért a NASA erőltetett ütemű Orion űrhajó és Ares rakéta fejlesztése mellett az Államok légereje felújította annak tanulmányozását, hogy ismételten használható, esetleg SSTO képességű, önálló, a civil programoktól független űrhajó fejlesztést indítson. Az első közlemények szerint ha ez megszületne, akkor hozzájárulnának a civil célú általános használatához is. Más szóval nagyon zavaró az Államokban az az „idétlenkedés”, ami már két évtizede folyik a civil űrhajózás terén, beleértve egyes okoskodó ál-tudósok – „minden megoldható robotokkal, az emberek csak mulassanak itthon a diszkóban” – nézetének a folytonos hangoztatását, s a különféle bizottságokban a vég nélküli és értelmetlen vitákat. Hiszen pillanatnyilag az Orion építését is vitatják egyesek, kihasználva az elnökváltás miatti természetes kezdeti bizonytalanságokat. A többi működő űrparancsnokságnál ilyen gond és feladat nem merült fel.

4.4.2 Űrvédelmi rendszer

(Space Situational Awareness – SSA)

Az angol elnevezés kifejtése az ESA definíciója [17] szerint a következő: Az SSA tartalmazza mindazt az infrastruktúrát és tevékenységet, amely ahhoz kell, hogy megbízható ismereteket (riasztáshoz és a jövőben az esetleges elhárításhoz is), időben érkező és pontos adatokat és a szükséges szolgáltatásokat biztosítja három területen. A területek, azaz veszélyforrások: az űrbe került és veszélyessé váló, ember alkotta objektumok, továbbá az űrbeli környezet hatásai (Nap-Föld kapcsolatok, űridőjárás stb.), valamint a természetes Föld-közei objektumok (kisbolygók, meteorok stb.), amelyek az űrtevékenységet, az űreszközöket, illetve a az emberi javakat és végső soron az egész emberi életet, a pusztalétünket is veszélyeztethetik vagy veszélyeztetik.

Ma e téren a kutatók sokféle munkálkodnak, de összehangolt, célorientált, s így az SSA követelményeinek megfelelő munka alig folyik. Például a világ sok helyén sok csillagász – még amatőr csillagászok is – foglalkoznak a kisbolygók, üstökösök, meteorok kutatásával, de a fenti szempontot kielégítő, összehangolt, veszély esetén az azonnali riasztást biztosító rendszer nem létezik. A munka megindításában Európa élenjárónak tekinthető. Hasonló rendszer részei működnek az USA-ban, a NATO-ban (a NORAD légi és rakéta figyelő, továbbá műhold-, valamint egyéb űrszonda követő rendszer), Oroszországban, de ezektől a fentiekre teljesen kiterjedő és kellően megbízható adatokat az EU és az ESA nem kap, azok ott sem állnak mindig rendelkezésre. Mivel több feladat megoldásához kikerülhetetlenül globális mérőhálózatok szükségesek, ezért remélhető, hogy e téren a szolgáltató rendszer létrejötte egyben erősíteni fogja a globális együttműködést is. Ez az EU, USA és Kanada, Oroszország, Japán, Dél-Afrika, India, Új-Zéland és Ausztrália között már jó és jól működő alapokkal rendelkezik, de más irányokban ez ma nem igaz. A jelzett bázis azonban önmagában elegendő globális fedést ad.

Az SSA területen jelentkező három veszélyforrás:

- Minden lehetséges hatás, amely veszélyezteti az űr-infrastruktúrát – Európa esetében az európai űr-infrastruktúrát –, azaz a kutató, a megfigyelő-távérzékelő, a hírközlő, a navigációs vagy meteorológiai műholdakat, akár ütközéssel, akár ellenséges tevékenység következtében.
- Minden lehetséges zavar vagy rombolás az űrbeli vagy földi infrastruktúrában (műholdak, elektromos energiaellátó rendszer, elektronikai hálózatok, távközlés, ellenőrző és irányító rendszerek), amely a világűri (elektromágneses és részecske-sugárzási) környezetből érkezik, mint például a napkitörések hatásai.
- Az emberi élet védelme mind a földfelszínen, mind a levegőben és a világűrben azokkal a veszélyekkel szemben, amelyeket az űrbeli szemét, törmelék vagy az ún. Föld-közei objektumok (kisbolygók, meteorok, üstökösök, egyéb égi kódarabok) okozhatnak a légkörbe lépve illetve a Földbe csapódva.

Értelemszerűen e három fő irány mentén indul meg az interjú K+F munka azzal a céllal, hogy már a K+F szakaszban kezdődjön meg a döntéshozók részére a lehetséges mértékű adatszolgáltatás, ami majd teljes rendszerre épül ki. Így mostantól kezdve a teljes értékű és nagy megbízhatóságú űrbeli követés, a műholdak és törmelékek folyamatos figyelése és katalogizálása, pályájuk értékelése és a riasztási küszöbök meghatározása kiemelt kutatási feladat az ESA-n és az EU-n belül.

Azonos súlyú feladat az űridőjárási kutatás és a kapcsolódó monitorozó hálózatok, eljárások, a Föld elektromágneses környezetének 24 órás, vagyis megszakítás nélküli figyelése, a mérések automatikus és megbízható értékelése, s a riasztási küszöbök megtalálása. (Ez utóbbi feladat az elektromágneses hullámterjedés kérdéskörének eddig sosem látott mértékű fontossá válását hozta és hozza magával.) Végül az eddig a csillagászatok hobbijának és az amatőrök szórakozásának tekintett természetes Föld-közeli objektumok megtalálása, követése, katalogizálása, a pontos pályaszámítási eljárások fejlesztése és a riasztási szempontok meghatározása is kiemelten fontos kutatási és szolgáltatási iránnyá vált.

Az ember alkotta objektumok veszélyei az elmúlt időszakban világossá váltak. Először néhány nagy méretű űreszköz Földre visszazuhanása okozott gondot. Szerencsére(!) ezek végül is óceáni területeken érték el a felszínt. Majd a kínai ASAT kísérlet mutatta meg, hogy egyetlen döntéssel mily nagy tömegű, veszélyes űrszemetet lehet csinálni. Végül egy ellenőrzés alól kikerült, azaz már az élettartamán túl lévő, meghibásodott orosz műhold ütközött neki egy amerikai LEO pályás távközlési műholdnak, tönkretéve egy Iridium holdat. A kérdést eddig nem kezeltük a súlyának megfelelően. Az űridőjárás területén sok az indikáció, a bolygók és a Föld elektromágneses környezete külön is figyelmet érdemel. De ezek mellett már kiderült, hogy például a nagy trópusi viharok (hurrikánok, tájfunok) keletkezési területei teljes korrelációban vannak az ionoszféra elektron-sűrűsége (plazma-sűrűsége) maximumainak felszín feletti elhelyezkedésével. A kapcsolat vélhetően nem közvetlen, de kétség kívül megvan. Vagyis a hatások nemcsak a már kimutatott területeken (zavarok a távvezetéseken, baleseti és rosszullett gyakorisága stb.) vannak meg, hanem sok más területen is, amit korábbi elképzeléseink alapján nem is gondoltunk volna.

A Föld-közeli objektumok esetében szerencsénkre érdemi demonstratív eset (még) nem történt. De az elmúlt időszakban kiderült, hogy jószorival nem is ismerjük a Föld-közeli objektumokat, alig néhányról tudunk. Az újabban észrevettek között pedig van olyan, amelyik akár egész civilizációnkat is veszélyeztetheti. Másrészt nagy megbízhatósággal sikerült igazolni, hogy a múltban vissza-visszatérően nagyobb objektumok csapódtak a Földre érdemben befolyásolva a földi bioszféra létét, működését. Ráadásul e kváziperiodikus eseménysorban most éppen olyan időszakban vagyunk, amikor a korábbi hasonló időszakokban csapódott be objektum a Földre. Mindezek ott vannak az SSA megindítása mögött.

4.4.3 A Föld elektromágneses környezetének monitorozása

A Föld és a Naprendszer többi bolygója elektromágneses környezete egyes jelenségeit már az űrkutatás kezdeti ideje óta vizsgáljuk. Például azt, hogy van-e mágneses tere, annak mi a szerkezete stb. De az egységes elektromágneses környezet léte és fontossága csak az elmúlt időszakban rajzolódott ki előttünk. Azt már az előző helyzetképek – elsősorban [2,3] – írása idején tudtuk, hogy a Napból jövő (flare, napfolt stb. által keltett) tranziensek és az állandó napszél valamint a vizsgált bolygó kölcsönhatása részecske befogást és elektromágneses jelenségeket produkál. Azonban ezen jelenségek kör teljessége ekkor még nem sejlett fel előttünk. Mára már tudjuk, hogy mind a Föld, mind a többi bolygó esetében a bolygó működésének, állapotának és a folyamatban lévő vagy várható változásoknak az egyik kísérőjelensége, jelzője illetve akár a teljes megjelenése éppen az elektromágneses tér jelenségeinek együttese. Sőt az is kiderült, hogy a Föld elektromágneses környezetének, speciális szerkezetének sarkalatos szerepe van az életfeltételek biztosításában a Földön!

Ezért a bolygók és a bolygóközi tér kutatásában az ott jelenlévő plazma és az ott fellépő, terjedő elektromágneses jelek mérése mára kiemelten fontossá vált. Az adatok igen jól használhatók a bolygók összehasonlító vizsgálatában is. Ez pedig azért fontos, mert segíti a Föld állapotának és változásainak a megértését. Ez két területen indított változást. Egyrészt megjelentek a terjedő elektromágneses jelek pontos alakját is kimérni képes és egyben nagyon érzékeny mérőeszközök, másrészt a jelenségek pontos megértéséhez és az elektromágneses környezet leírásához – benne az űridőjárási jelenségekkel is – a Maxwell egyenletek egzakt megoldásainak megtalálása volt szükséges e különleges és változatos környezetben, ahol a jel által átjárt közeg inhomogén is, meg összetetten mozog is. Az is kiderült, hogy a jelenségekről, még az előfordulásuk időbeli eloszlásáról sincs teljes értékű adatbázisunk. Például még a villám keltette felsőlégi (magnetoszférikus terjedésű) jelekről sem. E kérdéskörben érdemi magyar részvétellel az elmúlt időszakban sok eredmény született.

Mindezek alapján az elméleti munka eredményes megélénkülése mellett a földi és űrbeli mérőhálózatok kiépítése is megkezdődött. Elindultak az első, kifejezetten az elektromágneses környezetet vizsgáló műholdak. Közöttük is igen fontos az ESA Cluster missziója, az amerikai Image műhold, a francia Demeter műhold és az orosz-magyar-ukrán Kompas-2 műhold. A kapott és még érkező adatok első feldolgozása már megmutatta, hogy az elektromágneses környezet szisztematikus műholdas monitorozására mielőbb szükség van. Az erre orientált műholdas misszók folytatónak. Így rövidesen újabb francia műhold várható, továbbá egy ugyanilyen méréseket végző, orosz vezetésű és nagyobb magyar hozzájárulású műszeregyüttes (Obsztanovka) felvitele a Nemzetközi Űrállomásra, valamint orosz műholdak indulnak ugyanezen célból (szintén magyar mérőeszközzel felszerelve).



Az AWDANet globális hálózat, ami a Föld magnetoszféráját monitorozza 24 órás, megszakítás nélküli üzemben teljesen automatikusan

De ahhoz, hogy az elektromágneses környezetet folyamatosan és kellő pontossággal és kellő mélységben megfigyeljük és megértsük, a műholdas mérések önmagukban nem elegendők. Szimultán földfelszíni mérésekre van szükség. Ezek azonban csak akkor szolgáltathatnak kellően megbízható, teljes értékű eredményt, ha folyamatosan üzemelnek és a vett jeleket folyamatosan, s ezért értelemszerűen automatikusan fel is dolgozzák. Az elmúlt időszakban több globális hálózat telepítése és üzeme is megkezdődött. Nekünk talán fontos, hogy mindegyik magyar részvétellel jött létre és működik, s a sok szempontból unikális AWDANet magyar vezetéssel, magyar szakmai eredmények alapján jött létre és épül tovább, s ez ma az egyetlen olyan rendszer, amely képes folyamatosan a villámok által keltett és a magnetoszférán át terjedt jeleket (whistlereket) folyamatosan regisztrálni automata jelfelismeréssel és most épül ki benne az a szolgáltatás, hogy a regisztrált jelekből automatikusan azonnal számítja a magnetoszféra paramétereit. (Ez az eljárás is magyar eredmény.) Ez azért különösen fontos, mert egyrészt először válik lehetségessé a magnetoszféra állapotának a folyamatos és pontos megismerése, másrészt az SSA részére tudja szolgáltatni az ott kiemelten fontos űridőjárás adatok talán legfontosabb részét, a magnetoszférában keletkező zavarok real-time észlelésével.

A szolgálat ezen teljessé válása éppen folyamatban van, de hasonlóan megkezdődött (e téren újjeländi és amerikai vezetéssel, magyarok részvételével is) a villámok globális és folyamatos detektálása. (Kiemelendő a WWLLN rendszer, újjeländi vezetéssel.) Ez az adatrendszer egyrészt kapcsolódik az előbb elmondottakhoz, másrészt fontos a polgári repülés számára, s el is kezdték a használatát. Végül pedig ezen hálózatok együttes működése lehetővé teszi a globális villám-aktivitás időbeli változásának meghatározását. Ez azért különösen fontos, mert az összehasonlító planetológiai vizsgálatokból, a felforr, izzóan forró Vénusz és a Föld elektromos kisüléseinek eddigi összehasonlításából az derült ki, hogy a globális változásokkal, vagyis az úgyneve-

zett globális felmelegedéssel valószínűleg nem a villámtevékenység erősödése, hanem ezen aktivitás csökkenése és átalakulása járhat együtt. Érthetően rendkívül fontossá vált e jelenségkör megértése, hiszen az itt megjelenő változások lehet, hogy elemi életfeltételeink veszélybe kerülésének az előhírnökei lehetnek, de úgy tűnik, hogy észlelésük időben, elegendően korán történik ahhoz, hogy még változtassunk – ha az emberiség akar és hajlandó változtatni – a rossz folyamatokon.

5. A magyar űrtevékenység helyzetéről

E helyzetképnek, elődeihez hasonlóan [1-3] nem célja a hazai helyzet részletező, kimerítő elemzése; azaz nem helyettesít egy átfogó hazai helyzetelemzést. Viszont, megkerülhetetlen, hogy ebben az anyagban, a korábbiakhoz hasonlóan, a hazai helyzet fő vonásait felvázoljuk. Mivel a magyar helyzet, illetve eredmények megjelentek már az előző pontokban is a nemzetközi kép részeként, itt az ismétléseket a lehetséges mértékig kerülöm.

Mivel a társadalmi ismertség és elfogadottság a hazai helyzetet is alapvetően befolyásolja, először e kérdéssel foglalkozom. E körben globálisan is komoly gondok vannak (lásd az 1. részben), azonban a hazai helyzet ezzel összevetve még sokkal rosszabb. Az az általános szétesettség, ami ma a magyar lakosságot jellemzi, s aminek következtében nem alkot működő társadalmat, érdemben minden kérdésre kiterjedően oda nem figyelést, érdektelenséget és nemtörődömséget eredményez. Vagyis a lakosok elsőprő többsége kizárólag a pillanatnyi vélt érdekeivel törődik, s a köz ügyeit számára érdektelenként félresöpri. Hazánkban általában is igaz, hogy K+F munkát valamiféle fölösleges szórakozásnak ítélik, az ezzel foglalkozókat pedig ingyenélőknek. E helyzet létrejöttében és mai meglétében érdemi felelősség terheli a közvélemény formálásában szereplőket, mert legtöbbször mindezt maguk sem ért-

vén még segítik is azon vélemény kiformalódását, hogy a kutatás luxus és nem elemi életfeltétel. Ez a helyzet hazánkban – ha egyáltalán lehet még fokozni –, fokozottan érvényes az űrtevékenységre. Ebben a felelősség összetettebb. A közvéleményt formálók ugyanis maguk sem tudják, hogy minden pillanatban űrrendszereket használnak riportjaik, műsoraik elkészítésekor és leadásakor, de a megkérdezett „szakértők” is – jellemző tévedésük, hogy nálunk az űrtevékenységet csillagászatnak tartják, ami azért ritka helyzet a glóbuszon, ezért egy-egy témához szeretnek ilyen értelemben keresni szakértőket – általában a pillanatnyi szenzációkról, legtöbbször a távoli világűr legelvontabb kérdéseiről beszélnek, így teljesen elsikkad az űrtevékenység valódi jellege és művelésének fontossága, mindennapi szerepe az ipar és a gazdaság fejlődésében, az élet megóvásában, szolgálatában, vagyis mindabban, amiről az előző pontokban volt szó. E mellett a lakosok tájékoztatására széles körben ma is rányomja a bélyegét az a hamis kép, amelyiket még a bolsevik diktatúra idején kötelező materialista szemlélet táplál, ezért aztán nálunk az űrtevékenységet jellemzően a nagy és gazdag országok presztizs-programjainak tekintik, s így is mutatják be. E helyzet azért rossz, mert az országot elzárja a korszerű ipari-gazdasági-környezeti-társadalmi fejlődés egyik legfontosabb hajtómotorja használatától, gyorsítva a lemaradásunkat most még csak Európához, de rövidesen a glóbusz elmaradottabb régióihoz képest is.

A döntéshozói helyzet az általános állapotainkat tükrözi. Az elmúlt időszakban sokat romlott a kép. Ugyanis az előző helyzetkép [3] készítése előtti években, ez az 1990-es évek elejét jelenti, minden parlamenti párt frakciójában volt legalább 2-3 képviselő, és persze velük dolgozó szakértők is, akik tudták, hogy mi az űrtevékenység és akikkel e terület művelésének és fejlesztésének a kérdéseit mind kormány-oldalon, mind az ellenzéki oldalon meg lehetett beszélni. Akkor elkerülhetetlen volt az űrtevékenység irányításának átszervezése a rendszerváltoztatási kezdemény következtében és Európa-konform szervezet jött létre [3]. Ma már nincs a parlamenti pártoknál sem képviselőként, sem szakértőként olyan ember, aki tisztában lenne azzal, hogy mi az űrtevékenység és tudná, hogy az miért fontos, hogy művelni és fejleszteni kell... Jó értelemben színezi e képet, hogy az elmúlt időszakban az egyik Európa-parlamenti képviselőnk lett 2009-cel bezárólag a Galileo-program „felelőse”, s jó mérnökként igen tájékozottá vált az űrtevékenység ügyeiben, sőt mindent meg is tett, hogy a dolgok jó irányba menjenek. De ez csak rövid tranziciensnek látszik ma.

A kormányzati helyzet sem jobb. Ugyanis az elmúlt évek során az űrtevékenység irányítását, szervezetét többször átalakították, degradálták, s ma már az irányítás, szervezés egyáltalán nem Európa-konform (lásd a 3.1 pontban is). Magyarország európai integrálódása, az ESA-hoz teljes jogú tagként csatlakozása és az EU űrpolitikája megvalósításában való részvétele teljes mértékben elakadt. Ez ma már érdemi anyagi kárt is je-

lent Magyarországnak, s e károk a jövőben, – ha igen gyorsan nem változtatunk –, csak növekedni fognak. Jellemző példaként legyen itt most a magyar-indiai űrkapcsolatok alakulása. Kormányfőnk indiai látogatása során a hindu fél – a korábbi jó űrpari és tudományos eredményekre is támaszkodva, amelyekkel ők tisztában voltak – nyomatékkal jelezte, hogy szükséges lenne az űrtevékenységben is a kiemelt kétoldalú együttműködésre. Erre keretet is rögzítettek és a megállapodás megszületett. Ennek ellenére a tényleges szakmai megállapodások megszületésére és a munka megkezdésére a mai napig nem került sor, bár ez legalább lassacskán ballag az úton. A hazai ráfordítások már messze elmaradnak régióink velünk összemérhető országainak ráfordításaitól, ezért elkezdődött a korábban megvolt egyértelmű regionális vezető helyzetünk felmorzsolódása.

Rontja a helyzetet az is, – mint az a provinciákon jellemző –, hogy az általános szakmai döntéshozói-vezetői közeg is a hazai általános társadalmi helyzet egyfajta leképeződése. Így az a mai sajnálatos állapot, hogy országos átlagban az egyetemi-akadémiai közeg sem tudja, nem érti az űrtevékenység fontosságát, értelmét, sőt az elért, a nemzetközi tudományos közéletben elismert eredmények itthoni megítélése is kétes, így az űrkutatási területeken elért eredményeket szinte mellőzik. Csak egyetlen példa erről az, amikor egy egyetemi csúcsvezető meglátta a diákok(!) által épített első magyar műholdat. Ez az ESA által is elismert teljesítmény, a hazai „szakmai-tudományos” csúcsvezetői álláspont azonban az volt, hogy effajta fölösleges marhaságokkal nem szabad foglalkozni. (Megjegyzem, az érintett diákok olyan szinten képzetek éppen a műhold építésével megszerzett tudásuk következtében, hogy bárhol a világon azonnal el tudnak helyezkedni.)

De visszatérve az államigazgatási területekre, e helyzet következtében (egyelőre) kimaradunk fontos európai szolgáltatásokból is. Például Európában már két éve elkezdtek űrből származó (kezdetben kiemelten a távérzékelési) adatokra támaszkodva olyan katasztrófa-riasztó (időjárás- és veszélyhelyzet stb.) központot létrehozni, amelyik folyamatosan dolgozva figyeli az európai helyzetet és veszélyes szituáció alakulása esetén azonnali értesítést küldene az adatok szerint várhatóan érintett országokba. A rendszerhez kapcsolódó országokban e riasztást vevő és a helyzetet ott azonnal a saját adatok alapján is értékelő hely kell, hogy azután ne vesszen el az információ a semmiben. Hazánk a mai napig nem jelezte mégcsak az érdeklődését sem, pedig a hazai szakmai feltételek megvannak – még...

Ugyanakkor, ha a kutatási-alkalmazási eredményeket nézzük, igen reménykeltő a kép, az űrkutatási munkák rendkívüli alulfinanszírozottsága ellenére. A szükséges pénzek hiányát részben kompenzálja a régi gárda szakmai elhivatottsága, ami azonban nem teszi lehetővé sem az utánpótlás kinevelését, munkába állítását, sem az állami döntést is illetve kicsit is több pénzt igénylő programokban részvételt. Most is csak fontosnak tűnő példákat emelek ki. A Pille doziméter első változata még az első magyar űrrepüléssel jelent meg a

nemzetközi porondon. Azóta is a magyar űrtevékenység egyik sikertörténete. A mai változat már a kutatási szakaszból átkerült az emberes űrrepülés szolgálati rendszerei közé: a Nemzetközi Űrállomás (ISS) standard dozimétere lett. Az is fontos eredmény, hogy az elmúlt években Simonyi Károly professzor úr fia, Charles Simonyi (Simonyi Károly) saját költségen kétszer is járt az ISS-en, mindkét alkalommal dolgozott a Pillével és a második útján elvégezte a már több éve fent dolgozó Pille újrakalibrálását. Kiderült, hogy a Pille hosszú távon is igen stabil, paramétereit tartó műszer, kiváló műszaki alkotás. (A Pille mai változata kifejlesztőjének tudományos-szakmai elismerése itthon nem történt meg.)

De sikerült más téren is jó eredményeket produkálni. Láttuk, hogy a Föld és a többi bolygó elektromágneses környezetének megismerése és az űridőjárás kutatása kiemelten fontossá vált. A korábbi eredmények alapján részben új elektromágneses hullámterjedési elméletet sikerült kidolgozni, amely a természetben mért jelek és az azokat kialakító körülmények leírására sokkal alkalmasabb, mint a korábbi leírások, és sikerült kifejleszteni olyan műholdfedélzeti műszert és annak földi megfelelőjét is, amelyik e jelek vizsgálatára alkalmas.

Ez az Inhomogén Alapmódusok Módszere az elméletben és a SAS2, SAS3 műszer az űreszközökön, valamint a VR-1 és VR-2 műszer a földi mérőrendszerekben. A SAS2 a Kompass-2 műholdon mutatkozott be sikerrel. A Kompass-2 2006. május 24-én startolt, míg a VR-2 az AWDA-net rendszer alapműszere. A sikeres működés és az elméleti eredmények alapján nemcsak az AWDA-net üzemel nagy globális kiterjedéssel, hanem több űrkísérlésben a SAS valamelyik változata fontos műszerként szerepel, s megnyílt az út az előtt, hogy kísérletvezetőként (PI) vegyünk részt előkészületben lévő olyan bolygó vizsgálatban (Vénusz misszió), aminek a célja az összehasonlító elemzések segítségével a Föld működésének sokkal jobb megértése.

Igen nagy eredmény, hogy kutatóink és mérnökeink jó munkával részt vesznek az ESA kiemelt fontosságú, úgynevezett „zászlóshajó” osztályú Rosetta missziójában, ahol a Naprendszer kis égitestjei egyikének vizsgálata a cél. Mondhatjuk, hogy már sok hazai kutatóhely bekapcsolódott az ESA egyes programjaiba, s komoly eredmény, hogy e programok mindegyikében a magyar hozzájárulás eredményes illetve eredményes volt a biológiai kutatástól a fizikai és műszaki kutatásig. Ki kell még emelni, hogy a Nap, a Naprendszer és a Galaxis élet hordozására alkalmasságának vizsgálatában magyar csillagászok élvonalbeli eredményeket értek el. A helymeghatározás, a meteorológia és a távérzékelés terén is eredményes az űrtevékenységben a munkánk.

A hírközlésben a szabad piac érvényesül, amint azt még [3]-ban megmutattam. A helymeghatározásban a magyar hozzájárulás a rendkívül nagy pontosságú mérések realizálása, beleértve a földi kiegészítő hálózatok alkalmazását. De az ESA tagság hiánya és a hazai ráfordítások szinte nevetségesen kicsiny volta miatt az EU lehetőségek kihasználásának a korlátozottsága miatt a Galileo-ba bekapcsolódásunk akadozik, a szüksé-

ges és kívánatos szintet nem éri el. Ebből már anyagi kára is származik hazánknak. A meteorológia és távérzékelés számára lényeges fejlemény volt, hogy a 2001. végi K+F támogatási döntéssel egy olyan műholdmegfigyelő állomást sikerült telepíteni az ELTE-re, amely alkalmas a NOAA, a FengYun és a SAS-okat hordozó holdak adatainak vételére. Ezt még sikerült 2005-ig továbbfejleszteni a közepes felbontású MODIS műholdas adatok vételére is. Ezzel fontos adatforrást kapott a hazai távérzékelési és űrmeteorológiai kutatás és alkalmazás. (Sajnos az állomás üzemeltetési-fenntartási költségeinek biztosítása is akadozik, mint minden más.) Az OMSZ és az egész hazai kutató közösség elismerésének is tekinthető, hogy hazánk az EUMetSat tagja lett. Ez érdemi előrelépés.

A távérzékelésben a haszonnövények állapota és terméshozam-meghatározása mellett az allergiát okozó parlagfű és a növényi kártevők (pl. gyapjas lepke) elterjedése műholdas vizsgálatát érdemes említeni. Ezek a teljesség igénye nélkül kiemelt eredmények valóban szépek és fontosak, s a teljes eredmény sor, amit a 200 főnél kevesebb magyar űrkutatói közösség az elmúlt időszakban elért, biztosítja az országnak, hogy e fontos területen a jelen és a jövő számára szükséges lépéseket – költségvetés biztosítása esetén annak jó felhasználása, teljes jogú ESA tagság, érdemi amerikai, orosz és indiai együttműködés stb. – meg lehessen tenni, akár azonnal is. Ugyanakkor a korábban elmondottak miatt nem tudom elhessegetni magamtól Ady Endre sorait, hogy „még magasról nézvést megvolna az ország...”

Az űriparról érdemes külön is szót emelni. Az elmúlt időszakban, a PECS-et is felhasználva, de nagyrészt teljesen önálló ipari erőfeszítések eredményeként létrejött egy kis, de erős repülő- és űrpar Magyarországon. Világszinten piacképesek a gyártott repülőgépek, s az űrpari termékek. Például India hazánk egyik cégétől (Bonn Hungary Kft.) rendel meg mikrohullámú és egyéb elektronikai eszközöket a saját nagyvolumenű űrfejlesztéséhez. Az előbb emlegetett SAS-ok is hazai űrpari termékek (BL-Electronics Kft.), s nem kutatóintézeti produkciók. A két kiragadott példa csak illusztráció. De mondhatjuk, hogy az elmúlt évtizedben olyan repülő- és űrpar jött létre hazánkban, amelyik egy teljesértékű európai integrálódás (teljes jogú ESA tagság, megfelelő hazai költségvetési háttérű bekapcsolódás az EU űrpolitikájába, az Európa-konform hazai irányítási szervezeti állapot helyreállítása) esetén képes az éles nemzetközi versenyben helytállni és hazánk számára a szükséges eredményeket és gazdasági előnyöket biztosítani.

Összeségében a hazai űrtevékenység az elmúlt időszakban is szakmailag igen eredményes volt. Azonban leépült a hazai irányítási rendszer, egyáltalán nem megfelelő az űrtevékenység finanszírozása – még az inflációt sem kompenzálták az elmúlt évek során – és megakadt az európai integrációs folyamat. A hazai szakmai közösség kész és képes a feladatok megoldására, ezt eredményekkel igazolta most is. A sor a döntéshozókon van, s a döntések nem odázhatók el.

De a meg nem hozott döntés is döntés.

6. Összegzés

Az elmondottak alapján megállapíthatjuk, hogy az űrtevékenység integrálódott az emberi társadalomba. A globális társadalom már nem tud létezni az űrrendszerek, az űrinfrastruktúra nélkül, s nem tud megmaradni a jövőben az űrtevékenység nyújtotta új lehetőségek használatba vétele és ezen technológiák továbbfejlesztése nélkül. Világunk átalakult. Ma már a kisebb, illetve elmaradottabb országok is megértették, hogy előrelépésükhöz, problémáik megoldásához használni kell az űrtevékenység szolgáltatásait és az esélyeik javítása, a lehetőségeik kihasználása az űrtevékenységbe aktív bekapcsolódás nélkül nem lehetséges.

Az űrkutatás eredményei a Földről, a Naprendszeréről, az Univerzumból és az élet feltételei mibenlétéről és ezek megmaradásának feltételeiről az elmúlt időszakban tovább egységesültek, s kirajzolódik egy teljesebb természetkép előttünk. Ez alapvetően nem illik bele semmiféle materialista megközelítésbe. Így le kellett számolnunk azzal a téveszmével, hogy az élet feltételei úgymond maguktól állnak rendelkezésre. Már tudjuk, éppen a többi bolygó és a Naprendszeren kívüli, úgynevezett exobolygó-rendszerek egyre kiterjedtebb megismerésével is, hogy a Föld élet hordozására alkalmas állapotát maga az élet tartja fenn bolygónkon eleitől fogva. Ezért mind a bioszférára, mind a Föld általános állapotára nagyon kell vigyázzunk, de nem veszélyeztetve magát az emberi életet, nem az emberi élet ellenében. Az is látszik, hogy az élet csak különös harmóniák megléte esetén lehetséges, amelyek nem lehetnek valamely vakvéletlen játékaik. Ezért viszont nem is kockáztathatjuk meg a feltételrendszer megsértését, ha élni akarunk.

Vagyis az emberiség válaszúthoz ért. Ez az űrtevékenységben és az annak segítségével kirajzolódó világképben, az élethez való viszonyunkban is látszik, ugyanúgy, mint a társadalom minden tevékenységében és világjelenségeiben. El kell döntenünk, hogy mit is akarunk. Szembe fordulunk-e Teremtőnkkel a pénzt és az élvezetet kergetve, vagy az Életért – és ekkor értelemszerűen az emberiség és benne a magunk, a nemzetünk jövőjéért – cselekszünk-e?

Irodalom

- [15] Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935):
Can Quantum-Mechanical Description of
Physical Reality Be Considered Complete?,
Physical Review,
No. 47, pp.777–780.
- [16] Hughes D. (2008):
Cat tracker, Following one of
the most elusive animals by satellite,
Aviation Week&Space Technology,
Vol.168, No.6, p.54.
- [17] Bobrinsky N. (2009):
The European SSA Preparatory Programme,
5th meeting of the PECS committee, ESRIN, Italy.

A szerzőről



FERENC CSABA 1941-ben született Csíksomlyón. A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki diplomát 1964-ben, majd 1964-1968 között a BME-n volt tanársegéd. 1968-1982 között az űrkutatási Kormánybizottság titkárságán, majd a jogutód MTA Interkozmosz Tanács titkárságán volt önálló csoportvezető, illetve osztályvezető. 1982-2002 között tudományos tanácsadó az MTA-n, az ELTE-re kihelyezve, majd egyetemi magántanár és 2002-től az ELTE tanácsadója. 1968-ban szerzett dr. techn. fokozatot (aranygyűrűvel) a BME-n, 1972-től kandidátus, majd 1981-ben a tudomány doktora az MTA-n, doctor habilitis (1995) és magántanár (1996) a BME-n, majd a BME tiszteleti tanára (2002). A NewYork Academy of Sciences (1995) és a Magyar Mérnökakadémia (1996) tagja. Euromérnök Eur. Ing. FEANI (1996), az URSI, az MTA TRB és az URSI MNB tagja. Az űrkutatási Tudományos Tanács és a Magyar űrkutatási Tanács tagja. Tanít és kutat, szakterületei az elektromágneses hullámterjedés, a műholdas távérzékelés és űreszközök fedélzeti műszereinek tervezése. Az „Űrkutatás és gyakorlati alkalmazásai”, az „Elektromágneses hullámterjedés”, a „Műholdas távérzékelés” és a „Globális változások” című tantárgyakat tanítja az ELTE-n és a BME-n. 1961-től létrehozta a komplex űrkutatást Magyarországon, 1965-től a műholdak követésével, 1966-ban a meteorológiai APT képek vételével, 1968-ban műholdas transzocéániai rádióátvitellel. Társaival kifejlesztette az első hazai műholdas műszert, ami 1974-ben az IK-12-n repült. Részt vett az első magyar űrhajós tudományos programja megvalósításában. Új eljárásokat fejlesztett ki az elektromágneses hullámterjedésben és távérzékelésben. Több, mint 300 publikációja van.