



Az IAG globális geodéziai megfigyelőrendszere*

Dr. Ádám József

az MTA rendes tagja, tanszékvezető egyetemi tanár
BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

jadam@sci.fgt.bme.hu

1. Bevezetés

2005. február 16-án a „Földmegfigyelési Csúcsértekezlet” brüsszeli ülésén jóváhagyták a globális földmegfigyelő rendszerek átfogó hálózata (Global Earth Observation System of Systems, GEOSS) megvalósításának 10 éves akciótervét. A GEOSS célja a különböző földi szférákban (szilárd Föld belseje, a szárazfölkék felszíne, világóceán, krioszféra, bioszféra, légkör) lezajló folyamatok kölcsönhatásainak vizsgálatára kiépült globális megfigyelőrendszerek és átfogó nemzetközi programok tevékenységének összehangolása és összekapcsolása. Ezzel el lehetne érni pl. a különböző természeti katasztrófák (földrengések, árvizek stb.) hatásainak korai előrejelzését (Gupta, 2005) gyors feltérképezését. Az említett természeti katasztrófák veszélyeinek minimálisra korlátozásához pedig létfontosságú lesz a földi és a műholdas megfigyelőrendszerek minél hatékonyabb együttes használata. A jelenlegi globális megfigyelőrendszerek tevékenységei között az összehangolt működés még hiányos, illetve részben nem is létezik.

A GEOSS kezdeményezésben foglaltakat megoldani és továbbfejleszteni nem lehet a globális geodéziai hálózatok és a kapcsolódó feldolgozó központok kiterjedt használata nélkül. Ezért a Nemzetközi Geodéziai Szövetség (International Association of Geodesy, IAG; <http://www.iag-aig.org/>) elhatározta, hogy kiépíti, és 2005 második felétől működteti *globális geodéziai megfigyelőrendszert* (Global Geodetic Observing System, GGOS; <http://www.ggos.org>), amelyet a GEOSS metrológiai infrastrukturális alapjaként foghatunk fel. A GGOS integrálja többek között a kozmikus geodéziai mérés technikákat, a globális navigációs műholdrendszerek (GPS, Galileo stb.) és a különböző műholdas mérési programok

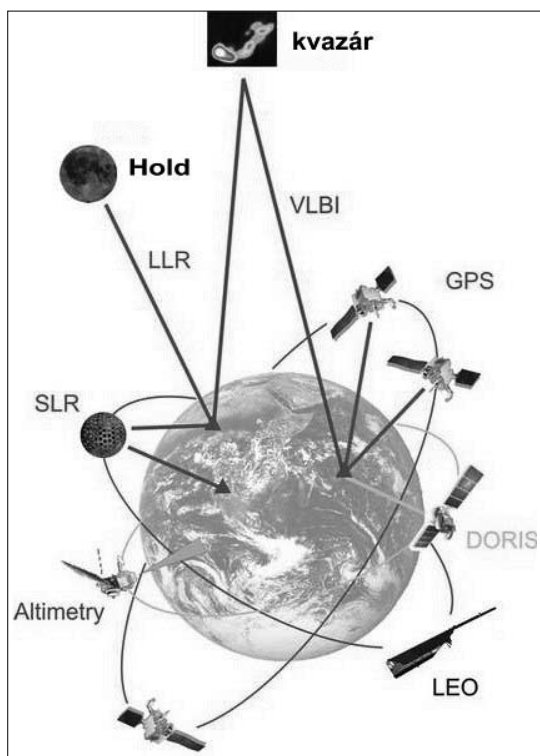
(ürgravimetria, szatellita-altimetria és távérzékelési holdak) tevékenységét az átfogó föld- és környezettudományi programok kidolgozása céljából (Rothacher, 2004; Rummel és társai, 2002).

2. A geodézia feladatai és az IAG szerepe

A geodézia egyrészt a Föld alakjának, méreteinek, nehézségi erőterének és térbeli tájékozásának meghatározását, valamint ezek időbeli változásának rögzítését, másrészt a Föld felületén található természetes és mesterséges alakzatok geometriai adatainak megállapítását és ezek alapján az alakzatok ábrázolását foglalja magában. A geodéziai feladatok megoldásában a mesterséges holdak megjelenése új távlatokat nyitott. A mesterséges holdakra vonatkozó mérési eredmények geodéziai célú feldolgozására, hasznosítására és geodéziai-geodinamikai értelmezésére a geodézia friss hajtásaként fejlődött ki a szatellitageodézia. Ennek módszereit és eljárásait kiterjesztették a Holdra és a bolygókra is. A szatellitageodézia mellett a Holdon elhelyezett lézertükrökre vonatkozó lézeres távolságmérések és az extragalaktikus rádióforrások (kvazárok) földi interferométeres méréseinek geodéziai-geodinamikai hasznosításával kapcsolatos ismeretek köre a kozmikus geodézia tárgykörébe tartozik.

A kozmikus geodézia jelenleg még fejlesztés alatt álló mérési módszereinek célja a helymeghatározáson és navigáción túl a geodinamikai folyamatok vizsgálata (Ádám, 1997, 1999). Ezeket a technikai eszközöket és mérési módszereket a geodéziai feladatok és geodinamikai kutatások elvégzéséhez nélkülözhetetlen földi és égi vonatkoztatási koordináta-rendszerek meghatározásában és folyamatos fenntartásában is alkalmazzák. Ezek a technikák a következők (1. ábra): a mesterséges holdra és a Holdra vonatkozó lézeres távolságmérés (Satellite Laser Ranging, SLR és Lunar Laser Ranging, LLR), az ún. nagyon hosszú alapvonalú interferometria (Very Long Baseline Interferometry, VLBI), tovább-

* A BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék Rédey István Geodéziai Szemináriuma és az MFTTT Geodéziai Szakosztálya közös szervezésében 2005. 11. 24-én elhangzott előadás átdolgozott szövege.



1. ábra

A kozmikus geodézia mérési technikái együttes alkalmazásának szemléltetése

(Forrás: <http://www.ggos.org>)

bá a mikrohullámú rendszerek közül a *globális helymeghatározó rendszer* (Global Positioning System, GPS) és a *DORIS* (Doppler Orbit Radiopositioning Integrated on Satellite) elnevezésű rendszer. A felsorolt mérési technikák elsősorban geometriai típusú mérési adatokat biztosítanak a Föld geometriájának és térbeli elhelyezkedésének meghatározásához.

A földi nehézségi erőter meghatározására és vizsgálatára alkalmazott mérési technikák többségében fizikai típusú mérési adatokat szolgáltatnak (graviméter, gradiométer, gyorsulásmérő stb.), de alkalmaznak geometriai adatokat mérőket is (altiméter, tengerszint-regisztráló ún. *mareográf* stb.).

Az elmúlt évtized folyamán a kozmikus geodézia területén lényeges változás történt, mert az említett mérőtechnikák mérési pontossága elérte a 10^{-9} relatív pontosságot a földfelszín és a Föld forgási jellemzőinek mérésében. Az új műholdas űrgravimetriai projektek (CHAMP, GRACE és GOCE: lásd 5. pont, 3. táblázat) a földi nehézségi

erőter vizsgálatában is ennek megfelelő mértékű pontossági szintet érhetik el. Számos új űrprojektet (az említett űrgravimetriai műholdak, a JASON-1, ENVISAT és ICESAT altiméteres, valamint asztrometriai projektek) készítenek elő, vagy terveznek, illetve már néhány működik is (lásd 5. pont, 3. táblázat).

A geodézia feladatai és a geodinamikai kutatások olyanok, hogy nemzetközi kapcsolatok és összefogás nélkül nehezen lennének megoldhatók. Így a geodéziatudomány művelése globális méretben alapvetően nemzetközi együttműködést igényel. Nemzetközi szinten szervezett együttműködés 1864-ben kezdődött, amikor Berlinben létrehozták a Nemzetközi Geodéziai Szövetséget (IAG) első jogelődjét, *Közép-Európai Fokmérés* néven. A szervezet nevét 1867-ben *Európai Fokmérésre* változtatták, amelynek célja Európa államainak együttműködése a Föld alakjának és méreteinek meghatározásában. Európán kívüli államok bekapcsolódását követően a szervezet nevét „*Nemzetközi Földmérés*”-re (Internationale Erdmessung) változtatták. A Szövetség 1919-ben alapító tagja lett a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Uniónak (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG). Az IAG nevet 1932-ben vette fel. Az IAG – a nemzetközi meteorológiai szolgálat után a második legrégebb – nemzetközi tudományos (nem kormányzati) szervezet, amely a geodéziatudomány a felsőgeodézia (*Ádám, 2003*) tudományos kérdéseivel foglalkozik, továbbá elősegíti és támogatja a nemzetközi együttműködést ezen a területen.

Az IAG jelenleg egyetlen kiemelkedő projektje a GGOS, amelynek keretében az IAG újraszervezi globális geodéziai infrastruktúráját. Ezzel a cél az, hogy a geodézia jelentős hozzájárulást nyújtson általában a földtudományok és a GEOSS elnevezésű nemzetközi kezdeményezés, valamint hasonló nemzetközi akciótervek számára. A GGOS projekt keretében gyűjtik, tárolják és biztosítják a nagy pontosságú mérésekből nyert adatokat a geodéziatudomány következő három alapvető területén:

- a Föld felszínének (kontinensek, óceánok és tengerek) geometriája és kinematikája (földfelszíni mozgások),
- a Föld térbeli tájékozása és forgási viszonyai,
- a Föld nehézségi erőtere, valamint ennek időbeli és térbeli változásai.

Mindhárom terület számára alapvető fontosságú a Földhöz rögzített és égi (csillagokhoz, illetve a kvazárokhoz kötött), fogalmilag jól meghatá-

rozott, nagy pontosságú és stabil vonatkoztatási koordináta-rendszerek fenntartása, különösen abból a szempontból, hogy az időbeli változásokat mérni, kimutatni és nyomon követni lehessen (pl. tengerszint-változások stb.). A Föld forgásának és nehézségi erőterének mért időbeli változásai a Föld-rendszerben bekövetkezett valamennyi tömegátrendeződés teljes (együttes) hatását képviselik.

A GGOS integrálja a különböző geodéziai mérési technikákat, modelleket és feldolgozási módszereket, hogy lehetővé tegye a geodézia említett három területén a megfelelő adatok meghatározását, és az adatok változásainak pontos nyomonkövetését hosszú időtartamra vonatkozólag. Ezzel az IAG által képviselt geodéziai közösség nemzetközi szinten a globális föld- és környezettudomány foglalkozóknak nagyon hatékony eszközt (metrológiai alapot) tud nyújtani, mely magas minőségi szinten működő szolgáltatásokat, szabványokat, vonatkoztatási koordináta-rendszereket, valamint elméleti és megfigyelési technikákra vonatkozó fejlesztéseket foglal magában. A GGOS hozzájárulást képez a földtudományokban a globális változás valamennyi kutatási területének tudományos és infrastrukturális alapjaihoz.

3. Az IAG felhasználói szolgáltatái

Az IAG koordinálja számos nemzetközi tudományos szolgáltatnak, amelyeknek célja a felhasználói szakmai-tudományos közösséget ellátni különböző geodéziai-geodinamikai adatokkal és információkkal, valamint elősegíteni a tudományos együttműködést (Mueller, 1993, 1997). Az IAG nemzetközi szolgálatainak elnevezését és elérhetőségét az 1. táblázatban foglaltuk össze. Mindezek mellett számos fontos projektet (amelyek alapvetően véges időtartamú szolgáltatások) fejeztek be az elmúlt évszázad második felében az IAG keretei között. Néhány példát említünk csak:

- a) az ED50 (European Datum 1950) jelű európai geodéziai hálózat és vonatkoztatási koordináta-rendszer, valamint ezek továbbfejlesztései (RETrig, ED87);
- b) egységes európai szintezési hálózat (United European Levelling Network, UELN);
- c) nemzetközi gravitációs vonatkoztatási hálózat (International Standard Gravity Network 1971, ISGN71);
- d) geodéziai vonatkoztatási rendszerek (Geodetic Reference System 1967, 1980:GRS67, GRS80 (Moritz, 2000));

- e) doppleres műholdmegfigyelési kampány Afrikában (African Doppler Survey, ADOS, 1981–86).

Megjegyezzük, hogy az IAG kezdetben (a XIX. század második felében) az alapítók célkitűzései szerint központi hivatal volt, amely különböző (főként európai) projektek megvalósítását irányította. Ez a szerepkör az I. világháború után lecsökkent a projektek koordinálására és a tudományos ismeretek terjesztésére az IAG általános közgyűlései keretében, valamint a hivatalos lapjában (Bulletin Géodésique). Az IAG legfontosabb feladatai közé napjainkban is a tudományos projektek koordinálása, a felhasználói szolgálatok létrehozása és tudományos ismeretek kicserélésére fórumok (konferenciák, szimpóziumok, Journal of Geodesy stb.) biztosítása tartozik (Ádám, 2005). Ez a szerep alapvetően fontos a tudomány (különösképpen a geodézia tudomány) nemzetköziségének növekedése és a nemzetközi szabványok iránt felismert nagy szükséglet miatt.

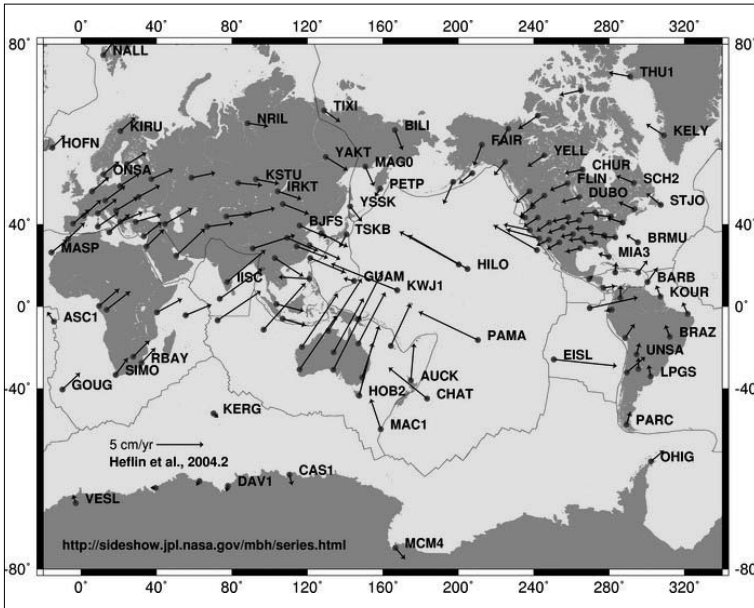
Az 1. táblázatban összefoglalt IAG felhasználói szolgálatok közül két legfontosabb átfogó, ún. ernyőszolgálatot képez az IERS és az IGFS. Az IERS fogalmilag meghatározza, és folyamatosan fenntartja a földi és égi vonatkoztatási rendszereket, továbbá meghatározza a két vonatkoztatási rendszer közötti transzformációt, az ún. földtájékozási paraméterek meghatározása alapján (Altamimi és társai, 2002; McCharty-Petit, 2004). Ezzel naprakészen nyomon követi a Föld és a hozzákapcsolt koordináta-rendszer térbeli helyzetének változásait a csillagokhoz (rádiócsillagokhoz) kapcsolt égi vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva. Ehhez alapul veszik a geometriai jellegű geodéziai-geodinamikai adatokat szolgáltató felhasználói szolgálatok eredményeit, amelyeket (1. ábra)

- az IVS keretében szervezett VLBI-állomások globális hálózata,
- az ILRS keretében szervezett SLR- és LLR-állomások globális hálózata,
- az IGS keretében szervezett GPS/GLO-NASSZ követőállomások globális hálózata,
- az IDS keretében szervezett DORIS-állomások globális hálózata és
- a BIPM időszolgálat biztosít.

Az IGS 1994. január 1-jével kezdte meg hivatalosan is szolgálatszerű működését (Beutler és társai, 1994). Tevékenységét az IERS-sel szoros együttműködésben fejti ki. Az IGS több mint 350 globálisan eloszló, folyamatosan üzemelő (ún. permanens) GPS-követőállomást foglal magában.

Az IAG nemzetközi felhasználói szolgálatai

1.	<i>Nemzetközi Földforgási és Vonatkoztatási Rendszerek Szolgálat</i> (International Earth Rotation and Reference Systems Service) http://www.iers.org	IERS	1987 (1895)
2.	Nemzetközi GNSS Szolgálat (International GNSS Service) http://igsb.jpl.nasa.gov	IGS	1994
3.	Nemzetközi Lézertávmerési Szolgálat (International Laser Ranging Service) http://ilrs.gsfc.nasa.gov	ILRS	1997
4.	Nemzetközi VLBI Szolgálat (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry) http://irscc.gsfc.nasa.gov	IVS	1999
5.	Nemzetközi DORIS Szolgálat (International DORIS Service) http://ids.cls.fr	IDS	2003
6.	Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal-időszolgálata (Bureau International de Poids et Measures – time section) http://www.bipm.org	BIPM	1920
7.	<i>Nemzetközi Nehézségi Erőtér Szolgálat</i> (International Gravity Field Service) http://www.igfs.net	IGFS	2003
8.	Nemzetközi Gravimetriai Iroda (International Gravimetric Bureau) http://bgi.cnes.fr	BGI	1951
9.	Nemzetközi Geoid Szolgálat (International Geoid Service) http://www.iges.polimi.it	IGeS	1991
10.	Nemzetközi Árapály Központ (International Centre for Earth Tides) http://www.astro.oma.be/ICET	ICET	1958
11.	Nemzetközi Globális Földmodell Központ (International Centre for Global Earth Models) http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM	ICGEM	2003
12.	Középtengerszint Állandó Szolgálata (Permanent Service for Mean Sea Level) http://www.pol.ac.uk/psmsl	PSMSL	1933
13.	Nemzetközi Digitális Terepmodell Szolgálat (International DEM Service) http://www.igfs.net	IDEMS	2003
14.	Nemzetközi Altiméter Szolgálat (International Altimetry Service) http://www.igfs.net	IAS	2006
15.	IAG Bibliográfiai Szolgálata (IAG Bibliographic Service) http://www.leipzig.ifag.de	IBS	1984



2. ábra

A Nemzetközi GNSS Szolgálat (IGS) munkájában részt vevő követő-állomások földfelszíni mozgásának GPS-mérések alapján meghatározott sebességvektora cm/év egységben. Az ábrán a nagyobb kéreglemezek határvonalait is feltüntettük. Jól látható, hogy az egyes kéreglemezek a Föld felszínén egymáshoz viszonyítva különböző irányban és eltérő mértékben mozognak.

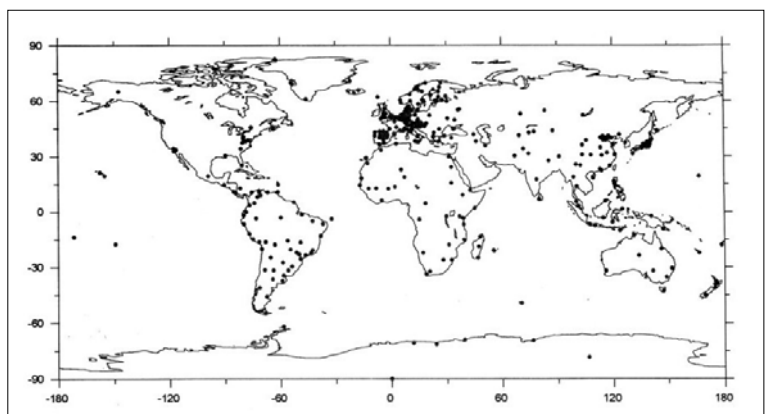
Tevékenységehez nemzetközi szinten több mint 75 ország 200-nál is nagyobb számú intézménye és szervezete járul hozzá. Az IGS szolgálatoszerűen többek között a következő szolgáltatásokat nyújtja: nagypontosságú pályaadatokat az összes GPS-műholdra, a műholdak óraadatait, földforgási paramétereket, a követőállomások nagypontosságú (1–3 cm) koordinátáit és földfelszíni sebességadatait (2. ábra). Ezáltal a geodézia szóban forgó adatait egyre inkább a geodinamika és a geofizika hasznosítja. Az IGS a GPS-technika tudományos célú alkalmazásaihoz kapcsolódó fejlesztések, kutatások fő mozgatórugójává vált. Olyannyira sikeres lett, hogy később a többi űrtechnika (SLR, VLBI, DORIS) is megalkototta saját szolgálatait.

Az IGFS a földi nehézségi erőter részletes szerkezeté-

nek meghatározására vonatkozó fizikai és geometriai jellegű, földfelszíni és műholdas mérésekből származó adatokat gyűjti és értelmezi. Ehhez alapul veszik a BGI, az IGeS, az ICET, az ICGEM, a PSMSL, az IAS és az IDS által szolgáltatott adatokat. Az említett szolgálatok közül példaképpen néhány tevékenységét kissé részletesebben ismertetjük a következőkben.

A Nemzetközi Gravimetriai Irodát (BGI) 1951-ben létesítették, és azóta Franciaországban van. Fő feladata a szárazföldi, tengeri, légi és űrgravimetriai mérések eredményeinek gyűjtése világméretű kiterjesztésben, az adatok érvényességének vizsgálata és kérésre adatok átadása tudományos célokból a felhasználók széles körének. A BGI maga nem végez gravimetriai méréseket, és ilyen célú mérési kampányokban sem vesz részt. A BGI adatbázisában jelenleg mintegy 13 millió pontbeli gravimetriai mérés (közel 11 millió tengeri és valamivel több mint 2 millió szárazföldi adat) található.

A Nemzetközi Árapály Központ (ICET) feladatai: árapály adatok (graviméterek, dőlésmérők



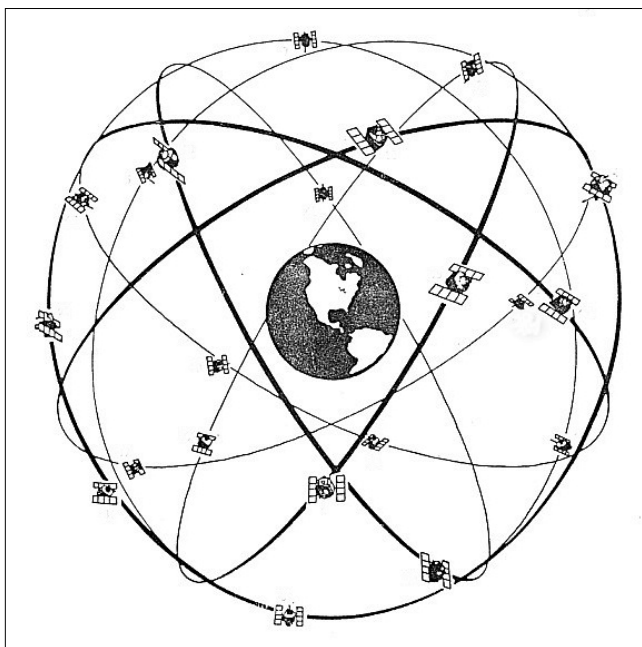
3. ábra

Az ICET keretében üzemelő árapály graviméter állomások globális eloszlása

és extenzométerek nyers adatainak gyűjtése, az adatok kiértékelése, összehasonlítása, kalibrálása, az adatkiesések pótlása, az adatbankban felhalmozott eredmények megvitatása, valamint az eredmények és a nyert információ közzététele és terjesztése. Napjainkban az ICET adatbázisa 360 árapály graviméter állomás (3. ábra) méréseit tartalmazza.

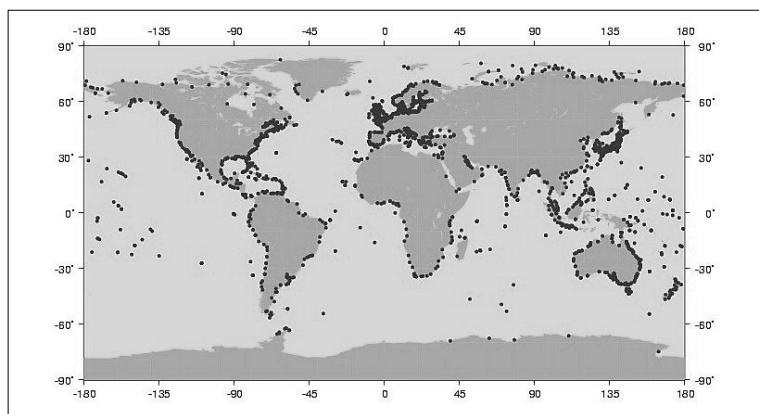
Az 1933-ban létesített Középtengerszint Állandó Szolgálata (PSMSL) napjainkban olyan adatbázissal rendelkezik, amelyet az óceánográfusok, az éghajlatkutatók, a geológusok és geodéták széles köre használ tudományos vizsgálataiban. A PSMSL feladata a mareográfok globális hálózata (4. ábra) alapján nyert tengerszint-adatok gyűjtése, közzététele, elemzése és értelmezése. A szolgálat adatbázisa több mint 190 nemzeti szervezet keretében üzemelő több mint 1750 mareográf havi és éves középtengerszint-értékét tartalmazza. A PSMSL működtetésében az IUGG Nemzetközi Óceánfizikai Szövetsége (IAPSO) is érdekelt.

A GLOSS (Global Sea Level Observing System) elnevezésű globális tengerszint megfigyelőrendszert közel két évtizede – többek között – azzal a céllal kezdeményezték, hogy a PSMSL-nek szolgáltatott adatok mennyiségét és minőségét fejlesszék. A GLOSS-t programként az IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission,



5. ábra

A GPS-rendszert 21 aktív és 3 tartalék műhold alkotja, 6, egyenletesen elosztott pályasíkjában. Ezek a mesterséges holdak a Föld felszíne felett 20200 km magas, az Egyenlítőtől 55 fokos szöveget bezáró pályájukon 12 óra alatt kerülnek meg a Földet. Az elrendezésnek köszönhetően a Föld bármely pontjáról egyszerre legalább négy GPS-hold tartózkodik a horizont felett. A műholdak időjeleket, saját pályadataikat és egyéb kiegészítő információkat sugároznak folyamatosan.



4. ábra:

A PSMSL keretében üzemelő tengerszint-regisztráló (mareográf) állomások globális hálózata.

kormányközi óceánográfiai bizottság) koordinálja abból a célból, hogy globális és regionális tengerszint-hálózatokat létesítsenek. A GLOSS referenciahálózata (Global Core Network) 287 állomásból áll, amely hosszú időtartamra az éghajlatváltozást és az óceánográfiai tengerszint nyomon követését végzi.

4. Globális helymeghatározó műholdrendszerek

Korunk információs társadalmában egyre inkább felértékelődik a helyzethez kapcsolt információk szerepe. Ilyen információk a leggyorsabban és a legszélesebb körben a műholdas helymeghatározás és navigáció mérési eljárás-

saival nyerhetők (Ádám és társai, 2004; Beutler, 2003). A műholdas helymeghatározásra és navigációra napjainkban világszerte az amerikai katonai GPS-t alkalmazzák legelterjedtebben (5. ábra). Az elmúlt évtizedben tanúi voltunk a GPS-technika egyre szélesebb körű alkalmazásának (Magyarországon is), nemcsak a geodézia, a térképészet, a navigáció és a térinformatika, hanem a föld- és műszaki tudományok más területein is. Az előrejelzések szerint a felhasználók köre a jövőben is egyre bővülni fog. Ezt az is lehetővé teszi, hogy a jelenlegi GPS-rendszer nagy arányú továbbfejlesztésével foglalkoznak, amelynek célja az, hogy a rendszert a tengerhajózás és a repülés (különösen a polgári repülés) igen sok területén megbízhatóan és hatékonyan lehessen alkalmazni. Így a műholdas navigációs rendszerek új, a jelenleginél is összetettebb változatait hozzák létre. Ezeket a rendszereket összefoglaló néven *globális navigációs műholdrendszereknek* (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) nevezzük (2. táblázat).

A GPS-től függetlenül hasonló céllal működik az orosz GLONASSZ rendszer is, amely jelenleg

kevésbé elterjedt, de fejlesztésére komoly tervek vannak Oroszországban. Az Európai Űrügynökség (ESA) és az EU közös fejlesztésű navigációs műholdrendszere, a GALILEO 2008-ra épül ki, továbbfejlesztve és kiegészítve a globális műholdas helymeghatározást, amelyet ma gyakorlatilag az amerikai GPS-rendszer jelent.

A GPS azonban még mindig nem alkalmazható kellő biztonsággal bizonyos navigációs feladatokhoz, amelynek egyik legfontosabb oka az, hogy a rendszer önellenőrző képessége (integritása) egyelőre elmarad a szigorú közlekedésbiztonsági előírásokhoz képest. A nagyobb helymeghatározási pontosság elérése céljából hozták létre az ún. kiegészítő rendszereket (Augmentation System). A kiegészítő rendszerek két típusát különböztetjük meg aszerint, hogy a szolgáltatások elérése műholdakon keresztül (Satellite Based Augmentation System, SBAS) vagy valamely földi kommunikációs csatornán (Ground Based Augmentation System, GBAS) valósul meg. A kiegészítő rendszerek lényegében két szolgáltatást nyújtanak: egyrészt fokozzák a GPS-szel elérhető abszolút helymeghatározás pontosságát,

2. táblázat

**Globális navigációs műholdrendszerek
(Global Navigation Satellite Systems, GNSS)**

Ssz.	Betűszó	A navigációs műholdrendszer elnevezése és honlapja
1.	GPS	NAVSTAR Global Positioning System, Globális helymeghatározó rendszer (amerikai) http://gps.losangeles.af.mil/index.html http://tycho.usno.navy.mil/gps.html
2.	GLONASSZ	Globális navigációs műholdrendszer (szovjet-orosz) http://www.glonass-center.ru/frame.html
3.	EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service, európai műholdas navigációs kiegészítő szolgáltatás http://www.esa.int/esaEG/estb.html
4.	WAAS	Wide Area Augmentation System of the United States, amerikai műholdas navigációs kiegészítő szolgáltatás http://gps.faa.gov/Programs/WAAS.htm
5.	MSAS	Multifunctional Transport Satellite (MTSAT) Satellite-based Augmentation System of Japan, japán műholdas navigációs kiegészítő szolgáltatás: http://www.mlit.go.jp/koku/ats/e/mtsats/role
6.	GAGAN	GPS and Geo Augmented Navigation System of India, indiai műholdas navigációs kiegészítő szolgáltatás
7.	GALILEO	European Satellite Positioning and Navigation System, európai műholdas navigációs rendszer http://www.esa.int/navigation/ http://www.esa.int/export/esaSA/navigation.htm/ http://www.esa.int/comm/dgs/energy-transport/galileo/

másrészt információt szolgáltatnak a rendszer megbízhatóságáról. Több ilyen rendszer kezdte meg működését az elmúlt években. A WAAS Észak-Amerika, az MSAS Japán, a GAGAN India, az EGNOS rendszer pedig Európa területére biztosítja az említett szolgáltatásokat. A GPS jeleit pontosító európai EGNOS rendszer lényegében a GALILEO előfutárának is tekinthető.

A GALILEO műholdrendszere 30, a Föld körül három pályasíkban 24 ezer km magasan keringő mesterséges holdból áll majd. Navigációs jeleit rádióhullámok segítségével sugározza. A GALILEO-vevőberendezések kompatibilisek lesznek a GPS-vevőkkel, és alapesetben is legalább néhány méteres pontosságú azonnali helymeghatározást tesznek lehetővé. Az első GALILEO-műholdak indítása 2006-ban várható.

A műholdas helymeghatározás az évtized végeire minden bizonnyal olyan fejlődésnek indul, mint napjainkban a mobil távközlés. Európa a GALILEO-val mindenekelőtt közlekedési rendszereinek hatékonyságát és főleg biztonságát kívánja növelni. A GALILEO emellett új lehetőségeket kínál a gazdasági élet minden olyan területén is, ahol pontos hely- és időmeghatározásra van szükség (pl. földmérés, flottairányítás vagy teherszállítmányok nyomon követése stb.)

A GPS (és majdan a GNSS) várhatóan nagy befolyással lesz a mindennapi életünkre is. A GPS – az internet után – talán a második legjelentősebb katonai hozzájárulás a polgári (civil) tudomány számára. Az ENSZ – megfelelő szakértői csoportok bevonásával – ajánlásokat dolgozott ki arra vonatkozóan, hogy milyen alapelveket kell alkalmazni, milyen módon lehet a GNSS alkalmazások körét és hatékonyságát növelni a Föld különböző régióiban. Az alkalmazások a terep-járóversenyestől a sportrepülésen át, a térképészettől a geofizikai és meteorológiai kutatásokon keresztül a mobil távközlésig vagy a környezetvédelemig igen széles területet fognak át.

5. Műholdas mérési programok a föld- és környezettudományok céljára

A föld- és környezettudományi kutatások céljából létesített mesterséges holdak (3. táblázat) egyidejűleg működnek, és egymást kiegészítő mérési adatokat szolgáltatnak. Ezek a mesterséges holdak általában alacsony földfelszíni magasságban (Low Earth Orbiter, LEO) keringenek Földünk körül, amelyek űrgravimetriai, szatellita-altiméteres és távérzékelési projektek megva-

lósítását szolgálják. A projektek eredményeinek felhasználását a földi tömegátrendeződés és a sűrűségeloszlás meghatározása céljából végzik multidiszciplináris környezetben.

A 3. táblázatban bemutatott űrprogramok keretében alacsony pályán keringő mesterséges holdak fedélzetén a szélső pontosságú pályameghatározás céljából GPS-vevőberendezést helyeztek el. A közeli jövőben tervezett hasonló mesterséges holdakon (2008-ig mintegy 30 ilyen mesterséges holdon) is fognak GPS-vevőberendezést elhelyezni. Ezt a körülményt is figyelembe véve, a geodéziai objektumok és mérőeszközök következő négyféle csoportjával (rétegével) rendelkezünk (1. ábra):

- a több milliárd fényév távolságban elhelyezkedő rádióforrások (kvazárok) égi hálózata,
- a GNSS-műholdak (GPS és kiegészítő szolgáltató rendszerei, GLONASSZ, GALILEO) rendszere,
- az alacsony pályán keringő (űrgravimetriai, altimetriai stb.) műholdak együttese és
- a földfelszínen elhelyezkedő megfigyelő-állomások hálózatai.

A négy csoportban felsorolt objektumok és eszközök együttes alkalmazása optimális megoldást fog adni a globális geodéziai-geodinamikai paraméterek meghatározására. A LEO-műholdak bevonásának néhány oka a következő:

- a) a LEO-műholdakon elhelyezett GPS-vevők helyzetének (a LEO-műholdak pályájának) meghatározásakor nem kell számolnunk a troposzféra (troposzférikus késés) zavaró hatásával,
- b) a LEO-műholdakra vonatkozó mérési adatok hozzájárulnak a geocentrum (Földünk tömegközéppontja) helyzetének pontosabb meghatározásához,
- c) a GNSS- és a LEO-műholdak közötti mérési geometria alapvetően különbözik a GNSS-műholdak és a földfelszíni követő-állomások közötti mérés geometriájától,
- d) a LEO-műholdak mérései ideális kapcsolatot képeznek a nehézségi erőter paramétereire, a Föld geometriai adatai és a földforgási paraméterek összekapcsolására.

Az űrgravimetria első mesterséges holdjai a német földtudományi kutatóközpont (GFZ) és űrkutatási intézmény (DLR) CHAMP jelű műholdja, valamint a NASA és a DLR közös vállalkozása, a GRACE (Földváry, 2004). Ezeket az ESA GOCE jelű gradiométeres mesterséges holdja fogja követni 2007-ben. A műholdas gravimetria célja

Műholdas programok föld- és környezettudományi kutatások céljára

Szsz.	Betűszó	Az űrprogram elnevezése és honlapja	Űrkutatási szervezet
1.	CHAMP	CHallenging Minisatellite Payload http://op.gfz-potsdam.de/champ/ http://www.dlr.de/champ	GFZ/DLR
2.	GRACE	Gravity Recovery and Climate Experiment http://op.gfz-potsdam.de/grace http://www.dlr.de/grace http://www.csr.utexas.edu/grace/	NASA/DLR 2002
3.	GOCE	Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer http://www.esa.int/export/esaLP/goce.html http://www.goce-projektbuero.de	ESA 2006
4.	ICESat	Ice, Cloud, and land Elevation Satellite http://icesat.gsfc.nasa.gov/index.htm/ http://www.csr.utexas.edu/glas/	NASA
5.	ENVISAT	ENVironment SATellite http://envisat.esa.int/	ESA
6.	ERS-1-2	European Remote Sensing Satellite http://earth.esa.int/ers/	ESA
7.	TOPEX/Poseidon	ToPography EXperiment for Ocean Circulation http://topex-ww.jpl.nasa.gov/mission/topex.html	CNES/NASA 1992
8.	Jason-1-2	Altimetric Satellites http://www.avisioceanobs.com/html/missions/jason/welcome_uk.html	CNES/NASA 2001
9.	CryoSat	Radar altimetry mission http://www.esa.int/export/esaLP/cyrosat.html http://www.cyrosat.de	ESA
10.	GeosatFO	Altimetric Satellite http://gfo.bmpcoe.org/Gfo/	US-Navy

a vonatkozó mérésekből a földi nehézségi erőter finomszerkezetének és időbeli változásának meghatározása. Ez által pontosodhat a földi hidrológiai folyamatok, valamint az óceánográfiai jelenségek ismerettára, mely már közvetlenebb és gyakorlatiasabb előrejelzéseket tesz lehetővé, elsősorban a globális éghajlatváltozás észlelésében. Ennek társadalmi haszna egyre nyilvánvalóbb a napjainkban gyakran jelentkező természeti katasztrófák miatt.

Az ún. gradiométeres méréseket végző GOCE (Nehézségi erőter és állandó óceáni áramlás) (6. ábra) nevű műhold fő célkitűzése a földi nehézségi erőternek a korábnál sokkal pontosabb megismerése (Rummel, 2002), melynek révén Földünk belső szerkezetéről és dinamikájáról kaphatunk bővebb ismereteket. Ezáltal mélyebb betekintést szerezhetünk az óceáni áramlatokba és abba, hogy ezek hogyan befolyásolják bolygónk klímáját.

Az ún. altiméteres mesterséges holdak (pl. TOPEX/Poseidon, ERS-1-2, ENVISAT, ICESat, Jason-1-2 stb.) radaros (illetve újabban lézeres) magasságmérő berendezéssel vannak felszerelve. A műszer alkalmas arra, hogy saját óceánfelszín feletti magasságát meghatározza. Ha a mesterséges hold helyzete is ismert, akkor a vízfelszín magassága kiszámítható. A vízfelszín magasságának, illetve változásának mérése lehetővé teszi a helyi és globális áramlások feltérképezését. Mivel a magasságmérő műszerek mérési pontossága 1–2 cm, ezért a mesterséges holdak pályameghatározásában is hasonló mértékű pontosságot kell elérni. Ez ma már a fedélzeten elhelyezett GPS-vevőberendezések méréseinek feldolgozása alapján biztosítható.

A TOPEX/Poseidon óceánográfiai mesterséges hold Földünk jégmentes óceáni felszínének 95%-át figyeli, tíznapos ciklusokban. A vízfelszín magasságára, a szélességre és a hullámok



6. ábra
A GOCE űrgradiométeres műhold képe, melynek pályáját a GPS-műholdak segítségével határozzák meg nagy pontossággal (Forrás: GOCE Projektbüro, München)

magasságára vonatkozó mérései hozzájárulnak az óceánok és az éghajlat kölcsönhatásának megértéséhez, és jól használhatók a hosszú távú klímamodellekben. A műholdra vonatkozó méréseket Földünk globális hőmérséklet-változása, a légköri modellek és a nehézségi erőtér szerkezete kutatásában hasznosították.

Az ICESat (jég, felhőzet- és felszíni magasságmegfigyelő műhold) egyetlen jelentős fedélzeti műszere egy lézeres magasságmérő, mellyel a jég felszínének magasságát, annak időbeli változását, a felhők és aeroszolok magassági elhelyezkedését, a földfelszín magasságát, a felszíni növényzet és a tengeri jégréteg közelítő vastagságát lehet vizsgálni.

Az ENVISAT környezet-megfigyelő mesterséges hold, amelynek tíz fedélzeti műszere a szárazföldek, a jégsapkák, az óceánok és a légkör állapotának változásairól szolgáltat adatokat. A tízből három a Föld felszínét tanulmányozza. Az egyik az óceánok vizének hőmérsékletét, egy másik az óceánok víztömegének mozgásait, a jégsapkák alakváltozásait és az erdőborítottság alakulását követi figyelemmel, a harmadik pedig az óceánok kémiai összetételét vizsgálja. A mesterséges hold fedélzetén elhelyezett négy műszer magasságmérő berendezés, amelyek a felhőszintek elhelyezkedését, a jégsapkák domborzatát és az óceánok hullámainak magasságát vizsgálják. További három műszer a légkör ózon és széndioxid mennyiségét méri folyamatosan.

A már 10 éve működő ERS-2 távérzékelési mesterséges hold egyik műszere az óceánfelszín fölött uralkodó szél sebességét méri. Sok

fedélzeti berendezése közül ez nagyfrekvenciájú radarnyalábot bocsát ki, s a tengerfelszínről visszaverődő sugárzás szóródásából megállapítja a víz hullámok nagyságát. Ebből a szél sebességére és irányára tudnak következtetni.

A CryoSat európai mesterséges hold felbocsátása 2006. év elején sikertelen volt. A műhold a tervek szerint a Föld kontinentális és tengeri jégmezői vastagságának vizsgálatát, a globális felmelegedés hatásainak kutatását végezte volna.

Végül megemlítjük még, hogy a műholdas technika igen fontos alkalmazási területét képezi a távérzékelési mesterséges holdak. A nagyfelbontású űrfelvételek feldolgozása a digitális képfeldolgozás és a térinformatika eszközeinek alkalmazásával nagy segítséget jelentenek a katasztrófavédelemben, a környezet monitorozásában (Kugler-Barsi, 2005), (a mezőgazdaságban – a Szerk.).

6. Befejezés

Az IAG GGOS elnevezésű projektje hozzájárul a kiemelkedő GEOSS akciótervének megvalósításához, nem csupán a GEOSS számos összetevőjéhez megkívánt nagy pontosságú vonatkoztatási koordináta-rendszerek biztosításával, hanem

- a globális hidrológiai ciklusra,
- az atmoszféra és az óceánok dinamikájára, valamint

– a természeti veszélyekre és katasztrófákra vonatkozó nagymennyiségű mérések végzésével.

Ezzel az IAG által képviselt geodéziai közösség nemzetközi szinten a globális föld- és környezettudománnyal foglalkozóknak nagyon hatékony eszközt (metrológiai alapot) tud nyújtani, mely

- magas minőségben működő nemzetközi tudományos szolgáltatásokat,
- szabványokat és vonatkoztatási koordináta-rendszereket, valamint
- elméleti és megfigyelési technikákra vonatkozó fejlesztéseket

foglal magában. A GGOS az IAG jelenleg is működő nemzetközi tudományos szolgálatainak fog nagyrészt alapulni. Nem veszi át azonban a meglévő és jól működő szolgálatok feladatait, hanem stabil működési keretet nyújt számukra, és biztosítja hosszú időtartamú működésüket.

A GGOS jellemzői és küldetése:

- integrálja a különböző geodéziai mérési technikákat, modelleket és feldolgozási módszereket, hogy a geodéziai-geodinami-

- kai és globális változási folyamatok jobb megértését és összhangját érje el;
- tudományos és infrastrukturális alapot nyújt a földtudományokban a globális változások kutatása számára;
 - a Föld-rendszert egységes egészként tekinti, mely magában foglalja a szilárd Földet, a folyékony összetevőket, a statikus és időben változó mennyiségeket is;
 - a geodézia hozzájárulását képezi a földtudományokhoz, és hidat jelent más tudományágakhoz is, a geodézia helyét és szerepét erősíti a földtudományok területén;
 - integrálja az IAG-on belüli tevékenységeket, és hangsúlyozza a geodézia kutatási és alkalmazási területei széles körének kiegészítő jellegét;
 - gyűjti, tárolja a geodéziai-geodinamikai méréseket, modelleket, és biztosítja ezekhez a hozzáférést;
 - biztosítja a geodéziatudomány három alapvető területének, nevezetesen:
 - a földfelszín geometriája és kinematikája,
 - a Föld térbeli tájékozása és forgási viszonyai,
 - a Föld nehézségi erőtere, időbeli és térbeli változásai
- erősségét;
- szoros együttműködésre ösztönzi a meglévő és majd újonnan felállítandó IAG tudományos szolgálatokat;
 - megállapítja a geodéziai-geodinamikai termékek pontosságára, időbeli felbontására és az adatok összhangjára vonatkozó követelményeket;
 - azonosítja az IAG szolgálatait által nyújtott termékekben mutatkozó esetleges kimaradásokat, és eljárásokat dolgoz ki áthidalásukra;
 - támogatja és fejleszti a geodéziai-geodinamikai kutatások eredményeinek nagyobb láthatóságát (visibility);
 - központi témája: „A Föld-rendszer globális deformációja és tömegáthelyeződési folyamatai” c. témakör (Ilk és társai, 2005).

IRODALOM

- Altamimi, Z.–Sillard, P.–Boucher, C. (2002): ITRF 2000: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications. *J. Geophys. Res.*, **107**, No. B10, 2214, doi: 10.1029/2001JB000561, 2002
- Ádám J. (1997): A Föld dinamikai folyamatainak nyomon követése kozmikus geodéziai módszerekkel. *Magyar Tudomány*, **10**, 1202–1216.
- Ádám J. (1999): A Föld dinamikai jelenségeinek vizsgálata korszerű kozmikus geodéziai mérés technikák alkalmazásával. *Közgyűlési előadások 1998*, 609–630, MTA Budapest
- Ádám J. (2003): A felsőgeodézia helyzete és időszzerű feladatai Magyarországon. *MTA Székfoglalók 1999-2002*, MTA, 40 old., Budapest
- Ádám J. (2005): Egységes európai geodéziai és geodinamikai alapok létrehozása. *MTA rendes tagsági székfoglaló előadás (http://www.mta.hu/MTA tagjai/szekfoglaló előadások, 39. oldal)*
- Ádám J.–Bányai L.–Borza T.–Busics Gy.–Kenyeres A.–Krauter A.–Takács B. (szerk.) (2004): *Műholdas helymeghatározás*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Beutler, G.–Mueller, I. I.–Neilan, R. (1994): The International GPS Service for Geodynamics (IGS): Development and Start of Official Service on 1 January 1994. *Bulletin Géodésique*, **68**, 43–51.
- Beutler, G. (2003): Satellite Navigation Systems for Earth and Space Sciences. *Spatium*, **10**.
- Borza T.–Fejes I. (2006): GPS-nagy pontosságú alkalmazások: mire jó a földi GNSS infrastruktúra? *Geodézia és Kartográfia*, **58**, 1, 23–27.
- Földváry L. (2004): A 2000-es évek első évtizede: a gravimetriai műholdak korszaka. *Magyar Geofizika*, **45**, 118–124.
- Gupta, H. (2005): Mega-Tsunami of 26th December, 2004: Indian Initiative for Early Warning System and Mitigation of Oceanogenic Hazards. *Episodes*, **28**, 2–5.
- Ilk, K. H. and 18 others (2005): Mass Transport and Mass Distribution in the Earth System – Contribution of the New Generation of Satellite Gravity and Altimetry Missions to Geosciences. *Proposal for a German Priority Research Program*, 2nd Edition, p. 154, GFZ Potsdam
- Kugler Zs. – Barsi Á. (2005): Űrfelvételek a délkelet ázsiai szökőár katasztrófa mentési munkálatainak szolgálatában. *Doktori kutatások a BME Építőmérnöki Karán*, 48–51, BME, Budapest

- McCarthy, D. D.–Petit, G. (eds.) (2004): IERS Conventions (2003). *IERS Technical Note*, 32, p.127, Verlag des BKG, Frankfurt am Main
- Moritz, H. (2000): Geodetic Reference System 1980. *The Geodesist's Handbook 2000 – Journal of Geodesy*, 74, 128–133.
- Mueller, I. I. (1993): The Role of the International Association of Geodesy in Establishing User Services. *IAG Symposium No. 112*, Eds. H. Montag and Ch. Reigber, pp. 3–4, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Mueller I. I. (Ed.) (1997): IAG/FAGS Science Services. Presented at the IAG Scientific Assembly, Rio de Janeiro, Brazil
- Rothacher, M. (2004): Towards a Rigorous Combination of Space Geodetic Techniques. *IERS Technical Note*, 30, 7–18.
- Rummel, R. (2002): Gravitációs gradiometria: Eötvös Lorántól a modern űrkorszakig. *Magyar Geofizika*, 43, 145–150.
- Rummel, R.–Drewes, H.–Beutler, G. (2002): Integrated Global Geodetic Observing System (IGGOS): A Candidate IAG Project. *IAG Symposium Vol. 125* (Vistas for Geodesy in the New Millennium, Edited by J. Ádám and K. P. Schwarz), Springer-Verlag, 609–614.

A Short Review of the IAG's Global Geodetic Observing System

Dr. J. Ádám

Summary

The International Association of Geodesy (IAG) establishes its Global Geodetic Observing System (GGOS), which contributes to the emerging Global Earth Observing System of Systems (GEOSS). GGOS provides observations of the three fundamental geodetic observables (the Earth's shape, the Earth's gravity field and the Earth's rotational variations) and their variations. It integrates different geodetic techniques, different models, and different approaches in order to ensure a long-term, precise monitoring of the mentioned geodetic observables.

The paper gives a short review on the tasks of geodesy and the role of the IAG. It summarizes the IAG's user services, the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and the current space missions (gravimetry, gradiometry, altimetry, etc) for geo- and environmental sciences.

A Geodéziai és Kartográfiai Egyesület megalakulásának 50. évfordulója alkalmából megjelentetni tervezett jubileumi kiadvány egyéni támogatói

Tisztelt Tagtársak!

Ismert tény, hogy Társaságunk jogelődje, a Geodéziai és Kartográfiai Egyesület 1956-ban alakult. Lapunk 2005/10. számában a Társaság vezetése egy felhívásban tájékoztatta tagságunkat, hogy az évforduló méltó megünneplésére készülünk. A felhívásban említés történik egy jubileumi Emlékkönyv kiadásáról is, amelynek előkészületei a felhívás megjelenésével egyidejűleg már meg is kezdődtek. A folyóirat januári számában **Zsámboki Sándor** tagtársunk, mint a kiadvány főszerkesztője, összefoglalta a tervezett Emlékkönyvvel kapcsolatos tennivalókat, és tájékoztatást adott a szerkesztési munka aktuális helyzetéről.

A hivatkozott felhívás vázolta a kiadvány költségeit is. Ebből megtudhattuk, hogy az addig már felajánlott szponzori támogatások mellett a vezetőség köszönettel vesz minden további intézményi vagy egyéni hozzájárulást, amely „Jubileumi támogatás” címmel a mellékelt csekken fizethető be. A támogatók nevét az Emlékkönyv tartalmazni fogja, de lapunk vállalkozott arra is, hogy itt és az ezt követő

számokban is közli azok jegyzékét, akik – átérezve az évforduló méltó megünneplésének jelentőségét – egyéni hozzájárulásukkal kívánják az anyagi feltételek megteremtését előmozdítani. Bízunk abban, hogy Tagtársaink segítő támogatása eredményeként ez a lista hónapról hónapra egyre bővül majd.

Szerkesztőség

Egyéni támogatók névsora

(a 2006. május 10-ig történt befizetések alapján)

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Árvolt Gyula | 12. Dr. Mihály Szabolcs |
| 2. Dr. Forgács Zoltán | 13. Apagyi Géza |
| 3. Dr. Berencei Rezső és felesége | 14. Hetényi Ferencné |
| 4. Meggyesi Ferenc | 15. Zsámboki Sándor |
| 5. Geofor Kft. | 16. Winkler Péter |
| 6. Dr. Bognárné Nagy Ilona | 17. Dr. Biró Péter |
| 7. Ágfalvi András | 18. Bartós Ferenc |
| 8. Csiffári Nándor | 19. Bolla Gyula |
| 9. Dr. Detrekői Ákos | 20. Csekő Ernő |
| 10. Dr. Kárpát József | 21. Osskó András |
| 11. Ajtay Sándor | |