

MODIS-adatvételek az ELTE műholdvevő állomásán

Timár Gábor¹ – Ferencz Csaba¹ – Lichtenberger János¹ – Kern Anikó² –
Molnár Gábor¹ – Székely Balázs¹ – Pásztor Szilárd¹

¹ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Űrkutató Csoport

²ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék



Bevezetés

Az ELTE akkori Környezetfizikai Tanszékcsoportján 4 éve, 2002. október 29-én állt üzembe hazánk legnagyobb kapacitású nem távközlési műholdvevő állomása (Ferencz *et al.*, 2003). Az állomás eredeti kiépítésében az amerikai NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) műholdak 5 csatornás HRPT (*High Resolution Picture Transmission*) és a kínai FengYun holdak 10 csatornás CHRPT (*Chinese HRPT*) jeleit vette és rögzítette. A felsorolt holdak képeinek felbontása kb. 1 kilométeres, vagyis a pixelek mérete nagyjából 1 négyzetkilométer. Ezen műholdak jeleinek vétele azóta is lényegében folyamatos, az adatok archiválása az állomás teljes működési ideje alatt megtörtént.

Az állomás két éve, 2004 kora őszén jelentős fejlesztésen esett át. Miután az eredeti vevőrendszer mozgatómotorja nem javítható módon meghibásodott, a rendszer szállítója a garanciális javítás, illetve pótlás helyett igen kedvező áron felajánlotta a vevő kapacitásnövelését úgy, hogy az alkalmas legyen mind térbeli, mind spektrális felbontását tekintve érdemi előrelépést jelentő MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectroradiometer*; Salomonson *et al.*, 1989; Running *et al.*, 1994; Justice *et al.*, 2002) adatok vételére is. A fejlesztést a jelentős árengedmény felhasználásával, a Magyar Űrkutatási Iroda, az OM műszerpályázata és az Európai Unió támogatásával sikerült finanszírozni.

A fejlesztés keretében az állomást hordozó alépítmény kismértékű átépítése, új, 3,2 méter

átmérőjű, a korábbi tömör helyett hálós kivitelű antennatányér és új mozgatórendszer beépítése, továbbá új, kétszatornás vevőfej beüzemelése történt meg. A fizikai átépítés 2004 augusztusának végén, a rendszer beüzemelése szeptember és október hónapokban történt meg, az első MODIS-képet hazánkról 2004. november 2-án rögzítettük. A vétel azóta is folyamatos, kisebb fennakadások (lásd később) csak átmenetileg korlátozták az egyes holdakról, illetve a vételkörzet egyes részéről érkező jelek vételét. Az új adatvételi rendszerben a MODIS-adatok mellett továbbra is vesszük és rögzítjük a NOAA és FengYun műholdak adatait is. Az így továbbfejlesztett állomás (*1. ábra*) tér-



1. ábra A műholdvevő állomás az ELTE északi tömbjének tetején. A kép készítésekor a vevő aktív állapotban volt, a készületi állapotban a parabolatányér a zenit irányába néz.

ségünkben egyedülálló; a legközelebbi MODIS-vevő a DLR (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*) bajorországi, oberpfaffenhofeni telephelyén működik. Az augusztus 20-i vihar kapcsán meg kell jegyezzük, hogy az állomás 120 km/óra szélsősebesség alatt zavartalanul működött, és elvileg 200 km/órás széllelés sem rongálja meg. Ennek érdekében az antenna készenléti állapotban felfelé, zenit-irányba néz.

A MODIS-rendszer jellemzői

A MODIS-rendszert két szatellit, a NASA által üzemeltetett TERRA és AQUA műholdak hordozzák. E holdak pályamagassága 700 kilométer körüli, a NOAA és a FengYun holdakénál valamivel alacsonyabb. Mivel a műholdak a vett adatokat valós időben sugározzák, azok vételére akkor nyílik lehetőség, ha az adás idején a hold az állomásról nézve a horizont felett van. Ez a feltétel meghatározza az állomás elvi vételkörzetét, ami az alacsonyabb pályamagasság miatt a MODIS-képekre nézve valamivel kisebb, mint a magasabban haladó holdak felvételeire. Az ELTE vevőállomásának elvi vételkörzetét a 2. ábra mutatja be, ezt dél-délkeleti irányban, tehát Szudán és Csád felé kismértékben csökkenti az állomás közelében,

az épület tetején korábban megépült jellegzetes, gömb alakú planetárium kitakaró hatása.

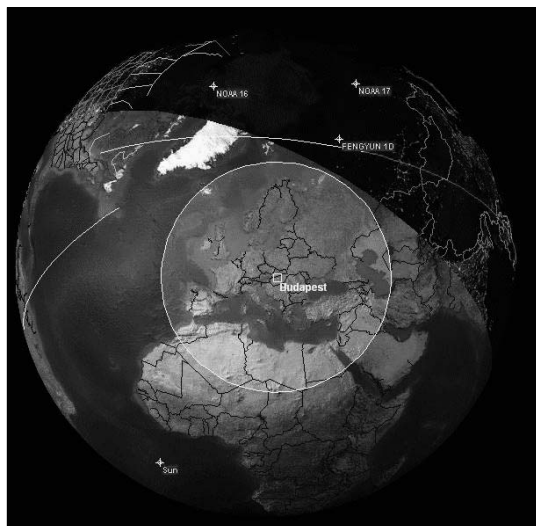
Amint már említettük, MODIS-rendszer mind térbeli, mind spektrális felbontását tekintve jelentős előrelépést ad a korábbi HRPT és CHRPT-rendszerekhez képest. Spektrális csatornáinak száma 36, ami az úrbázisú észlelésekben már már hiperspektrális felbontásnak számít. A csatornák közül kettő, a vörös és ehhez közeli infravörös tartományban 250 méter, további öt látható és közeli infravörös tartománybeli csatorna 500 méter felszíni felbontású adatokat ad, a többi 29 csatorna felszíni felbontása 1 kilométer. Ennek következtében egy teljes, maximálisan kb. 19 percig tartó, horizonttól horizontig vett műholdáthaladás során 1,2 gigabyte adatvétele történik, szemben pl. a NOAA-holdak 75 megabyte/áthaladás adatforgalmával. Emiatt az adatok archiválását más technológiai alapra kellett helyezni (lásd a következő pontban).

A MODIS-rendszert hordozó holdak visszatérési gyakorisága (lásd pl. Mucsi, 2004) egyenként kb. két nap, vagyis nagyjából minden második nap rögzítünk ugyanarról a helyről nappali felvételt (és ugyanilyen gyakorisággal éjszakai is). A két hold miatt ez az érték sűrítendő lenne, a teljes vételkörzetre történő folytonos adatvétele azonban fontosabbnak tekintjük, így a sűrűbb adatvétele nem jelentkezik kötelezően egyik területen sem. A jelek vétele egyébként nem kódolt, szabad hozzáférésű, vagyis aki rendelkezik ilyen kiépítésű vevőállomással, a NOAA-holdak jeleivel hasonlóan, azokat korlátozás nélkül rögzítheti.

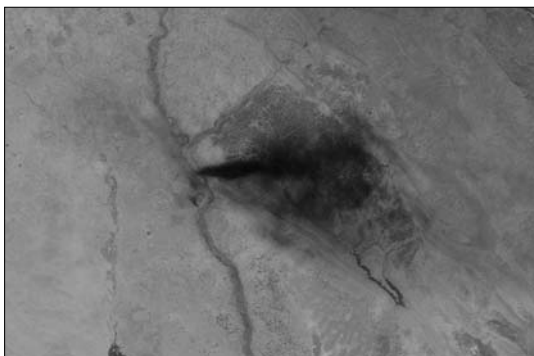
Itt jegyezzük meg, hogy bár a NASA a MODIS-rendszer honlapján a TERRA műhold jeleit bizonyos késleltetéssel közzéteszi, ez a publikálás nem terjed ki az általunk is vett fedélzeti kalibrációs adatokra. A műholdvevő üzemeltetése nemcsak emiatt „éri meg” az országnak; havária-esetekben (lásd a később említett árvíz-helyzeteket) az adatok azonnali rendelkezésre állása igen fontos.

Az állomás üzemeltetése és az adatok archiválása

A vevőállomást kezdetben az ELTE Környezetfizikai Tanszékcsoportja üzemeltette, miközben a gyakorlati fenntartási és üzemeltetési feladatokat a Geofizikai Tanszéken működő Űrkutató Csoport látta el. A tanszékcsoport 2005 közepén beolvadt a TTK Földrajz- és Földtudományi Intézetébe. Az Intézet az üzemeltetésben már



2. ábra Az ELTE vevőállomásának elvi vételkörzete. A Budapest-középpontú kör feletti műholdhelyzetekben lehetséges a vétel, viszont az itt haladó műholdak nyugati és keleti irányban kismértékben „kilátnak” ebből a körből. Például az Aral-tóról vagy Izlandról még veszünk MODIS-képeket, de a Kanári-szigetektől már nem.



3. ábra A kirkuki olajvezeték Baiji melletti állomásánál kitört olajtűz füstjét elsőnek észleltük az ELTE állomásán 2006. március 14-én reggel, pár órával a kitörés után.

nem vállal részt, így az teljes egészében a kutatócsoport keretében történik, a Magyar Űrkutatási Iroda témapályázati kereteinek támogatásával. Az adatok képi feldolgozásában és archiválásában az Intézethez tartozó Meteorológiai Tanszék is részt vesz.

A követett műholdak pályaelemeit az egyesült államokbeli NORAD által fenntartott Celestrak-adatbázisból kapjuk. Az adatbázis egyelőre nyílt hozzáférésű, ám másfél éve kilátásba helyezték a korlátozott hozzáférésű státusz bevezetését, emiatt az állomás adatigényét a központban regisztráltattuk. Mivel csak egy vevőegységgel (antenna és vevőfej, illetve feldolgozó elektronika) rendelkezünk, egyszerre csak egy műhold jeleit tudjuk észlelni akkor is, ha épp több tartózkodik a horizont felett. A pályaelemek felhasználásával a követőprogram megadja a következő áthaladások menetrendjét. A holdak prioritási listáját definiáljuk, ezáltal az egy időben elérhető holdak közül a program automatikusan tud választani, ez azonban kézi beavatkozással megváltoztatható, ha érdekesebb célpont (pl. a napfogyatkozás, lásd alább) adódik.

A parabolatányér tengelyének a biztonságos vételhez kb. fél fok vagy ennél nagyobb pontossággal a követett hold irányába kell néznie. Az üzemeltetés kezdeti szakaszában számos zenitközeleli (tehát épp térségünket térképező) áthaladás legérdekesebb, közeleli része kiesett és az adat elveszett. Ezt egy rendkívül primitív és gyorsan kiküszöbölt hiba okozta: a vezérlőprogramban az állomás geocentrikus szélessége szerepelt a geodetikus helyett, így amikor a műhold a legközelebb volt a vevőhöz, akkor emiatt a célzási pontosság az elfogadható szint alá esett. Adat-

hiányt okozott emellett az is, amikor 2005-ben néhány hónapig az AQUA műhold sugárzását egy ideig lekapcsolták Dánia és Skandinávia felett, egy napkutató szonda jeleivel való interferencia elkerülése céljából.

Mint már említettük a MODIS-jelek vételével drámaian megnőtt az archiválendő adatok mennyisége. A napi teljes adatforgalom meghaladja az 1 DVD-nyi szintet, és eléri a 6–8 gigabyte-ot is. A vevőprogram a nyers adatokból emellett a kb. kétszer akkora tárterületet igénylő HDF (*Hierarchical Data Format*) formátumú adatokat is elkészíti. Az adatok (nyers és HDF) operatív tárolása a vevőállomáshoz kapcsolt számítógépen néhány napig tart, eközben kell megoldani az archiválást. Az Űrkutató Csoport a nyers adatokat tárolja 200 gigabyte-os merevlemezeken (ezekből kb. havonta kell egy az adattároláshoz), míg a Meteorológiai Tanszéken a HDF-állományok archiválása történik szalagos egységen. Ily módon az Intézetben két, formátumában, adathordozójában és fizikai helyében is elkülönülő archiválás működik, ami stabil adatbiztonságot ad az állomásnak. Az Űrkutató Csoportnál emellett minden, térségünket érintő áthaladásról automatikusan elkészítjük a teljes Kárpát-medencét és a Keleti-Alpokig és az Adriáig terjedő területet tartalmazó ún. kárpáti kivágat geometriailag korrigált, vetületi rendszerbe illesztett adatbázisát az ER Mapper térinformatikai szoftver formátumában.

A vétel tapasztalatai, érdekesebb szcenáriók

Az áthaladási gyakoriságnak megfelelően, felhőtlen idő esetén 1–2 napos, de szerencsés esetekben néhány órás reakcióidővel észleljük a vételkörzet olyan jelenségeit, amelyek kiterjedése jelentősen meghaladja az észlelőrendszer 250 méteres felszíni felbontását. Extrém hőjelenségek, tüzek, tüzek füstje, árvizek, homokviharak tartoznak ezek közé, amelyeket a 3–4. ábrákon és a borító oldalain mutatunk be.

Az állomás képei, a következő pontban említett kutatási tevékenységen túlmenően általános érdeklődésnek örvendenek. A felvételeken látható hasonló érdekességeket, a hozzájuk kapcsolódó rövid, közérthető leírásokkal rendszeresen közöljük különféle internetes portálokon, így az Origón, a National Geographic magyarországi oldalán, az Űrvilág asztronautikai hírportálon, a Híradó internetes oldalán és a kolozsvári magyar nyelvű Transindex oldalon is. A mostani cikk megjelenésekor ezen képek és írások száma már

a 300 közelében jár. A vett képek az egyetemi (BSc és MSc) oktatásban, többek között a *Földkutatás a világűrben* c. tárgy keretében, közvetlenül hasznosulnak.

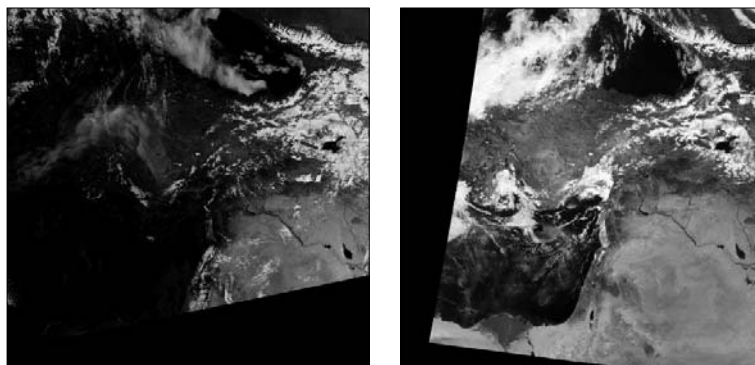
Folyó kutatások, az állomás továbbfejlesztése

A MODIS-adatvételezésén az Űrkutató Csoport elsősorban a mezőgazdasági termésbecslési eljárások területi érvényességét igyekszik kiterjeszteni más fontos európai termelő országok (pl. Lengyelország) adataira (Pásztor *et al.*, 2006). Emellett kiemelten foglalkozunk a felszínhőmérséklet (*Land Surface Temperature*; LST) meghatározásának algoritmusával (Molnár *et al.*, 2006) és az árvízi szcenáriók és a korábbi környezet állapot kapcsolatával (Timár *et al.*, bírálat alatt) is. A Meteorológiai Tanszéken elsősorban a felhőzet automatikus osztályozását, illetve a légkör vízgőztartalmát célzó kutatások zajlanak (Kern *et al.*, 2006).

Az állomást még 2006 folyamán, várhatóan a jelen cikk megjelenésével egyidőben kiegészítjük egy újabb, a geostacionárius Meteosat holdak új generációs jeleinek (*Meteosat Second Generation*; MSG) vételére is alkalmas új vevőegységgel. Az MSG a geostacionárius hold által látott félgömből 15 percenként készít olyan felvételeket, amelyek pixelmérete az Egyenlítő irányában egy négyzetkilométer. A rendszer holdjai egymással is kommunikálnak, így az adatok az egész Földre elérhetők. Mivel ez az adatmennyiség még a MODIS-áthaladásokét is nagyságrenddel haladja meg, az MSG-adatok archiválásának protokollját most alakítjuk ki.

Köszönetnyilvánítás

A jelen munkában leírt üzemeltetési és kutatási munka a Magyar Űrkutató Iroda 198/2006 277/2006 és 278/2006 témapályázatait, illetve a GVOP-3.3.1-05/1.-2005-04-0009 sz. „Műholdas környezetvédelmi, havária-előrejelző és monitorozó szolgáltatás megvalósítása” c. projekt támogatásával történik



4. ábra Törökország és környéke a 2006. március 29-i napfogyatkozás idején (balra) és egy nappal később (jobbra). A műhold elektronikus érzékelőeszköze sokkal kevésbé észleli a fogyatkozás félhomályát, mint az emberi szem, emiatt szinte éjszakai sötétet észlel akkor, amikor az ember még csak homályos nappalt lát. A teljes fogyatkozás zónája, az umbra nincs a képen, annak délnyugati sarkától kicsit kifelé van. Mivel a napfogyatkozás időbeli lefolyása előzetesen is ismert volt, a vevőt kézi programozással úgy állítottuk be, hogy az umbrához legközelebbi felvételt tudja rögzíteni.

IRODALOM

- Ferencz Cs.–Lichtenberger J.–Bognár P.–Molnár G.–Steinbach P.–Timár G. (2003): Műholdvevő állomás az ELTE Környezetfizikai Tanszékcsoportján. *Geodézia és Kartográfia* 55(9): 30–33.
- Justice, C. O.–Townshend, J. R. G.–Vermote, E. F.–Masouka, E.–Wolfe, R. E.–Saleous, N.–Roy, D. P.–Morissette, J. P. (2002): An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment* 83: 3–15.
- Kern, A.–Bartholy, J.–Borbás, É.–Barcza, Z.–Gelybó, Gy.–Pongrácz, R.–Ferencz, Cs. (2006): Estimation of vertically integrated water vapor in Hungary using NOAA AVHRR and MODIS imagery. *Geophysical Research Abstracts* 8: 07169.
- Molnár, G.–Timár, G.–Ferencz, Cs.–Székely, B.–Lichtenberger, J.–Sallai, K. (2006): Land Surface Temperature (LST) estimations in the Pannonian Basin using MODIS satellite data. *Geophysical Research Abstracts* 8: 06588.
- Mucsi L. (2004): Műholdas távérzékelés. Libellus Kiadó, Szeged, 246 o.
- Pásztor, Sz.–Bognár, P.–Ferencz, Cs.–Hamar, D.–Lichtenberger, J.–Molnár, G.–Székely, B.–Steinbach, P.–Timár, G.–Ferencz, O. E. (2006): Cross-calibration of AVHRR-MVISR and AVHRR-MODIS greenness data. *Geophysical Research Abstracts* 8: 06528.

Running, S. W.–Justice, C. O.–Salomonson, V.–Hall, D.–Barker, J.–Kaufmann, Y. J.–Strahler, A. H.–Huete, A. R.–Muller, J.-P.–Vanderbilt, V.–Wan, Z. M.–Teillet, P.–Carneggie, D. (1994): Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. International Journal of Remote Sensing 15: 3587–3620.

Salomonson, V. V.–Barnes, W. L.–Maymon, P. W.–Montgomery, H. E.–Ostrow, H. (1989): MODIS: advanced facility instrument for studies of the Earth as a system. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 27: 145–153.

Timár, G.–Székely, B.–Molnár, G.–Ferencz, Cs.–Kern, A.–Galambos, Cs.–Gercsák, G.–Zentai, L. (bírálat alatt): Combination of historical maps and satellite images of the Banat zone – re-appearance of an old wetland area. Cartographica, the International Journal for Geographic Information and Geovisualization, in review

Wolfe, R. E.–Roy, D. P.–Vermote, E. (1998): MODIS land data storage, gridding, and compositing methodology: Level 2 grid. IEEE Tran-

sactions on Geoscience and Remote Sensing 36: 1324–1338.

MODIS data receiving at the ELTE satellite station

Timár, G.–Kern, A.–Ferencz, Cs.–J. Lichtenberger, J.–Molnár, G.–Székely, B.–Pásztor, Sz.

Summary

The satellite receiving station at the Eötvös University, Budapest (ELTE) has been improved to MODIS data accessing two years ago. The daily volume of the received data has increased from the previous value of ca. 3-400 MB/day (from NOAA AVHRR HRPT and Feng-Yun CHRPT receiving) to ca. 8 GB/day, due to the data size of the MODIS passages. The paper summarizes the experiences of the data receiving in this two years and the methods of image archiving of the different format of MODIS products. Some interesting scenarios are shown in the images, recorded by the ELTE satellite station from the TERRA and AQUA satellites.

gpsnet.hu
GNSS Szolgáltató Központ

Valós idejű helymeghatározás:

Hagyományos

- DGPS korrekciók (országosan)
- RTK korrekciók (17 állomásról)

Hálózati RTK korrekciók (az ország 60%-án)

Utólagos feldolgozáshoz:

- 24 órás RINEX fájlok
- 1 órás RINEX fájlok

FÖMI KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVÁTORIUM
Tel.: 27/374-980
Fax: 27/374-982