



Műholdas radar-interferometria hazai alkalmazása: felszínsüllyedés-vizsgálat Debrecen környékén

Petrik Ottó,

Földmérési és Távérzékelési Intézet, Távérzékelési Központ

Bevezetés

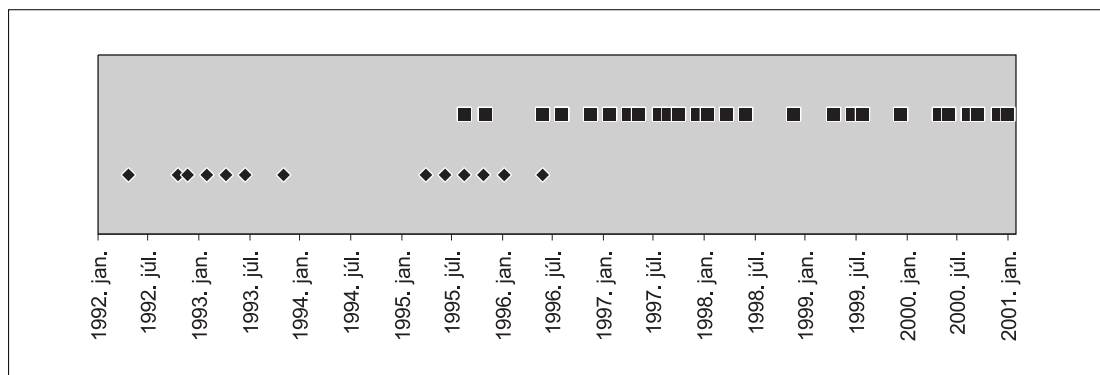
Magyarország esetében a jelenkori függőleges felszínmozgás bemutatása már több alkalommal megtörtént a *Geodézia és Kartográfia* hasábjain [1, 2, 3, 4, 5], a vízszintes kéregmozgást pedig GPS mérések alapján lehet meghatározni [6, 7]. A függőleges mozgásvizsgálatok ismételt szintezések alapján készültek, melyek közül az első (Bendefy-féle szintezés) 1949–67 között, míg a második (0-ad rendű szintezés) 1975–79 között zajlott. Így az átfogott időtartam 13–27 évnek adódik [5]. Kézenfekvő a kérdés: az azóta eltelt idő alatt módosult-e a függőleges felszínmozgás? Ennek megválaszolásában siet segítségünkre az űrtechnika, jelen esetben lokális szinten. Helyszínné Debrecen választottam: a helyi mozgásvizsgálati programhoz csatlakozva a süllyedést vizsgáltam műholdas radar interferometria használatával.

A módszer magyarországi alkalmazhatósági vizsgálatára 2003-ban kutatási munkacsoportot alakítottunk a Földmérési és Távérzékelési Intézetben (FÖMI) belül dr. *Grenerczy Gyula* (Kozmikus Geodéziai Observatórium, KGO) vezetésével, így a KGO és a Távérzékelési Központ (TK) tapasztalatait is egyesíteni tudtuk. 2007-től kez-

dődően e téma kutatását a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke és a FÖMI-KGO által létrehozott közös akadémiai kutatócsoport keretében is folytatjuk.

A jövőt illetően komplex összehasonlítást tervezünk a műholdradar-interferometria, a GPS, a szabatos szintezés és graviméteres technikák eredményei között. A FÖMI KGO koordinálásában beszereztünk radar-adatokat; feldolgozásukat pedig megkezdtem. A három másik mozgásvizsgálati technikát illetően a KGO által szervezett mérési kampányok révén már rendelkezünk adatokkal. Részben idén és jövőre újabb megfigyelésekkel bővítjük az adatsorokat. Ezzel 2008-ban és az azt követő években válik az adatrendszer megbízhatóan elemezhetővé.

A *hátsó külső borító felső ábráján* az 1:500 000 méretarányú sebességtérképből [3] Debrecen környékére készített süllyedésmoделlre egy optikai űrfelvételt feszítettem, hogy segítsen a megfelelő felvételezési helyzetű űrfelvételek kiválasztásában. A vizsgálatához a 365. pálya, 2655. számú keretét választottam. A felvételek időbeli eloszlását az *1. ábra* mutatja.



1. ábra: A rendelkezésre álló ERS-1 (◆) és ERS-2 (■) felvételek időbeli eloszlása

A radar-interferometria áttekintése

Az aktív mikrohullámú eszközök az 1mm és az 1 m közötti elektromágneses (EM) tartományban az általuk kibocsátott sugárzás visszaverődését érzékelik. Ennek a természetes megvilágítástól való függetlenség mellett az a nagy előnye, hogy minden esetben képesek a futási idő mérésére, ami új típusú információk gyűjtését teszi lehetővé [8].

Az aktív mikrohullám kifejezés rokon értelmű a radarral. A radar betűszó jelentése: *Radio Detection And Ranging* (észlelés és távolságmérés rádióhullámokkal). A radar – mint aktív eszköz – független a Naptól és a napszaktól, azaz éjjel-nappal képes működni. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a felszíni jellemzők gyakran napi ciklus szerinti változást mutatnak. A mikrohullámú eszközöket (ellentétben az optikai érzékelőkkel) nem befolyásolja a felhőfedettség vagy a pára, a működésük általában független az időjárási körülményektől. A felhőknek számottevő hatása csak a 2 cm alatti hullámhosszokon van, és a 4 cm feletti hullámhosszokon az eső hatása viszonylag jelentéktelen.

A képpalkotó radarok kutatása 1978-ban a SEASAT műhold felbocsátásakor gyorsult fel, a radar-úrfelvételek rohamos elterjedése azonban csak az 1990-es évektől lett jelentősebb. Az ERS-1 műhold felbocsátásával (1991. július 17.) rendszeres és az egész Földet lefedő adatbázis készül (35 naponként ugyanarról a területről), így az egyes földi pontokban akár több mint száz időpont áll rendelkezésre.

A radarfelvételek sajátossága, hogy a jelek vételénél nemcsak a futási időt és amplitúdót rögzítik, hanem a terepelemekről (pixelekről) beérkező jel és a fedélzeti referenciajel fáziskülönbségét is. Emiatt az impulzusnak koherens sugárzásnak kell lennie. (A koherens sugárzás azt jelenti, hogy annak minden jellemzője azonos fázisban rezeg). Amikor a koherens sugárzás a felszínelemről visszaverődik, akkor a felszínelemen elhelyezkedő elemi szórópontok összesített jeleként (szuperpozíciójaként) jelenik meg. {A szórópont a felszínelem azon pontszerű része, amely a radarjelet visszaveri, s általában egy felszínelemen néhány száz darab van belőlük.} Ezen szórópontok véletlenszerű elhelyezkedése azonban zajt generál (*speckle* – pöttyösség), amit csak utófeldolgozással lehet javítani [9]. A radarfelvételeket komplex formában szokás tárolni, így minden pixel egy komplex számként van el-

tárolva. A komplex érték valós része adja a pixel intenzitását (amplitúdóját), a képzetes része pedig a pixel fázisát.

A különböző helyzetben és/vagy időben rögzített komplex (amplitúdó és fázis) képek kombinációja adja a radar interferometriát (I). A képpár egyező pontjaira az eredmény-interferogram hullámhossz alatti pontossággal teszi lehetővé a radar és a felszín közötti kis távolság különbségek meghatározását.

A radar-interferometria alapján véve abban különbözik az optikai interferometriától, hogy a komplex jelben a fázis közvetlenül mérhető. Az optikai interferometriában (ahol az intenzitást rögzítik) a fázis információ csak közvetve hozzáférhető az építő (összeadó) és romboló (kioltó) interferencia-minták mérésével (a világos és a sötét gyűrűk távolsága).

Az interferométeres radar a hagyományos sztereofotograméteres technika alternatívája a nagyfelbontású topográfiai térképek, sebességtérképek készítésénél és a változásvizsgálat hatékony eszköze.

Az egyedi pixel fázisa egy – a pixelre jellemző – és egy a szenzor és a pixel közötti távolságtól függő részből tevődik össze, és a következő képlettel adható meg:

$$\Phi = \Psi + \frac{4\pi}{\lambda}r + \alpha + v,$$

ahol Ψ a pixel visszaverő képessége, $\frac{4\pi}{\lambda}$

a szenzor és a felszín közötti távolság,

α az atmoszféra hatása a fázisra és v a zaj.

A fázis (pixelre jellemző) része nem becsülhető. A földi pixel mérete (amely néhány méter; az ERS műhold esetén ~20 m) és a hullámhossz (néhány cm; az ERS műhold esetén ~5,6 cm) közötti nagy arányszám miatt, egy radarkép fázisa a gyakorlatban nem használható.

A fázisban ismeretlen számú egész ciklus van: ez a jelenség a **magasság-többértelműség**.

Két kép között az interferométeres fázis a következő alakban írható fel:

$$\Delta\Phi = \Delta\Psi + \frac{4\pi}{\lambda}\Delta r + \Delta\alpha + v_{ij}$$

ha a felvételi időpontok között kevés különbség van, akkor $\Delta\Psi = \Delta\alpha = 0$,

ha pedig a jel/zaj arány nagy, akkor $v_{ij} \rightarrow 0$, így

$$\Delta\Phi = \frac{4\pi}{\lambda}\Delta r$$

azaz az interferométeres fázis csak a szenzor és a felszín közötti távolság – másnéven a ferde távolság – változásától függ.

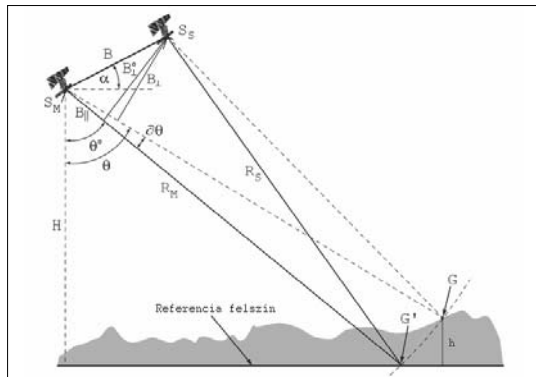
$\Delta\Psi \neq 0$ akkor fordul elő, ha

- a felvételezési időpontok között túl sok idő telt el és jelentősen megváltozik a felszín reflektivitása (pl. megnő a növényzet);
- a beesési szög túlságosan megváltozik, így az egyedi szórópontok által visszavert hullámok szuperpozíciója közötti különbség 2π -nél, vagyis egy egész ciklusnál nagyobbá vált.

$\Delta\alpha = 0$ abban az esetben fordul elő, ha a két képet egyidejűleg készítik.

A 2. ábra mutatja a radar interferometria geometriai elrendezését. A ma használatos interferometria két alapesetre osztható: a térbeli bázisvonalra és az időbeli bázisvonalra (lásd alább). A bonyolultabb alkalmazások esetén a többszörös interferogram-kombinációknál általában a térbeli és az időbeli bázisvonalak egyszerre fordulnak elő.

A tisztán térbeli bázisvonal esetén (B) a célterületet egyidejűleg két különböző műholdpályáról képezik le (azaz az időbeli bázisvonal nulla), és a jel kibocsátásának és visszaérkezésének különbségéből elkészíthető a cél függőleges vetülete, ezzel a felszín topográfiájának mérését biztosítva. Az interferométeres technika előnye a sztereo-optikai technikával szemben a szenzor és a felszínelem távolság-különbségének meghatározása hullámhossz alatti pontossággal. A távolság, az azimut és a magassági szög egyidejű mérése minden egyes képpont esetén abszolút 3D helymeghatározást tesz lehetővé, így a radarkép a geometriai hibáktól terhelt ferde távolságból egy földrajzi rendszerbe pontosan transzformálható.



2. ábra Az interferometria alapelrendezése

A tisztán időbeli bázisvonal esetén pontosan azonos helyzetből történik a felvételezés, de különböző időpontokban. Az alapelv szerint, ha azonos volt a felvételi helyzet, az interferometrikus eltérés a vizsgált felszín megváltozásához kapcsolódik. Az időbeli bázisvonal a mérés irányába eső sebességkomponens változását mutatja. A repülőgépre szerelt szenzorok esetén cm/másodperc nagyságú (pl. óceánfelszín mozgása, járműforgalom), üreszközök esetén a cm/nap nagyságú mozgás (pl. jég) kimutatása lehetséges.

Kevert bázisvonalak esetén a dinamika és a topográfia egyidejűleg mérhető. A kevert bázisvonalak leggyakrabban a műholdak ismétlődő átvonulásával jönnek létre, ahol a mind a térbeli, mind pedig az időbeli bázisvonal megléte kívánatos. Abban az esetben, amikor műholdas interferometriát használunk topografikus térkép készítésére, a felvételek között (az időbeli bázisvonal miatt) gyakran koherencia-vesztés tapasztalható, amelyet a felszíni szórópontok eloszlásának megváltozása okoz ($\Delta\Psi \neq 0$). A koherencia a két kép fázisának korrelációját méri. A különböző időpontok között az alak és/vagy dielektromos jellemző (pl. a víztartalom) változása, a növényzet mozgása, a csapadék mind-mind rontja az interferogram minőségét. Ezt a jelenséget időbeli (temporális) dekorrelációnak nevezzük.

A többszörös átvonulási technikájú topografikus térképezéssel együtt jár a térbeli és időbeli bázisvonalak jelenléte. Azokban az esetekben, amikor a térbeli bázisvonal kicsi (közelít a nullához) ez a technika a felszíni elmozdulás térképezését eredményezi. Amikor a térbeli bázisvonal hosszú, további információra van szükség a felszín változása és a domborzat okozta fázis-többérműség feloldására.

A majdnem azonos pályáról készített komplex radarképek kombinálása esetén

- a jellemző időkülönbség a műholdas rendszerek esetén napok-évek, légi rendszerek esetén néhány 10 perc vagy óra;
 - gyakran igen hosszú a térbeli bázisvonal.
- Esetenként azonban előfordulhat, hogy a műholdpálya ismétlődése olyan pontos, hogy a bázisvonal csak néhány méter, és nem szükséges topografikus korrekció.

A komplex interferogram az első kép (szókas *MASTER* képnek nevezni) és második kép (*SLAVE*) megfelelő pixeleinek összeszorozásával hozható létre. Az interferogram amplitúdója az első és második kép amplitúdójának szorzata, az interferogram fázisa pedig a két kép fázisának

különbsége lesz. Az interferogram fázisa az alábbi komponensekből áll össze: a referencia felszín, a domborzat, a felszínen történt elmozdulás (pontosabban annak műhold-irányú komponense), a légkör (páratartalom, hőmérséklet, nyomás) hatása, illetve a zaj.

A referenciacfelszín, a domborzat hatásának eltávolítása után – az atmoszféra hatás és a zaj minimalizálása mellett –, két irányban lehet folytatni az interferogram feldolgozását: vagy domborzat modellt állítunk elő [11], vagy külső domborzatmodell (DTM) bevonásával a felszín – műhold irányú – elmozdulását határozzuk meg [12]. A mozgásvizsgálat értelemszerűen a második módszer.

A differenciális interferometria hazai megvalósítása

Alapos tájékozódás után a DEOS (*Delft Institute for Earth-Oriented Space Research, Delft University of Technology*) Doris nevű (*Delft Object-oriented Radar Interferometric Software*) kutatási célra szabad felhasználású feldolgozó szoftverét választottam (Linux operációs rendszerben). Az előkészítésben és kiértékelésben pedig a FÖMI TK-ban meglévő térinformatikai szoftvereket használtam (ERDAS Imagine, ESRI ArcInfo/ArcView).

Az ERS-2 műhold giroszkópjainak egymás utáni meghibásodása miatt 2000 februárjától már nem minden felvétel alkalmas interferométeres kép készítésre. 2001 januárjában az utolsó giroszkóp is leállt (a műhold úgynevezett „Zero Gyro” módban működik). Az azóta eltelt időben gyakorlatilag nem készült interferometriára használható ERS-2 felvétel. Ennek megfelelően 2001 januárjában kell meghúzni a vizsgált időszak végét.

A deformációk interferométeres feldolgozása az alábbi lépésekből áll:

- képpár előkészítése,
- a radarképek fedésbe hozása,
- interferogram és koherencia generálása,
- a fáziskép szűrése,
- topografikus javítás és
- geokódolás.

A képek előkészítése során kiválasztjuk a vizsgálandó területet, meghatározzuk az úrfelvételhez tartozó pontos pályát, és a nyers adatokból kivágatokat készítünk a feldolgozó szoftver (Doris) formátumában.

A fedésbe-hozás első lépéseként a pontos pályaadatok alapján közelítő egyezésbe kell kerülniük a képeknek, aztán autokorrelációs technikával meghatározzuk azt az eltolást amely először 1 pixel pontossággal, majd pixel alatti (pl. 1/8 pixel) pontossággal fedésbe hozza a képeket. A következő lépés a különböző műholdpályák esetén szükséges forgatás meghatározása. Végül a második képet a meghatározott eltolással és forgatással transzformáljuk, így a két kép pixel alatti pontossággal fedésbe kerül.

A következő lépés a komplex interferogram számítása, azonban ez csak a referenciacfelszín hatásának eltávolítása után lesz használható. A koherencia kiszámítása után kapott térkép nem csak az interferometrikus fázis pontosságát jelzi az adott helyen, hanem alkalmas a biomasszában bekövetkezett változás kimutatására is.

A fázisban lévő zaj csökkentésének egyik módszere a fáziskép szűrése. Számos algoritmus létezik ilyen szűrés végrehajtására mind tér-, mind pedig térfrekvencia tartományban. A szűrő alkalmazásának előnye, hogy a térbeli felbontást nem rontja, azonban megváltoztatja az interferogram szerkezetét. A vizsgálatban a Goldstein adaptív szűrőt használtam.

A domborzat hatásának eltávolítása után az úgynevezett differenciális interferogramot (DI) kapunk. Ezt úgy érzük el, hogy a domborzatmodell és a pontos pálya ismeretében mesterséges fázist generálunk és azt levonjuk az interferogramból.

$$\Delta\Phi = \Phi - \Phi_{dm} = defo (+ \text{atmoszféra} + \text{zaj})$$

Az így kapott fázis (radiánban) a deformációval arányos, ezért a hullámhossz (5,656 cm) ismeretében könnyedén átszámítható:

$$defo = -0,5 \times \text{hullámhossz} \times \text{fázis}/(2\pi).$$

Ez az eredmény a deformációt a műhold irányában adja meg, ezért azt az oldalranézés szögének (θ) szinuszával osztani kell, hogy vertikális irányú elmozdulást kapjunk.

A kapott eredmény most már további elemzésre alkalmas, ezért az eddig használt radarkoordinátákról (repülési és arra merőleges irányról) át kell térni geodéziai vonatkoztatási rendszerre. Az általam használt program WGS84 vetületbe számolja át a koordinátákat, amit aztán a FÖMI TK-ban meglévő térinformatikai programokkal átranszformálunk EOVS rendszerbe [13, 14].

Eredmények

Különböző időbeli bázisvonalú képpárokat használva egyensúlyt kell találni a használható időbeli bázisvonal és a mérhető nagyságú süllyedés kialakulásához szükséges idő között (az interferogram koherenciája csökken, ha nő az időbázis). A mezőgazdasági vagy erdős területek (Ψ gyorsan változik) és a felvételezések eltérő időjárási körülményei (légköri hatás) jelentősen növelik a fázis-zajt és csökkentik a radar-interferometria használhatóságát a deformáció vizsgálatokban.

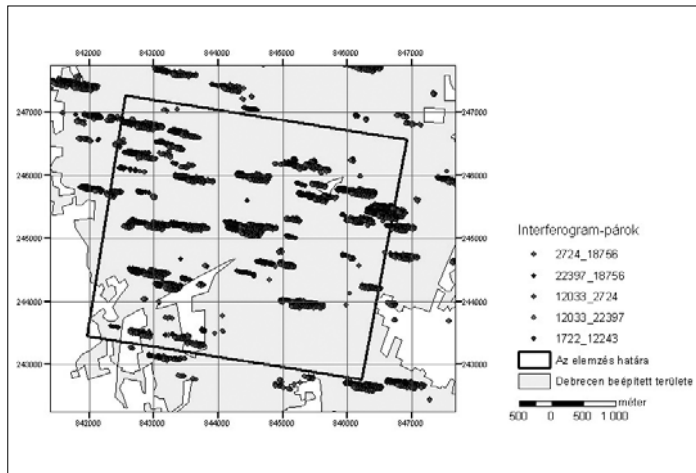
Első lépésben meghatároztam egy mintegy 12×10 km méretű kivágatot, amely tartalmazza majdnem az egész várost és nyugat felé a vertikális sebesség-térkép [3] legnagyobb ($-6,5$ mm) izovonalát. Ezzel ugyan mezőgazdasági területek is kerültek a vizsgálatba, de az elemzésből később úgyis kimaradnak az alacsony koherenciájú pontok.

Az alábbi interferogramokat készítettem és elemeztem:

- 1993 november 03–1995 október 28 (12033–2724) majdnem 2 év különbséggel készült kivágat képpár,
- 1995 október 28–1998 november 21 (2724–18756) 3 év különbséggel készült kivágat képpár,
- 1995 október 28–1997 szeptember 27 (2724–12744) majdnem 2 év különbséggel készült kivágat képpár,
- 1995 augusztus 19–1997 augusztus 23 (1722–12243) majdnem 2 év különbséggel készült kivágat képpár.

Az interferogramok elemzése során azt tapasztaltam, hogy a beépített területen kívül alacsony a koherencia. Ez azért probléma, mert alacsony koherencia esetén a domborzathoz vagy a deformációhoz köthető fázisváltozások elvesznek a zajban.

A $0,5$ -nél nagyobb koherenciájú pontok szinte csak Debrecen területén találhatóak, ezért szűkítettem a vizsgált területet (3. ábra). Az új vizsgálati terület mintegy 4×4 km méretű és majdnem teljesen beépített.



3. ábra A $0,5$ feletti koherenciájú pontok elhelyezkedése a különböző képpárok esetén

Az elemzésből kizártam azokat a pontokat, amelyek koherencia értéke $0,2$ alatt volt, a megmaradt pontok alapján a következőket állapíthatjuk meg:

- A Joó-féle térkép [3], amely ezt a kutatást is inicializálta, és a DI eredmény térkép nehezen összevethető: az utóbbi csak egészen kis területre, de lényegesen jobb térbeli felbontással ad eredményt.

Kijelenthető, hogy szükségtelen ekkora részletesség, meg kell vizsgálni – a területi eloszlásuk megtartása mellett – miként lehet csökkenteni a DI pontok számát.

- Az időbeli felbontás részletesebb vizsgálatának elvégzésére akár évenkénti lépésekben is van lehetőség.

- 1995–1997 közötti változás (hátsó külső borító alsó ábra): a nyugati oldalon található maximális süllyedés egybevág a Joó-féle térképpel, a keleti oldalon folytatódik a süllyedés, de már mérsékelt ütemben. A süllyedés mértéke néhol meghaladja az 1 cm/évet. A vizsgált terület beépített, ezért ezekben az esetekben meg kell vizsgálni, hogy az adott pontban a felszín mozgásához nem adódik-e hozzá az épület saját mozgása. Ebben az esetben az interferometria – egyfajta előrejelzőként – felhívja a problémás területekre a figyelmet.

- A beépített területen több helyen emelkedést is mutatott az interferogram, az okok kiderítése további vizsgálatokat igényel. Ezeket nem jelöltem. Emelkedést okozhat a magasság-többértelműség. A használt domborzatmodell nem tartalmazza a tereptárgyakat, így a beépítés megváltozását a program felszínmozgásként jeleníti meg. Szintén

emelkedést okozhat, ha a felvételi időpontokban a légkör állapota különböző. Ekkor – az eltérő törésmutató miatt – futásidő különbség keletkezik, ami magasságváltozás formájában jelenik meg. Végül az emelkedést okozhatja a több-utas terjedés is; az egyik képen reflektorok (dihedral, trihedral) jelennek meg (pl. lakótelepi ház fala éppen merőleges a besugárzásra), így a radar által kisugárzott jel nem közvetlenül verődik vissza, hanem előtte még ismeretlen utat jár be, amit a program magasságváltozásként jelenít meg.

További teendők a fenti vizsgálatokon túl:

- Folytatni kell az elemzést a meglévő adatokon az 1991–1995 és az 1997–2001 időablakokban is.
- A vizsgálandó területet ki kell terjeszteni a környező beépített területekre is (Derecske, Hajdúszoboszló, Balmazújváros, Hajdúböszörmény).
 - Meg kell próbálni olyan képpár (azaz felvételi időpont) kombinációt találni, amellyel a vizsgálatot a nagy dinamikájú területekre (növényzetborítás) is ki lehet terjeszteni.
 - Multiszenzoros interferometria vizsgálat: mivel a 2001. utáni időszakra az ERS-2 műhold adatai nem használhatók, így másik adatforrás bevonását kell megvizsgálni. A leginkább szóba jöhető eszköz az ESA Envisat műholdjának radarszenzora. Meg kell vizsgálni az Envisat adatok integrálását a meglévő ERS adatbázisba.
 - Létezik egy eljárás az úgynevezett állandó szórópontok interferometriája (*Permanent/Persistent Scatterres Interferometry, PSI*), amely képes a légköri hatások kiküszöbölésére. Az eljárás hátránya a rendkívüli nagy képigény (min. 35 db) és a feldolgozó szoftver magas ára (30 ezer \$/év).
 - A vizsgálat igazolta, hogy ez az új úrtechnikai eljárás Magyarország esetén is hasznos és használható, különösképpen a környezeti állapot változásának és a katasztrófa (árvíz, földcsuszamlás) előrejelzése érdekében végzett kutatások területén [15].

Köszönetnyilvánítás

Az interferometria vizsgálat hátterét a MŰI (2003, TP 145–146), az ESA CAT-1 (C1P.2380) és az ESA PECS (N° 98026) pályázatok biztosították. Köszönöm dr. Grencerczy Gyula (FÖMI KGO) közreműködését.

IRODALOM

- [1] Joó, I. (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin (Jelenkori függőleges felszínmozgások a Kárpát-medencében). *Tectonophysics* **202** (2–4): 129–134.

- [2] Joó, I. (editor in chief, 1991): Map of Horizontal Gradients of Velocities of RVM in the Carpatho-Balkan Region is based on measured data. *Cartographia*, Budapest, scale 1:1 million.
- [3] Joó, I. (ed. 1995): The National Map of Vertical Movements of Hungary. SE, FFFK, Székesfehérvár, scale 1:500 000.
- [4] Joó I. (1994): A földfelszín magasságirányú mozgásai Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia* **46** (3); 6–12.
- [5] Joó I. (1998): Magyarország függőleges irányú mozgásai. *Geodézia és Kartográfia* **50** (9): 3–9.
- [6] Grencerczy Gy.–Kenyeres A.–Fejes I. (2000): Present crustal movement and strain distribution in Central Europe inferred from GPS measurements, *Journal of Geophysical Research* **105**, No. B9, pp. 21, 835–21,846.
- [7] Grencerczy, Gy.–Sella, G.–Stein, S.–Kenyeres, A. (2005): Tectonic implications of the GPS velocity field in the northern Adriatic region, *Geophys. Res. Lett.* **32**, L16311, doi:10.1029/2005GL022947.
- [8] Henderson, F. M.–Lewis, A. J. (eds., 1998): Principles and Applications of Imaging Radar. John Wiley & Sons, Inc. 866p.
- [9] Schreier, G. (ed., 1993): SAR geocoding: Data and System. Wichman, Karlsruhe, 425 p
- [10] Vass, P.–Batrick, B. (eds., 1992): ERS-1 System. ESA, Noordwijk, 87p.
- [11] Prati, C.–Rocca, F. (1994): DEM generation with ERS-1 interferometry. In: Sansò, F. (ed.): *International Association of Geodesy Symposia* **114**: 19–26.
- [12] Kampes, B.–Usai, S. (1999): Doris: The Delft Object-oriented Radar Interferometric software. In: *proceedings ITC 2nd ORS symposium*, August 1999. (CDROM).
- [13] Mihály, Sz. (1996): Description Directory of the Hungarian Geodetic Reference. *GIS-Geo-Informationssysteme* **9**: 30–34.
- [14] Timár G.–Molnár G.–Pásztor Sz.(2002): A WGS84 és a HD72 alapfelületek közötti transzformáció Molodensky-Badekas-féle (3 paraméteres) meghatározása a gyakorlat számára. *Geodézia és Kartográfia* **54** (1): 11–16.
- [15] Timár G. (2003): A felszínsüllyedés hatása a Közép-Tisza hidrológiai viszonyaira. *Vízügyi Közlemények* **85** (1): 147–160.

**Application of satellite radar
interferometry in Hungary:
subsidence monitoring
near Debrecen, East-Hungary**

Petrik, O.

Summary

An overview is given on theory and technique of satellite radar interferometry. The realization with Doris software is demonstrated on a sample

near Debrecen, East-Hungary. The generated high spatial resolution displacement maps are presented. Comparing results of conventional and radar interferometric deformation monitoring techniques is hard due to differences in their spatial resolution. On non-urban areas very low coherence was found due to rapid changes in vegetation so these areas were excluded from interpretation. On the remaining areas correspondence with the earlier map (*Joó, 1995*) was found, however reasons of discrepancy are still to be analysed later.

FÖLDMÉRŐ TALÁLKOZÓ 2007 – MAROSVÁSÁRHELY

2007. MÁJUS 10 – 13.

A KONFERENCIA CÉLJA

Kapcsolatteremtés a bel- és külföldi szakemberek és intézmények között, a hazai szakemberek ismereteinek, tájékozottságának bővítése a jelen és jövőbeli szakmai megoldásokba való gyors és hatékony bekapcsolódása, a változó szakmai követelmények nyomán követése.

A KONFERENCIA TEMATIKÁJA

FELKÉSZÜLTÜNK EURÓPAI FELADATAINK MEGOLDÁSÁRA

1. Az Európai Unió (EU) földmérési normarendszere
 - Egységes vonatkoztatási rendszer megvalósítása és alkalmazása
 - Ingatlan-nyilvántartás alkalmazott megoldásainak alapelvei
 - Térinformációs rendszerek változatai és azok létrehozásának alapelvei
 - Műszaki megvalósítások tervezése és kivitelezése támogatásának alapelvei
2. Új helyzetben a romániai földmérés az európai csatlakozás után
 - Az új ingatlan-nyilvántartási rendszer
 - A mezőgazdasági parcellaazonosító rendszer
3. Az elvégzett munkáink bizonyítják felkészülésünket
 - Az elvégzett munkák bemutatása
 - Szakmai továbbképzésünk főbb irányai

SZERVEZŐ: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT)
Földmérő Szakosztálya

A KONFERENCIA ELNÖKE: *Dr. Ferencz József*; az EMT Földmérő Szakosztályának elnöke

A KONFERENCIA PROGRAMJA:

csütörtök, május 10. délután érkezés, regisztráció, elszállásolás
péntek, május 11. egész napos kirándulás
szombat, május 12. előadások, szakmai megbeszélések, este állófogadás
vasárnap, május 13. elutazás

KONFERENCIA-TITKÁRSÁG

RO-400604 Cluj, B-dul 21 Dec. 1989, nr. 116

Postacím: RO-400750 Cluj, C.P. 1-140.

Tel./fax: +40-264-594042, +40-264-590825,

E-mail: emt@emt.ro

Web: <http://www.emt.ro>

KAPCSOLATTARTÓ SZEMÉLY:

Szabó Zsófia, programszervező (zsofi@emt.ro)