



# Árvíz- és belvízfelmérés radar felvételekkel

Csekő Árpád

Földmérési és Távérzékelési Intézet, Távérzékelési Központ

## 1. Bevezetés

Magyarországon, több évtizedes szünet után, súlyos árvizek pusztítottak az elmúlt években: 2000-ben és 2001-ben a Tiszán és mellékfolyóin; 2002-ben a Dunán vonult le árvíz. Az elmúlt évek legsúlyosabb belvizek 1999-ben következtek be az Alföldön. A Földmérési és Távérzékelési Intézet, Távérzékelési Központja (FÖMI TK), az 1997 óta zajló Távérzékelési Országos Szántóföldi Növénymonitoring és Termésbecslés Program (NÖVMON) bázisán, 1998-tól kezdődően hajtja végre a belvizes területek felmérését és hatásvizsgálatát űrfelvételekkel. A FÖMI TK a 2000., 2001. és 2002. évi árvizek alkalmával is sikeres operatív árvízmonitoringot végzett űrfelvételekkel. A FÖMI TK által végrehajtott magyarországi árvíz- és belvízfelmérés módszertanáról részletesebben az „Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel” c. cikk tájékoztató (Csornai et al., 2000). Az operatív árvíz- és belvízfelmérés, valamint az elöntések hatásainak monitorozása különböző típusú optikai és infravörös tartományban detektált űrfelvételek alapján történt. A mikrohullámú távérzékelés árvíz- és belvízfelmérési célú alkalmazása 1999-től kezdődött el kísérleti jelleggel, majd a 2000-ben indult, a FÖMI és az Európai Űrügynökség (ESA) közös programja, a FÖMI-ESA PRODEX-ENVISAT kutatás-fejlesztési projekt keretében folytatódott. A projekt célja a FÖMI által kifejlesztett és alkalmazott operatív árvíz/belvíz és aszálymonitoring modell regionális kiterjesztése, továbbá a 2002 márciusában felbocsátott ESA ENVISAT műhold új generációs szenzorok adatainak bevonása a gyors és nagy területű árvíz/belvíz és aszálymonitoringba. Ezen szenzorok egyike a közepes térbeli és nagy spektrális felbontású MERIS képspektrométer, a másik felhasználásra kiválasztott szenzor a mikrohullámú ASAR képalpító rendszer.

## 2. A mikrohullámú távérzékelés

A mikrohullámú képalpítás alapvetően eltér az optikai/infravörös tartományú képalpítástól. Míg

az optikai/infravörös tartományokban a földfelszín kibocsátott sugárzását és a Naptól származó – a felszín által visszavert – természetes sugárzást detektálják a szenzorok (passzív távérzékelési rendszer), addig a mikrohullámú távérzékelés során a szenzor az általa kibocsátott sugárzás visszavert jelét érzékeli (aktív távérzékelési rendszer). Ezeknek a tulajdonságoknak megfelelően az optikai/infravörös szenzorok alapvetően nappal, természetes megvilágítás mellett használhatók (kivéve az éjszakai hőfelvételeket). Tekintettel arra, hogy a felhők teljesen visszaverik az optikai és infravörös hullámhosszú sugárzást, így ezek a felvételek nem használhatók a felhőborításos területek felmérésére. Az elektromágneses spektrum mikrohullámú tartományában (0,1–100 cm) készített radar felvételek időjárástól és napszaktól függetlenül alkalmasak a földfelszín monitorozására, változásainak vizsgálatára: lehetőség van a felhőborításos területek felmérésére, és éjszaka is készíthető kiértékelhető felvétel. A radar felvételek általában egy meghatározott hullámhosszon készülnek (pl. 5,7 cm), amely meghatározza, hogy a földfelszín mely tulajdonságai tükröződnek a felvételen. Mivel a radar felvételek önmagukban jelentősen kevesebb információt tartalmaznak, mint a multispektrális űrfelvételek (pl. Landsat TM, SPOT), ezért felhasználásuk gyakran többidőpontú (multitemporális) kiértékelés keretében történik, és ezáltal lehetőséget nyújt a földfelszín változásainak követésére. A változások vizsgálata két fő irányban történhet: statikus (időben lassú lefolyású) változások (pl. néhány mm/év talajszüllyedés egy-egy területen) kimutatására a radar interferometria módszerével vagy dinamikus (időben gyorsabb lefolyású) felszínborítási változások detektálására (pl. árvizek, belvizek, csuszamlások, erdőirtások). Az optikai és infravörös tartományok képalpításától eltérően a radar hullámok főleg a földfelszíni elemek alakjára (iránytól, polarizációtól függően), érdességére (a felvételezési hullámhosszal összemérhető formáira) és dielektrikus tulajdonságaira érzékenyek.

### 3. Árvízfel mérés űrfelvételekkel

Az árvizek és belvizek felmérésére optimális űrfelvétel-adatrendszer gyakori időbeli fedésű, nagy térbeli felbontású, időjárástól függetlenül működő szenzorokat kívánna meg. Tekintettel arra, hogy ilyen szenzor nem létezik, a hazai és nemzetközi árvíz- és belvízfelmérések általában a különböző típusú űrfelvételek kombinációján alapultak. A FÖMI TK által 2000 és 2001 során végrehajtott operatív árvízmonitoring során főleg a gyakori időbeli fedésű, kis térbeli felbontású NOAA AVHRR űrfelvételek kerültek kiértékelésre, ezek alapján a felhőmentes területekre naponta több alkalommal lehetett árvízi előntéstérképeket előállítani. Az előntéstérképek jól mutatták az árvíz által előntött területeket, és az árvíz terjedésének irányát is nyomon lehetett követni folyamatos kiértékelésükkel, ezzel lehetővé téve az árvíz elleni védekezés hatékonyabb megszervezését is. Az árvíz területi kiterjedésének pontos monitorozására a nagy területi felbontású, de ritkább időbeli fedésű Landsat TM és IRS-1C/1D LISS űrfelvételek (ld. 1. táblázat) kiértékelésével került sor. Az így előállított árvízi előntéstérképek területi felbontása sokkal nagyobb, mint a NOAA AVHRR alapúaké, de a ritkább időbeli fedés megnehezítheti az árvízfelmerést. A következő űrfelvétel elkészítésére több műhold együttes használata esetén néhány nap elteltével ugyan sor kerülhet, de ez az időtartam növekedhet teljes felhőborítás esetén. A belvízfelmérés Magyarországon 1999-től kezdődően főleg optikai és infravörös tartományú űrfelvételek alapján történt (Landsat TM, IRS-1C/D LISS, illetve IRS-1C/D WIFS és SPOT VEGETATION).

Az árvizek felmérésére akár teljes felhőborítás esetén (illetve éjszaka) is jó lehetőséget kínálnak a radar felvételek, mivel a cm-es nagyságrendű hullámok a felhőkön is áthatolnak, emellett éjszakai

felvételek készítésére is van mód, ami az operatív árvízi védekezésben döntő lehet. A Magyarországon a FÖMI TK által 1998–2002 között árvíz- és belvízfelmérésre felhasznált űrfelvételek főbb tulajdonságait mutatja az 1. táblázat.

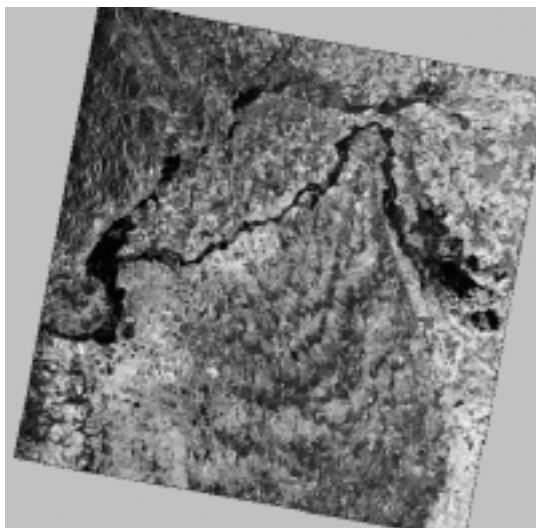
A mikrohullámú reflektancia esetén a visszaverő felszín felületének érdessége és dielektromos állandója a döntő. A vízzel borított területek azonosítása alapvetően a vízfelszín „simaságának”, azaz minimális érdességének és a víz (más felszínborításoktól jelentősen eltérő) dielektromos állandójának érzékelésén alapul, ez a módszer nyújt lehetőséget árvizek és nyílt belvízfelszín azonosítására. A vízfelszín érdességét változtathatja a szél okozta fodrozódás és hullámozás, ebben az esetben a vízzel borított felszínnek egy része nehezebben felismerhető. A több időpontban készült radar felvételek együttes kiértékelésével készült változástérképek, azonban megbízhatóan kimutathatóvá teszik a felszínborítás különböző eredetű változásait, különösen az olyan jelentős változásokat a felszín érdességében, mint amilyeneket az árvízi előntés okoz. A radar felvételek árvízmonitorozási célú alkalmazásánál gondot jelent – a szél okozat, fodrozódás, hullámozás mellett – a növényzettel borított területek (jellemzően ártéri erdők, nádasok) árvízi előntésének felmérése, mivel a víz által el nem borított, de vízben álló erdők és cserjések reflektanciája alig változik, és jelentősen eltér a sima vízfelszínnel borított területek reflektanciájától.

### 4. A Felső-Tisza-vidéki, 2001. márciusi árvíz felmérése radar felvételekkel

A 2001. március elején bekövetkezett árvíz a Felső-Tisza magyarországi szakaszán súlyos károkat okozott. Az árvíz operatív monitorozását 2001. március 6-án kezdte meg a FÖMI TK, főleg

| Szenzor         | Térbeli felbontás | Területi lefedés | Időbeli felbontás   | Felvételezésitartomány  |
|-----------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------------------|
| Landsat TM      | 30 m              | 185 km x 185 km  | 16 nap <sup>1</sup> | 0,45–12,5 $\mu\text{m}$ |
| IRS-1C/1D LISS  | 23,7 m            | 140 km x 140 km  | 24 nap <sup>1</sup> | 0,52–1,7 $\mu\text{m}$  |
| IRS-1C/1D WIFS  | 180 m             | 810 km           | 3–5 nap             | 0,62–0,86 $\mu\text{m}$ |
| SPOT VEGETATION | 1100 m            | 2250 km          | 1 nap               | 0,43–1,75 $\mu\text{m}$ |
| NOAA AVHRR      | 1100 m            | 2700 km          | naponta több        | 0,58–12,5 $\mu\text{m}$ |
| RADARSAT        | 10–100 m*         | 50–500 km*       | 24 nap <sup>2</sup> | 5,7 cm                  |
| ERS-2 SAR (PRI) | 12,5 m**          | 100 km           | 35 nap              | 5,7 cm                  |

1. táblázat A Magyarországon árvíz- és belvízfelmérésre használt űrfelvételek főbb paramétereit (1<sup>több műhold együttes felhasználása esetén a visszatérési idő akár 3–4 napra is csökkenthető; 2a RADARSAT műhold programozható oldalra néző üzemmódjával a visszatérési idő jelentősen csökkenthető; \* felvétel-típustól függően; \*\* képkötés utófeldolgozással)</sup>



1. ábra A 2001. március 10-i árvízi időpontú ERS-2 SAR felvétel a Felső-Tisza vidékére (az árvízzel elöntött területek fekete színűek)

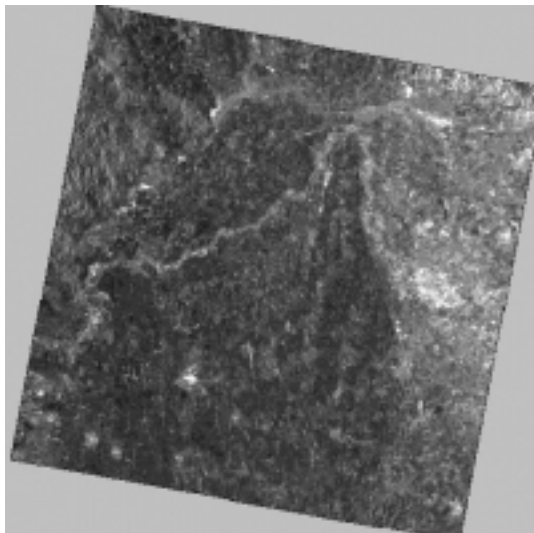
a naponta többször készített NOAA AVHRR űrfelvétel alapján. A levezetett kisfelbontású elöntéstérképek operatív felhasználásra kerültek a védekezés során, a katasztrófavédelmi és vízügyi szervek által. Az árvíz pontos felmérésére kevés nagyfelbontású űrfelvétel állt rendelkezésre, és ezek egyes részeit felhő borította. A rendelkezésre álló két nagyfelbontású multispektrális űrfelvétel közül egy az árvízi elöntés csúcsa előtti (IRS-1C LISS, 2001. március 8.), egy pedig az elöntés csúcsa utáni (Landsat TM, 2001. március 17.) időpontú. Mindkét időpont erősen felhős volt, ezért az árvíz kiterjedésének teljes területre vonatkozó felmérésére célszerű volt a radar felvételek bevonása.

Radar felvételek alapján történő utólagos árvíz-felmérés történt a FÖMI-ESA PRODEX-ENVISAT K+F program keretében, a FÖMI TK végrehajtásában. A program keretében ERS-2 SAR (SAR: Synthetic Aperture Radar – Szintetikus Apertúrájú Radar) felvételek beszerzésére és kiértékelésére került sor a Felső-Tisza vidékére: egy az árvízi elöntés csúcsa körüli időpontú (2001. március 10.), egy pedig a száraz időszakból származik (2001. április 14.). A 2001. március 10-i ERS-2 SAR felvételt mutatja be az 1. ábra. Az ERS-2 SAR űrfelvételek térbeli felbontása 12,5 méter (a SAR képalkotás folyamata során utófeldolgozással előállított felvételeknél), térbeli fedése 100km x 100km, a szenzor jelenlegi üzemmódban ugyanazon területről 35 naponta készíthet fel-

vételt. A felvételezés a mikrohullámú tartomány C-sávjában (5,7 cm) történik.

A kutatás keretében sor került a radar adatokból egyidőpontú és többidőpontú árvízi elöntéstérképek levezetésére, ezek összevetésére az optikai/infravörös űrfelvételekből levezetett térképekkel, valamint az árvíz nyomonkövetésére integrált optikai-radar adatrendszer felhasználásával. Mivel a rendelkezésre álló nagyfelbontású űrfelvételek felhőborítása jelentős mértékű volt, ezért egy kisebb (nagyrészt felhőmentes) mintaterületen került sor az optikai/infravörös és a radar adatok felmérési tulajdonságainak összehasonlítására.

Az ERS-2 SAR felvételeken először konvolúciós szűrést végezve kellett a radar felvételekre jellemző zajosságát csökkenteni, ezután került sor az elöntéstérképek levezetésére, tematikus képpont-osztályozással. Az űrfelvétel képpont-osztályozásával elkülöníthetőek voltak az árvízzel borított területek, a vízben álló növényzet (jellemzően ártéri erdők) egy részének kivételével. A március 10-i ERS-2 SAR felvételtől levezetett elöntéstérképet képpontonként összevetve a március 8-i IRS-1C LISS űrfelvételekből levezetett térkép felhőmentes területeivel, a két térkép 88,9 %-ban egyezik, azaz a képpontok ilyen százaléka mindkét elöntéstérképen ugyanabba a kategóriába (árvízzel elöntött, ill. száraz) esik. Mivel az árvíz által elöntött terület is változott a két felvétel időpontja (március 8. és március 10.) között, ezért további NOAA AVHRR űrfelvételek és a március



2. ábra A 2001. április 14-i ERS-2 SAR űrfelvételen az árterek és a korábban elöntött területek ismét szárazak (világosabb tónusúak)

| Kategória   | Egyidőpontú<br>radar-elöntéstérkép | Kétidőpontú<br>radar-elöntéstérkép |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| egyező  | 88,9 %                             | 90,3 %                             |
| eltérő  | 11,1 %                             | 9,7 %                              |
| ebből tényleges elöntés<br>változás (későbbi<br>űrfelvételek alapján) | 5,6 %                              | 5,6 %                              |

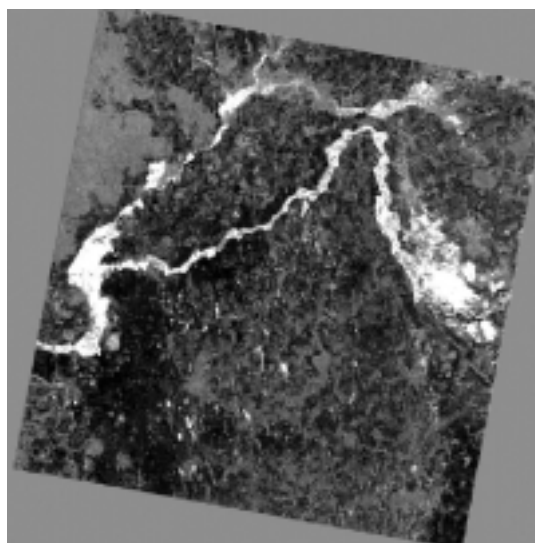
2. táblázat Az egyidőpontú (2001. március 10.) és kétidőpontú (március 10.; április 14.) radar-elöntéstérképek képpontonkénti összevetése az IRS-1C LISS (március 8.) űrfelvételből levezetett elöntéstérképpel

17-i Landsat TM felvétel alapján megvizsgáltuk, hogy milyen irányban terjedt az árvíz ebben az időszakban. Ennek alapján kiderült, hogy az IRS-1C LISS és az ERS-2 SAR űrfelvételekből levezetett térképek eltérő képpontjainak 5,6 %-a (az eltérés fele) egy gátátvágás utáni tényleges elöntés változást jelez, tehát nem az adatok hiányosságaira utal. Az eltérés másik fele (5,5 %) főleg a különböző vízben álló növényzettel borított területek (általában ártéri erdők) mikrohullámú felmérésének hiányosságaira utal.

A radar felvételek leggyakoribb felhasználási módja a különböző időpontú űrfelvételek soroza- ta alapján végzett változás-vizsgálat; általában ezt a módszert használják a természeti katasztrófák, változások monitorozására. A 2001 márciusi árvíz ilyen típusú vizsgálata történt meg a 2001. március 10-i (árvízi időszak) és a 2001. április 14-i (száraz időszak) űrfelvételeinek összehasonlításával. A feldolgozás két módszerrel történt: a két űrfelvétel különbségképének előállításával, majd a különbségkép osztályozásával, illetve multitemporális űrfelvétel előállításával és ennek osztályozásával. A két űrfelvétel különbségképének alkalmazása hozta a jobb eredményeket, így a további- akban ezt ismertetjük. A 2001. március 10-i és április 14-i ERS-2 SAR felvételek különbségképét mutatja be a 3. ábra. Ezen az árvízzel korábban el- öntött és a későbbiekben száraz területek világos- sabb tónusúak, a sima vízfelszín és az érdes, szá- raz felszín közötti jelentős reflektancia-különbség miatt. Az árvízfelmérés során az ún. normalizált különbségképet alkalmaztuk. Ha  $a_1$  és  $a_2$  jelöli az egyes időpontú űrfelvételek reflektanciáját egy adott képpontban, akkor a normalizált különbség Diff  $(a_2, a_1) = (a_1 - a_2) / (a_1 + a_2)$  képpontonként (Nico et al., 2000).

A különbségkép osztályozása esetén elkülönít- hetők voltak az árvízzel összefüggő (előntés) és

az ettől független felszínborítási/reflektancia vá- tozások (növényborítás-változás, talaj felszántása stb.). A különbségképből levezetett árvízi előnt- éstérképet képpontonkénti összevetve az IRS-1C LISS űrfelvétel elöntéstérképének felhőmentes ré- szével, 90,3 %-os egyezés adódott. A 9,7 %-os el- térés nagyobb része (az egész terület 5,6 %-a) a két nap alatt bekövetkezett tényleges előntésvál- tozás (gátátvágás) eredménye. Az egyidőpontú és kétidőpontú radar felmérések pontosságát hason- lítja össze a 2. táblázat. A kétidőpontú kiértékelés- sel elért pontosságnövekedés 1,4 % (88,9 %-ról 90,3 %-ra) és döntően a vizes növényzet (ártéri er- dők) pontosabb felméréséből adódik.



3. ábra A 2001. március 10-i és április 14-i ERS-2 SAR űrfelvételek normalizált különbségképén világos tónusúak a jelentős felszínborítási változáson (árvízi előntésen) átesett területek

Hangsúlyozni kell, hogy a radar felvételek többidőpontú kiértékelése nemcsak utólagos ár- vízfelmérés esetében alkalmazható, hanem opera- tív árvízmonitoring esetén is, amennyiben az árví- zi időpont mellett rendelkezésre áll egy korábbi – az árvíz előtti száraz időszakból származó – felvétel. A többidőpontú kiértékelés nagyobb pontossá- got eredményez, és jobban kimutathatóvá teszi az árvízi előntést, bármilyen időjárás- i feltétel mel- lett.

Az integrált optikai és radar felvételek felhasználásával az egyes adatrendszerek külön-külön történő kiértékelésénél sokkal pontosabb felmérés valósítható meg abban az esetben, ha a két űrfel-

vétel készítésének időpontja azonos, illetve ha a felszínborítás nem változott érdemben a két felvétel időpontja között. Ez a feltétel a 2001. március elején bekövetkezett tiszai árvíz esetén nem állt fenn, mivel az optikai/infravörös űrfelvétel (IRS-1C LISS, 2001. március 8.) és a radar felvétel (ERS-2 SAR, 2001. március 10.) felvételi időpontja között eltelt két nap során az árvízzel borított területek jelentősen változtak a folyó természetes árterén kívül (gátszakadás, gátak átvágása). Ennek okán a két adatrendszer eltérései – az optikai és a radar felvételekből levezetett előntéstérképek összehasonlításához hasonlóan – jelentős részben a felszínborítás tényleges változásából adódnak. Ilyen feltételek mellett az integrált optikai-radar adatrendszer kiértékelése a pontosabb felmérés helyett, az árvíz időbeli változásainak nyomon követésére használható. A március 8-i és 17-i optikai, illetve a 10-i radar felvételek integrálásával létrehozott optikai-radar adatrendszer osztályozásával az árvízi előntés térbeli változásai nagy pontossággal követhetővé váltak. A három időpontban külön-külön meg lehetett határozni az árvízi előntés mértékét, még a felhős, felhőárnyékos területekre vonatkozóan is, amennyiben azok nem a radar felvétel időpontja után váltak előntötté. Az árvízfelismerésre használt, három különböző időpontú, eltérő típusú nagyfelbontású űrfelvétel egyesítésével készült multitemporális-multiszenzor adatrendszer felhasználásával, egyetlen adatrendszerből lehet levezetni az árvízi előntésváltozásokat bemutató térképeket, és meghatározni az előntések időtartamát. Ez az adatrendszer természetesen sokkal pontosabb felmérést tesz lehetővé az árvíz hatásainak utólagos vizsgálatokor.

#### 4. Belvízfelmérés radar felvételekkel

A radar adatok belvízfelmérési célú alkalmazása a nemzetközi szakirodalom alapján egyelőre kevésbé fejlett, mint az árvízfelismerési alkalmazásoké, mivel itt nemcsak a nyílt vízfelszínek, hanem különböző mértékben vizes talajok és a növényzet sokkal bonyolultabb felméréséről van szó. Magyarországon korábban az 1999-es alföldi belvízelöntések felmérésére használtak radar felvételeket. Ekkor a FÖMI TK munkatársainak, a RADARSAT és az IRS-1C/D WIFS felvételek integrálásával sikerült javítani a közepes térbeli felbontású IRS WIFS felvételek belvízfelmérési pontosságát a vízzel átitatott talajok felmérésében.

A radar adatok önálló belvíztérképezési célú felhasználására a 2000. évi tavaszi közép-tisza-vidé-

ki belvizes területek felmérésekor került sor. A közép-tisza-vidéki mintaterületről egy 2000. április 13-i ERS-2 SAR és egy majdnem teljesen felhőmentes április 14-i Landsat TM űrfelvétel állt rendelkezésre. Mivel az egy napos eltéréshez képest a belvizes területek kiterjedése állandónak tekinthető, így mód nyílt – a radar és az optikai adatok külön-külön történő felhasználása mellett – az integrált optikai-radar adatrendszer vizsgálatára is.

A felmérés során Landsat TM űrfelvételből levezetett nagyfelbontású belvíztérképet tekintettük referenciának. Az optikai/infravörös adatokból levezetett belvíztérképen elkülöníthetőek a nyílt belvízfelszínek és a belvíz által különböző mértékben érintett talajok (a kategóriák száma az űrfelvétel típusától függ), valamint a vizes növények. A radar adatokból levezetett belvíztérképen ezzel szemben csak a nyílt belvízfelszínek és az erősen belvizes talajok lehatárolására volt lehetőség. A belvíz által kisebb mértékben érintett talajok és a vízzel erősen átitatott növények nem voltak elkülöníthetőek a száraz talajoktól és növényzettől sem, mivel a felszín érdességéből adódó – a reflektanciára gyakorolt – hatások nagyobbak voltak, mint a felszín nedvességgel összefüggő, dielektromos állandójának hatása. A nyílt belvízfelszínek azonosítása a radar felvételen – az optikai űrfelvételből levezetett belvíztérképekhez viszonyítva – 66 %-os pontossággal sikerült. Általában egyes belvízfelszínek „száraz felszínnek” osztályozása miatt romlott a pontosság, de egyes nem felszántott, növényborítás nélküli (sima felszínű) talajok is „nyílt belvízként” osztályozódtak. Ugyanakkor a radar adatok segítségével sikerült az optikai űrfelvételeken felhővel borított területek nyílt belvízfoltos részeinek felmérése is.

Az integrált optikai-radar adatrendszer alkalmazása pontosabb felmérést eredményezett a felhőmentes területek vonatkozásában is. Így – az optikai felvételen felhővel borított területek nyílt belvízfoltjainak felmérése mellett –, pontosabban sikerült elkülöníteni a vízzel átitatott növényzetet és a nyílt belvízfoltokat/vizes talajokat, a jelentősen eltérő mikrohullámú reflektancia miatt. A különböző típusú szenzor-egyesítési módszerek segítségével speciálisan hidrológiai térképezésre, vízjárta területek (pl. egykori holtágak) felmérésére alkalmas adatrendszer hozható létre optikai/infravörös és radar adatokból. A tapasztalatok alapján a radar adatok önállóan, egyetlen időpont alapján csak korlátozottan alkalmasak a nagy pontosságú belvízfelmérésre, de jól kiegészítik az optikai adatok tulajdonságait.

A hosszabb időszakot lefedő, gyakori felvételezésű radar idősorok felhasználásával azonban jelentős pontosságnövekedés várható, ilyen irányú kutatások az ENVISAT műhold ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) szenzorának felvételeivel kezdhetők majd meg. Az ASAR szenzor a korábbi SAR rendszerekhez (pl. ERS-2) képest többfajta adattípust szolgáltat majd, gyakoribb (akár 3–5 napos) felvételezéssel. Az árvíz- és belvízfelmérésre legjobban használható adattípus 56–100 km x 100 km-es területet fed majd le, képpontmérete utólagos képpalkotással 12,5 m lesz. Az ASAR adatok egyesítése optikai adatokkal várhatóan jelentősen növeli majd az árvíz- és belvízfelmérések hatékonyságát.

## Összefoglalás

A FÖMI TK operatív árvíz- és belvízfelmérési modelljének továbbfejlesztéseként, a FÖMI-ESA PRODEX-ENVISAT K+F projekt keretében került sor radar adatok kiértékelésére, árvíz- és belvízfelmérés céljából. Az eddig használt optikai/infravörös tartományban érzékelő űrfelvételek tulajdonságait jól egészítik ki a radar űrfelvételek tulajdonságai: függetlenség az időjárástól (felhők) és megvilágítástól (éjszaka). A végrehajtott árvíz-felmérés mintaterületéről több különböző időpontú radar és optikai/infravörös űrfelvétel kiértékelésével készült árvízi elöntéstérképek jó (90 % körüli) képpontonkénti egyezést mutattak, problémát főleg a növényzettel borított területek azonosítása jelentett. A radar felvételek az árvízmonitoring operatív szakaszában és archív felvételekkel történő utólagos felmérés esetén is lehetőséget biztosítanak a nagy pontosságú, megbízható és alacsony költséggel megvalósítható árvízfelmérésre. A belvízfelmérés területén a radar felvételek inkább kiegészítő adatként használhatók fel, de az ENVISAT műhold ASAR szenzorának felhasználásától jobb eredmények várhatók. A radar felvételek további módszertani fejlesztésekkel jól ki egészíthetők az árvíz- és belvízfelmérés eddigi – optikai és infravörös tartományban detektált űrfelvételekre épülő – eszköztárát.

## IRODALOM

*Csornai Gábor–Lelkes Miklós–Nádor Gizella–Wirnhardt Csaba:* Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel, Geodézia és Kartográfia, 2000/5.

*A. Zilahy–S. Herath–K. Musiake:* Status of flood monitoring with multisensor remote sensing, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, 1998

*Lelkes Miklós–Csornai Gábor–Wirnhardt Csaba:* Natural disaster monitoring by remote sensing in Hungary: waterlogging and floods in the 1998–2001 period, Proceedings of the EARSEL Symposium, 2001, Budapest

*H. Weichelt–K. H. Marek–R. Griesbach:* Application of Remote Sensing data for the flood information management of the Oder river region, Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII, Part 7, Budapest, 1998

*C. Löffl–T. Schneider:* Evaluation of multitemporal radar data for the mapping of inundation dynamics in the Save-flood plain (ERS-ENVISAT Symposium, Göteborg, 2000)

*Winkler Péter–Petrik Ottó:* ERS-SAR alkalmazásfejlesztés, OMF projekt beszámoló, 1998

*Dr. Grenerczy Gyula–Petrik Ottó:* Új űrtechnikai alkalmazások fejlesztése, MŰI projekt beszámoló, 2002

*I. Sandholt–B. Fog–R. Fensholt:* Flood monitoring in the Senegal River Valley based on SAR PRI data, (ERS-ENVISAT Symposium, Göteborg, 2000)

*T. Kurosu–S. Yokoyama–M. Fujita–K. Chiba:* Land use classification with textural analysis and the aggregation technique using multi-temporal JERS-1 L-band SAR images; in: International Journal of Remote Sensing, 2001, VOL. 22, NO. 4, pp. 595–606.

*O. Taconet–D. Vidjal–Madjar–Ch. Emblanch–M. Normand:* Taking into account vegetation effects to estimate soil moisture from C-band radar measurements. Remote Sensing Environment, 1996. No. 56. pp. 52–56.

*G. Nico–M. Pappalepore–G. Pasquariellos–A. Refice–S. Samarelli:* Comparison of SAR amplitude vs. coherence flood detection methods – a GIS application. International Journal of Remote Sensing. 2000. Vol. 21., No.8. pp. 1619–1631.

*F. M. Henderson–A. J. Lewis (editors):* Principles and applications of imaging radar, John Wiley and Sons, New York, 2001

## Flood and waterlog monitoring in Hungary with radar images

Á. Csekő

Summary

FÖMI Remote Sensing Centre (FÖMI RSC) has developed an operational flood/waterlog monitoring model since 1998. The model has been tested and its results have been submitted to the Ministry of Agriculture and Rural Development and other authorities. Flood monitoring is usually based on optical/infrared satellite images which could not be

used in case of clouds. In the frame of the FÖMI ESA PRODEX-ENVISAT R+D project the use of radar images (ERS-2 SAR) have been tested for flood monitoring by FÖMI RSC. Both monotemporal and multitemporal approach has been found to be accurate (around 90 percent) in terms of flood monitoring when compared to flood maps based on optical images. Radar data proved to be an efficient tool for waterlog monitoring when optical images are not available, future studies with the multitemporal ENVISAT ASAR images and integrated radar+optical data are planned in order to enhance the flood/waterlog monitoring model of FÖMI RSC.



## GNSS földi infrastruktúra: az EUPOS kezdeményezés

Dr. Fejes István, FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatórium  
fejes@sgo.fomi.hu

### 1. Bevezetés

A műholdas helymeghatározásra napjainkban világszerte az amerikai GPS holdakat alkalmazzák legelterjedtebben. Kevesebben tudják, hogy a GPS-től függetlenül, hasonló céllal működik az orosz GLONASS rendszer is. A GLONASS jelenleg csak „takaréklángon” üzemel, de felfejlesztésére komoly tervek vannak Oroszországban. Ami számunkra különösen fontos fejlemény, hogy 2002-ben, Európában megkezdtek egy harmadik, szintén önálló globális helymeghatározó rendszer, a GALILEO kiépítését (lásd bővebben: Frey, 2002). A navigációs holdak önmagukban nem képesek minden alapvető helymeghatározási igényt kielégíteni a pontosság, a lefedettség és a megbízhatóság (integritás) vonatkozásaiban. Ez még a kombinált műhold rendszernél is így lesz. Ezért szükségesek az ún. „kiegészítő” (augmentation) rendszerek. Megkülönböztetünk műholdakhoz kötött (satellite based – SBAS) és földi (ground based – GBAS) rendszereket. A navigációs műhold rendszereket, kiegészítő rendszereikkel együtt, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) rövidítéssel illetjük. Nyilvánvaló, hogy kombinált alkalmazásuk sokkal hatékonyabb, mint egy-egy rendszeré önállóan.

A magas szintű döntéshozók figyelmének felkeltésére az ENSZ és az amerikai kormány az elmúlt évben workshopok sorozatát rendezte Földünk különböző régióiban a GNSS alkalmazásokról. A workshopok eredményeinek összefoglalásaként egy szakértői konferencián, Bécsben ENSZ ajánlásokat dolgoztak ki, arra vonatkozóan, milyen alapelveket kell alkalmazni, milyen módon lehet a GNSS alkalmazások körét és hatékonyságát növelni. A geodéziai és földtudományi szakértői munkacsoport több ajánlás mellett elfogadott, és támogatott egy olyan projektet, mellyel a közép- és kelet-európai térségben meg lehetne teremteni a GNSS alkalmazásokhoz szükséges egységes, integrált infrastruktúrát. A projekt neve EUPOS – European Position Determination System – Európai Helymeghatározó Rendszer. Cikkünkben ennek a koncepcióját, jelentőségét ismertetjük, és felvázoljuk azokat a tennivalókat, melyek magyar részről szükségesek az EUPOS hazai kiépítéséhez.

### 2. Földi differenciális szolgálatok

Geodéták, térinformatikusok jól ismerik a problémát. A valósídejű helymeghatározás pontossága