

BELVÍZELÖNTÉSI TÉRKÉPEK KÉSZÍTÉSE KÖZEPES FELBONTÁSÚ ŰRFELVÉTELEK SZUBPIXEL ALAPÚ OSZTÁLYOZÁSÁVAL

MUCSI LÁSZLÓ – HENITS LÁSZLÓ

CREATING EXCESS WATER INUNDATION MAPS BY SUB-PIXEL CLASSIFICATION
OF MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGES

Abstract

Excess water frequency factor, which indicates the number of inundations in the area under study within a certain period of time, is the most dynamic variable among the parameters applied in the complex methodology of excess water hazard mapping. Creating excess water inundation maps, representing the situation in the most realistic way, was hitherto a critical moment in excess water hazard mapping. Instead of field measurements, since the database of Landsat satellite images became accessible in 2009, it is possible to process satellite images from the year 1985, using new, non-traditional methods different from the pixel-based classification. These methods are mainly sub-pixel based classifications and they are applied principally on images taken in periods of extended excess water inundation under clear weather conditions. In our research project medium-scale mapping was supported principally by hand-held or mounted multispectral (the bands of visible and infrared light) digital aerial photography. The photo-taking process, depending on the actual meteorological conditions, can be flexibly accomplished in the most extended inundation period, thus it is possible to create excess water maps at the scale of 1 : 10000.

Keywords: Excess water mapping, digital image processing, spectral mixture analysis

A belvítérképezés módszereinek áttekintése

A belvíz-veszélyeztetettségi térképezés (PÁLFAI I. et al. 2004) komplex módszertanában szereplő legdinamikusabban változó paraméter a *belvíz-gyakorisági tényező*, amely megmutatja, hogy egy adott időszakon belül a vizsgált területet hányszor öntötte el a belvíz. A valóságos helyzetet pontosan leíró, ábrázoló belvíz-elöntési térkép készítése mind a mai napig a belvíz-veszélyeztetettségi térképezés legkritikusabb lépése, hiszen a hagyományos módon, terepbejárással készülő belvítérkép készítése időigényes és számos hibalehetőséget is magában rejt (LICSÓ B. 2009). A terepi térképezés legnagyobb problémája, hogy egy felszínhez közeli pontból bizonytalan a nagyobb belvízfolt alakjának meghatározása a rálátás alacsony szöge miatt, illetve körbejárva körülményes felmérni kinematikus GPS-szel a folt kiterjedését. Különösen problematikus a nyílt belvízfolt, a kisebb-nagyobb mértékben telített, illetve a száraz talaj között folytonosnak tekinthető átmeneti zóna lehatárolása és térképi megjelenítése.

A belvízi elöntések térképezésekor törekedni kell a gazdaságos, nagy területet lefedő, minél nagyobb méretarányú tematikus térképezésre, amellyel nemcsak a nyílt belvízfoltok, hanem az átmeneti osztályok is megjeleníthetők. A nagyméretarányú térképezést leginkább a kézi vagy mérőkamerás multispektrális (a látható fény sávjai és infravörös sáv) digitális légifelvételzés segíti (BARTA K. – SZATMÁRI J. 2010; VAN LEEUWEN, B. et al. 2010). A felvételzés az időjárási viszonyoktól függően a legnagyobb belvíz-elöntési időszakban rugalmasan végezhető, és így akár 1 : 10000-es méretarányú belvítérkép is készíthető (BARTA K. 2005; RAKONCZAI J. et al. 2001), de nagy területek felvételzése költséges és jelentős utófeldolgozást igényel.

A belvívelöntések térképezése gazdaságosabban is megoldható, ha a nagy területet lefedő műholdas távérzékelési adatokból állítjuk elő az előntési térképet. A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 1998-tól kezdve űrfelvételek alapján készített belvívelöntési térképeket, különösen az 1999-es és a 2000-es nagy belvívelöntésű években (CSORNAI G. et al. 2000). A nagy felbontású űrfelvételekből 0,1 ha-os részletességgel levezetett tematikus belvítérképek segítségével a nyílt belvízen kívül a mezőgazdasági művelhetőség szempontjából éppoly káros, vízzel erősen átitatott talaj, sőt a vízben álló növényzet is kimutatható, lehatárolható volt. Az alkalmazott SPOT, Landsat, IRS-1C/1D LISS-III műholdak szenzorai által elkészített űrfelvételek pixel alapú osztályozásakor a tanulóterületek kijelölése problémát okozhat és a spektrálisan vegyes képelemek nagy száma éppen az átmeneti osztályok elkülönítésében okoz pontatlanságot.

Az optikai sávú űrfelvételek a napszinkron pályán keringő műholdak esetében jól meghatározható időpontban készülnek, de ezekben a spektrális sávokban a felhőfedettség gyakran megakadályozza a belvívelöntési térképek készítését. Ezért az ár- és belvítérképezéskor, valamint az operatív munkálatokban hatékonyan lehet alkalmazni a mikrohullámú képalkotó rendszerek (ENVISAT MERIS, ASAR; RADARSAT, ERS) felvételeit (CSEKŐ Á. 2003). A radaradatokból levezetett belvítérképeken azonban csak a nyílt belvízfelszínnek és az erősen telített talajok lehatárolására volt lehetőség. A 2000-es felvételek alapján a radaradatok önállóan csak korlátozottan alkalmasak nagy pontosságú belvítérképezésre, de jól kiegészítik az optikai rendszerekből levezetett adatokat.

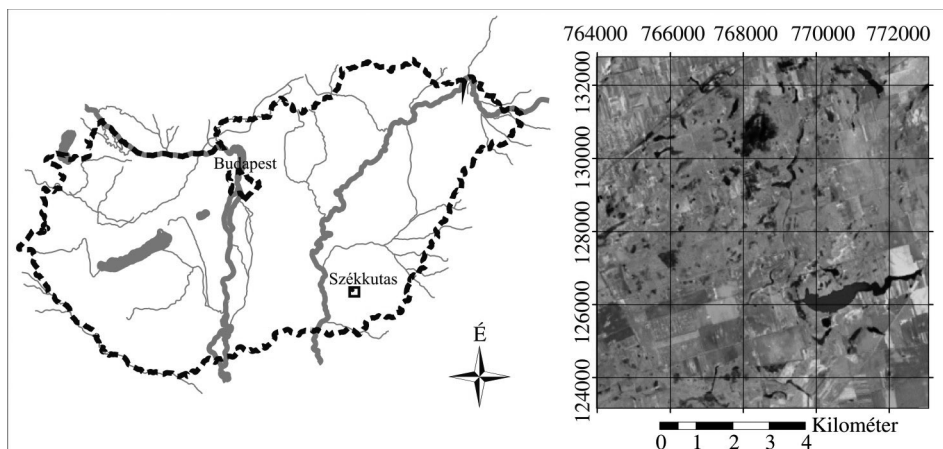
A műholdfelvétel készítése során egy képi információba integrálódnak az egységnyi területről visszaverődő elektromágneses sugárzási értékek, amelyeket a pixel alapú osztályozás során a területre egységes értéként kezel a képfeldolgozó rendszer. A képelemen belüli spektrális információk kinyerésére új módszereket dolgoztak ki az elmúlt évtizedben. Így miután 2009 óta a Landsat űrfelvételek adatbázisa megnyílt, lehetőség van az 1985 óta rögzített űrfelvételek feldolgozására a hagyományos, pixel alapú osztályozástól eltérő, új módszerekkel, elsősorban szubpixel alapú osztályozásokkal azokon a felvételeken, amelyek nagy belvívelöntési időszakban készültek és többnyire felhőmentesek.

A vizsgált terület

A vizsgált terület az Alföld DK-i részén található, Székkutas településtől DK-re (*1. ábra*). A területhasználat alapján főként mezőgazdasági és a Körös-Maros Nemzeti Parkhoz tartozó védett területek jellemzik. A Csongrád és Békés megye határán kiválasztott, mintegy 86 km²-es mintaterület belvívveszély szempontjából a közepesen veszélyeztetett kategóriába sorolható (PÁLFAI I. et. al. 2004). A domborzati különbségek minimálisak: 81 és 89 m közötti tszf-i magassági értékek fordulnak elő.

A felhasznált térbeli adatok és előkészítésük

A vizsgálat során két, általunk kiválasztott belvizes év egy-egy képét használtuk fel. Az 1986-os erősen, a 2000-es pedig rendkívül belvizes év volt (PÁLFAI I. 2006). Ebben a két évben kerestünk olyan felhőmentes kora tavaszi, kora nyári űrfelvételeket, amelyek időben legközelebb estek az adott éven belüli legnagyobb belvívelöntési időszakhoz. A képeket az Amerikai Geológiai Szolgálat (USGS) internetes adattárából (<http://glovis.usgs.gov>) töltöttük le. A vizsgált területet a közepes felbontású Landsat-5 és a Landsat-7 műhold 186/028-as és a 187/028-as katalógusszámú TM és ETM+ felvételei is lefedik, így nagyobb



1. ábra A vizsgált terület elhelyezkedése
Figure 1 Location of the study area

számban álltak rendelkezésünkre olyan képek, amelyek nemcsak 16 napos, hanem 7, illetve 9 napos időfelbontással készültek.

Egy 1986. 04. 16-i Landsat-5 TM (sor 187/oszlop 28) és egy 2000. 04. 23-i Landsat-7 ETM+ (sor 186/oszlop 28) UTM vetületi rendszerbe transzformált (WGS84, 34-es zóna) űrfelvételt választottunk ki.

A Landsat-5 TM és Landsat-7 ETM+ intenzitásértékeit atmoszférikus korrekcióval reflektancia-értékekké alakítottuk át egy ERDAS IMAGINE-ben létrehozott modell segítségével (CHAVEZ, P. S. 1996; CHANDER, G. – MARKHAM, B. L. 2003).

A pontosságbecsléshez referenciaadatként egy 2000. március 23-án készített légifelvételzés 1 m-es felbontású, színes infravörös képei álltak rendelkezésünkre, ezeken kívül felhasználtuk még az ATIKÖVIZIG terepi felméréseinek digitális állományait is, amelyek a belvizes évekre a belvízzel elöntött területek foltjait tartalmazzák.

Módszerek

Spektrális szétválasztási vizsgálat

A napszinkron pályán keringő Landsat műholdak közepes felbontású (30 m) TM, ETM+ felvételeinek nagy előnye, hogy több spektrális sávban, nagy területről készülnek (185 × 185 km) és hagyományos pixel alapú osztályozással elég nagy pontossággal előállíthatók belőlük közepes (kb. 1 : 100 000-es) méretarányú felszínborítottsági térképek. Hátrányuk viszont, hogy ha az adott terület reflektancia-tulajdonságai a térben nagyobb léptékben változnak (a táj mintázatának legkisebb elemei, foltjai kisebbek), mint az űrfelvétel térbeli felbontása, akkor sok ún. spektrálisan vegyes képelem jön létre. A belvíztérképezés egyik alapproblémája, hogy a nyílt vízfelületek viszonylag kis területűek is lehetnek, és ezek, illetve az átmeneti zónában lévő talajfelszín vagy a növényvel fedett területek nehezen osztályozhatók a sok vegyes spektrumú képelem miatt. A spektrálisan vegyes képelemek osztályozására az ún. spektrális szétválasztás módszerét fejlesztették ki (ROBERTS, D. A. et al. 1998).

A spektrális szétválasztási vizsgálat (*Spectral Mixture Analysis – SMA*) célja, hogy meghatározzuk a pixelen belül a homogén spektrumú felszínborítási típusok, az ún. szél-

sőpontok (*endmember*) területi arányát. Minden egyes szélsőpont egy tiszta felszínborítási típust határoz meg. Az SMA módszer továbbfejlesztése a lineáris spektrális szétválasztás (LSMA), amellyel meghatározható a felszínborítás aránya, legalább 2, Landsat TM képek esetén legfeljebb 6 szélsőpont használatával. A lineáris egyenletrendszer (1) megoldhatóságához teljesülnie kell annak, hogy a szélsőpontok száma kevesebb legyen, mint az úrfelvétel spektrális sávjainak száma:

$$(1) \quad R_b = \sum_{i=1}^N f_i \cdot R_{i,b} + \varepsilon_b, \quad \text{ahol}$$

R_b – a kép reflektancia-értéke a b sávban,

N – a szélsőpontok száma,

f_i – az i szélsőpont aránytényezője,

$R_{i,b}$ – az i -edik szélsőpont reflektancia-értéke a b sávban,

ε_b – a fennmaradó hibaérték.

A szélsőpontok aránytényezőinek összege minden egyes pixel esetén 1, és $f_i \geq 0$ is fennáll:

$$(2) \quad \sum_{k=1}^n f_{i,k} = 1.$$

A modell alkalmasságát az ε_b maradék tag vagy az átlagos négyzetes hiba (*RMSE*) értéke alapján állapíthatjuk meg minden egyes képi sávra:

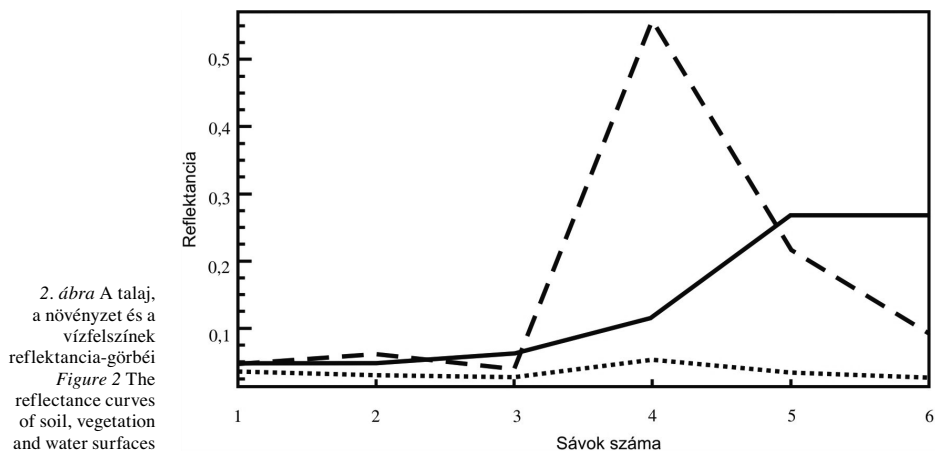
$$(3) \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}}.$$

A szélsőpontok kiválasztása általában az úrfelvételek különböző sávjaiból vagy az azokból levezetett 2D-s eloszlási felhőkből történik (RASHED, T. et al. 2001). A főkomponens-analízis (PCA) segítségével könnyebben meghatározhatók a szélsőpontok, mivel a PCA módszer az adatok varianciájának majdnem 90%-át az első két vagy három sávba tömöríti, és minimálisra csökkenti a sávok közötti korrelációt (SMITH, M. O. et al. 1985). A másik gyakran használt transzformáció, amit kutatásunkban is alkalmaztunk, az MNF (*minimum noise fraction*) módszer. Az MNF két fő lépésből áll: (1) az első dekorrelálja és újraskálázza az adathalmaz zajösszetevőit egy becsült zaj-kovariancia mátrix alapján, és olyan transzformált adatot állít elő, amelyben a zajnak egységnyi varianciája van és nincs a sávok közt korreláció; (2) második lépésként végrehajt egy hagyományos főkomponens-analízist (GREEN, A. A. et al. 1988).

A szélsőpontok meghatározásánál a Pixel Purity Indexet (PPI) is használtuk, amely a leginkább spektrálisan tiszta (extrém) pixeleket választja ki a multispektrális vagy hiperspektrális képekről. Iteratív módon N -dimenziós spektrális tereket hoz létre, véletlenszerűen kiválasztott egységvektorokon. Minden egyes projekcióban rögzíti az extrém pixeleket (azokat, amelyek az egységvektor végére esnek), és minden egyes pixelre feljegyzi, hogy hányszor minősült extrémnek. Az eredményül kapott képen minden egyes pixel értéke ennek a számnak fog megfelelni (BOARDMAN, J. W. 1994).

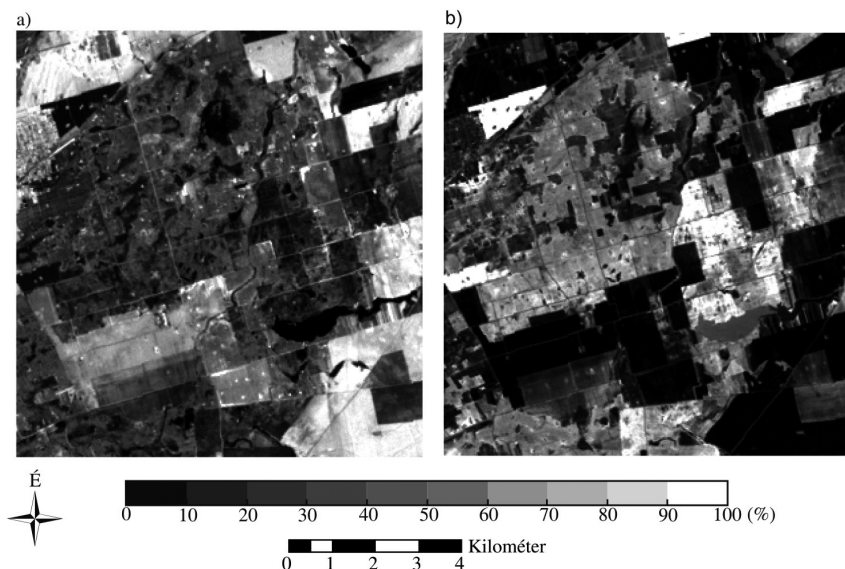
Az 1986. 04. 16-i Landsat TM képre első lépésként elkészítettük az MNF képeket, aminek eredményeként újabb 6 sávot kaptunk. A képek rendre csökkenő képi információ-tartalommal rendelkeznek, így az első három sáv tartalmazza a teljes információ-tartalom 89,5%-át. A 4–6. sávok túlnyomórészt már csak zajt tartalmaznak. Az MNF képeket bemenő adatként használtuk a PPI számításához, aminek során 10 ezer ismétlésből választotta ki az algoritmus az extrém képelemeket.

Az első három MNF kép és a PPI eredményeképpen kapott kép alapján három szélsőpontot határoztunk meg a lineáris spektrális szétválasztáshoz: (1) a vízfelszínek, (2) a növényzet és (3) a talaj. Az első három MNF sáv alkotta spektrális térben kerestük meg és a 2D-s pontfelhők szélein, kicsúcsosodásain vettük fel a tiszta spektrumokat (2. ábra).



A felszínborítási arányok képelemen belüli meghatározása

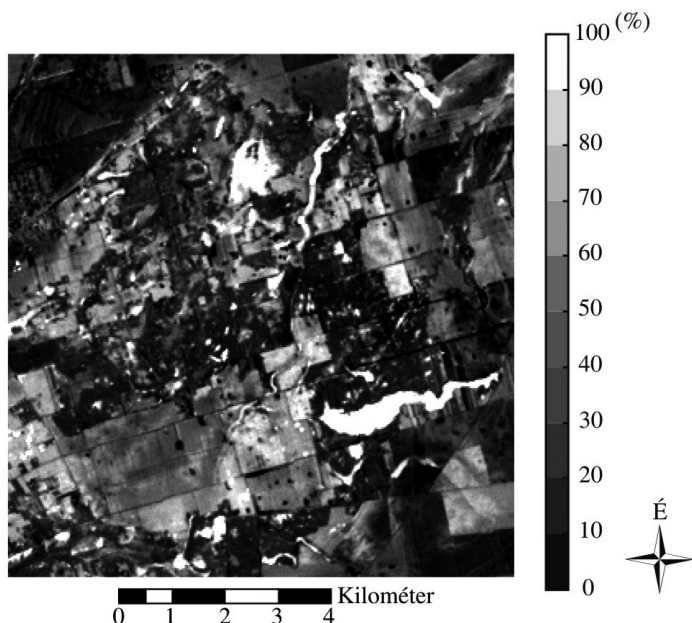
Az LSMA eredményei a szélsőpontok, azaz a talaj, a növényzet és a vízfelszínek pixelen belüli arányait mutató térképek. A három térkép az egyes felszínborítási típusok térbeli eloszlását tartalmazza képelemenként. A képelem 0 és 1 közötti értéket vehet fel, 1 esetén a felszínborítási típus pixelen belüli aránya 100% (3. ábra).



3. ábra A talaj (a) és a növényzet (b) aránytérképe az 1986. 04. 16-i Landsat TM felvétel alapján
Figure 3 The ratio map of (a) the soil and (b) the vegetation based on the Landsat TM image taken on 16th April 1986

A szürkeárnyaltos talaj frakciós térképén (3a. ábra) világos színnel jelennek meg a nyílt talajfelszínek, ahol a talaj aránya 80–100% az adott 30×30 m-es területen (képelemen) belül. A szántóföldeken, gyepeken, legelőkön a növényzet aránya 70–100% közötti értéket vesz fel (3b. ábra).

A vízfelszínek szürkeárnyaltos aránytérképén (4. ábra) fehér, illetve világosszürke színnel jelennek meg a nyílt belvízzel borított területek, ahol 70–100% körüli a vízzel borított felszín aránya a képelemen belül. Világos színnel megjelenik a terület DK-i részén hosszan elnyúló kardoskúti Fehér-tó is. Ezen kívül az elhagyott folyómedrekben, szántóföldi területeken összegyűlő belvizek is magas frakciós értékkel rendelkeznek az aránytérképén. A szürkés területek a nedves (vízzel telített) talajok és a vízben álló növényzet, ahol a vízfelszín aránya maximum 30–70%.



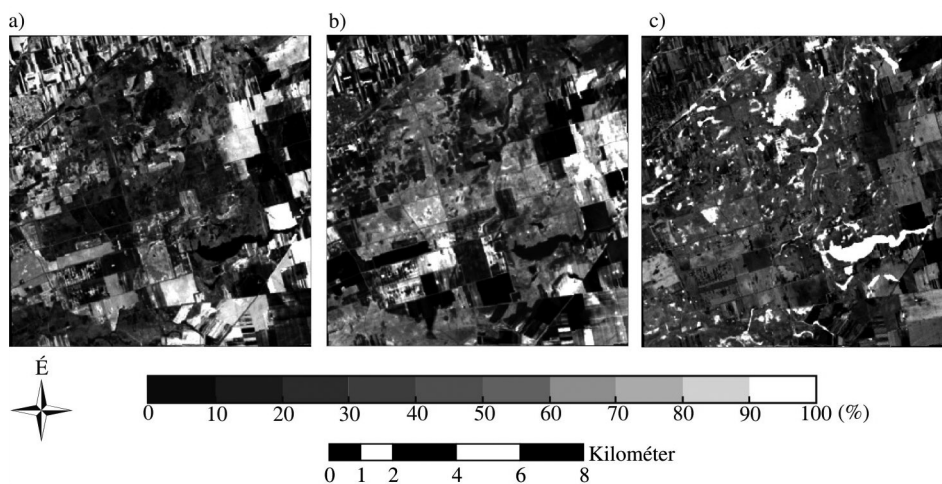
4. ábra A vízfelszín aránytérképe az 1986. 04. 16-i Landsat TM felvétel alapján
 Figure 4 The ratio map of water surfaces based on the Landsat TM image taken on 16th April 1986

Hasonló módon, a 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ képre is elkészítettük a képelemeken belüli felszínborítási arányokat tartalmazó képeket (5. ábra). A vízfelületek aránytérképeinek elemzésével vizsgálható a két belvizes időpont előtéteinek mértéke, kiszámolható a belvizes felszínek összterülete, összehasonlítható a belvízfoltok térbeli mintázata.

Eredmények, pontosságbecslés

A felszínborítási aránytérképek osztályozása irányított osztályozással

Az űrfelvételek pixel vagy szubpixel alapú osztályozásakor első lépésként a felszínborítás típusát lehet meghatározni. Az elemzések során gyakran felmerül az a kérdés, hogy a felszínborítási kategóriák alapján hogyan lehet tematikus, például területhasználati



5. ábra A felszínborítási típusok aránytérképei a 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ alapján.

– a – talaj; b – növényzet; c – vízfelületek

Figure 5 The ratio maps of land cover types based on the Landsat ETM+ image taken on 23rd April 2000.

– a – soil; b – vegetation; c – water surfaces

térképet készíteni, vagyis keressük a kapcsolatot a felszínborítás fizikai tulajdonságai és a tematikus térkép gyakran komplex osztályai között. Ezt a kapcsolatot gyakran leírhatjuk a főbb felszínborítási kategóriák képelemen belüli arányával, jelen esetben a spektrális szétválasztás eredményének ismeretében.

A lineáris spektrális szétválasztás eredményeképpen kapott 3 sávós képen (1: talaj, 2: növényzet, 3: vízfelület aránytérkép) irányított osztályozást hajtottunk végre. A három szélsőpontból hét osztályt kívántunk meghatározni. Ebből 3 döntően egy felszínborítási típus nagy százalékos arányával írható le. További három osztályt két-két felszínborítási típus hasonló területi aránya jellemző, míg van egy olyan osztály, amelyben a három felszínborítás nagyjából azonos arányban szerepel.

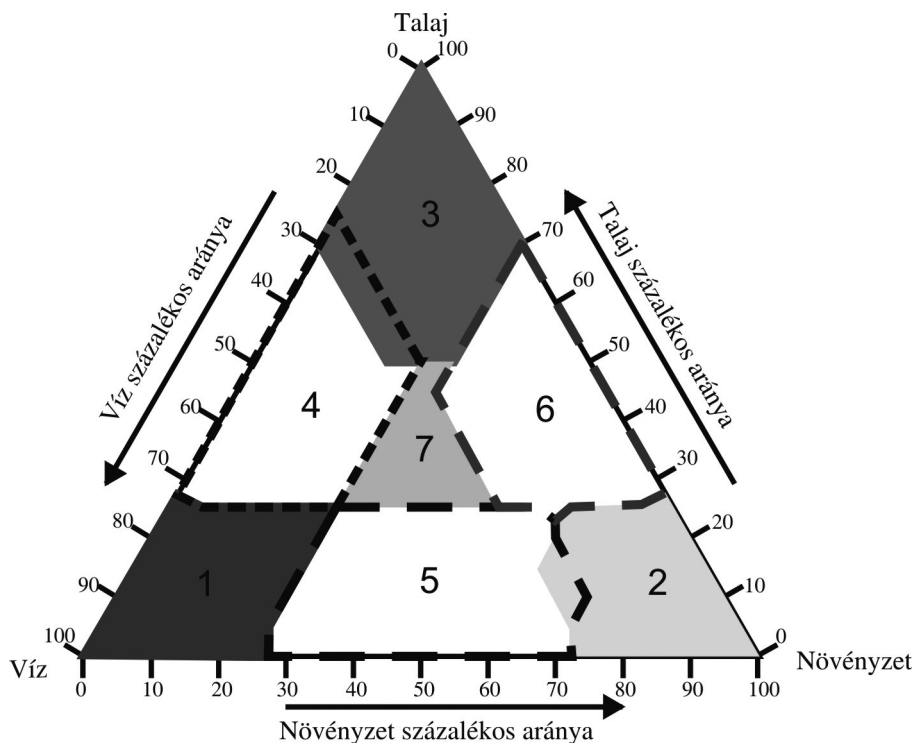
A tanulóterületek kijelölésekor a talaj, a növényzet és a vízfelületek alsó és felső határait adtuk meg. Ezek alapján az alábbi 7 osztályt különítettük el: (1) *nyílt vízfelszínnek*, (2) *növényzet*, (3) *nyílt talajfelszín*, (4) *vízzel telített talaj*, (5) *vízben álló növényzet*, (6) *növény-nyel borított talajok*, (7) *egyéb* (1. táblázat). Az egyes osztályokat háromszögdiagramban

1. táblázat – Table 1

A felszínborítási osztályok szélsőpontok szerinti alsó és felső határai
The upper and lower limits of the land cover types according to the endmembers

	alsó 1	felső 1	alsó 2	felső 2	alsó 3	felső 3	alsó 4	felső 4
Talaj	0%	27,5%	0%	27,5%	50%	100%	25%	75%
Növényzet	0%	27,5%	60%	100,0%	0%	30%	0%	25%
Vízfelület	50%	100,0%	0%	27,5%	0%	30%	25%	72,5%
	alsó 5	felső 5	alsó 6	felső 6	alsó 7	felső 7		
Talaj	0%	25%	25%	75%	25%	50%		
Növényzet	27,5%	75%	30%	70%	25%	50%		
Vízfelület	20%	70%	0%	25%	25%	50%		

jelenítettük meg (6. ábra). Az irányított osztályozás során paralelepipedon döntési szabályt alkalmaztunk, az átlapolt területek esetében pedig a minimális távolság módszerével soroltuk az egyes pixeleket a kijelölt osztályok valamelyikéhez.



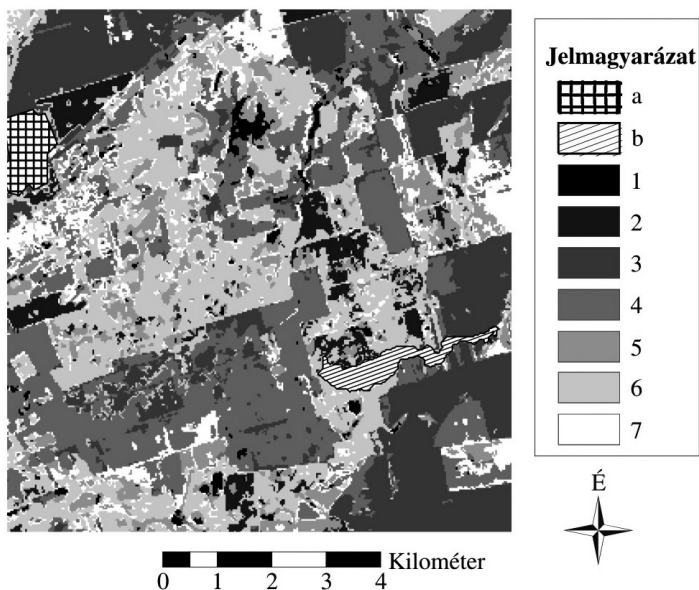
6. ábra A hét felszínborítási osztályt tartalmazó háromszögdia-
gram
Figure 6 The triangle diagram representing the seven land cover types

Hasonló módon végrehajtottuk az irányított osztályozást a 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ képre is, aminek eredményeként ugyanazon 7 osztályból álló tematikus térképet kaptuk. A képen jól elkülönülnek a vízzel borított felszínek, a vízzel telített talajok és a vizes talajok (7–8. ábra).

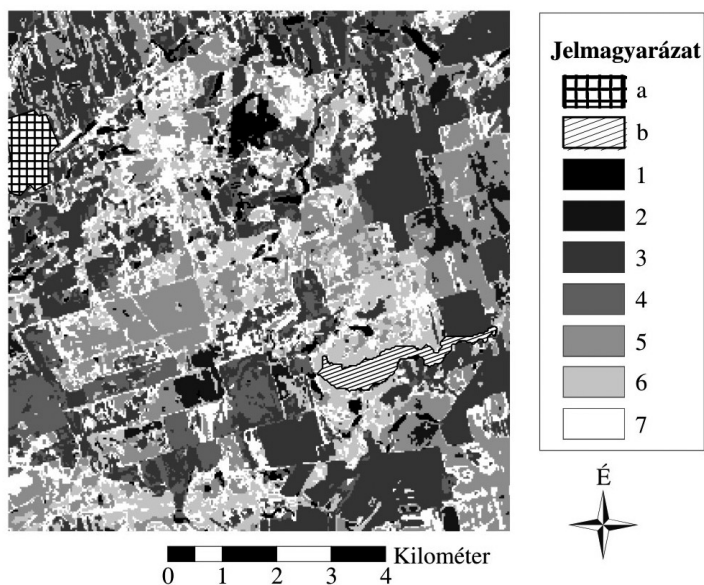
A vizsgált két időpont nyílt vízfelszín osztályait összehasonlítva meghatározható a belvízfoltok területi elhelyezkedése, az összes belvízborítás mértéke (9. ábra). Megállapítható, hogy a foltok területi elhelyezkedésében hasonló mintázatot mutat a két kép, viszont a belvízfoltok kiterjedésében különbségek vannak. Az 1986-os erősen belvizes évben a foltok összterülete 1,52 km², míg a 2000-es rendkívül belvizes évben 2,63 km² volt.

Pontosságbecslés

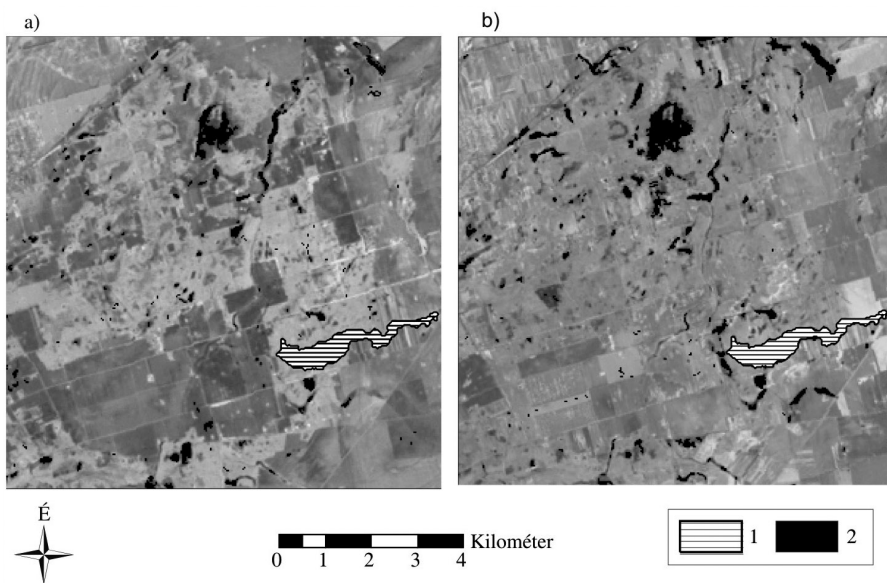
Az osztályozás eredményét elsőként az ATIKÖVIZIG terepi felméréseinek adataival vetettük össze. A nyílt vízfoltok, a nedves talaj és nedves növényzet osztályainkat hasonlítottuk össze a referenciaként rendelkezésre álló belvizes poligonokkal (10. ábra). Ezekből megállapítható, hogy a terepi felmérések a kisebb méretarány miatt kevésbé részletesek; találhatunk olyan belvízfoltokat, amelyek az űrfelvételen képfeldolgozási módszerek nélkül



7. ábra A szélsőpont-arányok alapján a 1986. 04. 16-i Landsat TM űrfelvételből kapott tematikus térkép.
 – a – Székkutas; b – Fehér-tó. 1 – nyílt vízfelszín; 2 – növényzet; 3 – nyílt talajfelszín; 4 – vízzel telített talaj;
 5 – vízben álló növényzet; 6 – növényvel borított talajok; 7 – egyéb
 Figure 7 Thematic map based on the endmember ratios of the Landsat TM satellite image taken on 16th April 1986.
 – a – Székkutas, b – Lake Fehér. 1 – open water surfaces; 2 – vegetation;
 3 – barren soil surfaces; 4 – saturated soil; 5 – vegetation in water; 6 – soils covered with vegetation; 7 – other

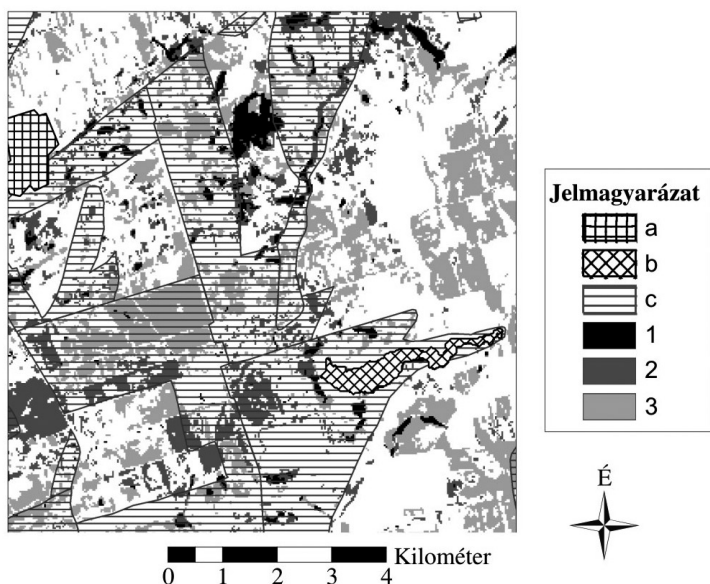


8. ábra A szélsőpont-arányok alapján a 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ űrfelvételből kapott tematikus térkép.
 – Jelmagyarázatát lásd a 7. ábránál
 Figure 8 Thematic map based on the endmember ratios of the Landsat ETM+ satellite image taken on 23rd April 2000.
 – For legend see Figure 7



9. ábra Az 1986. 04. 16-i (a) és a 2000. 04. 23-i (b) időpont belvízfoltjainak összehasonlítása.
– 1 – Fehér-tó; 2 – nyílt vízfoltok

Figure 9 The comparison of the patches of excess water on the images taken on 16th April 1986 (a) and 23rd April 2000 (b).
– 1 – Lake Fehér; 2 – open water patches

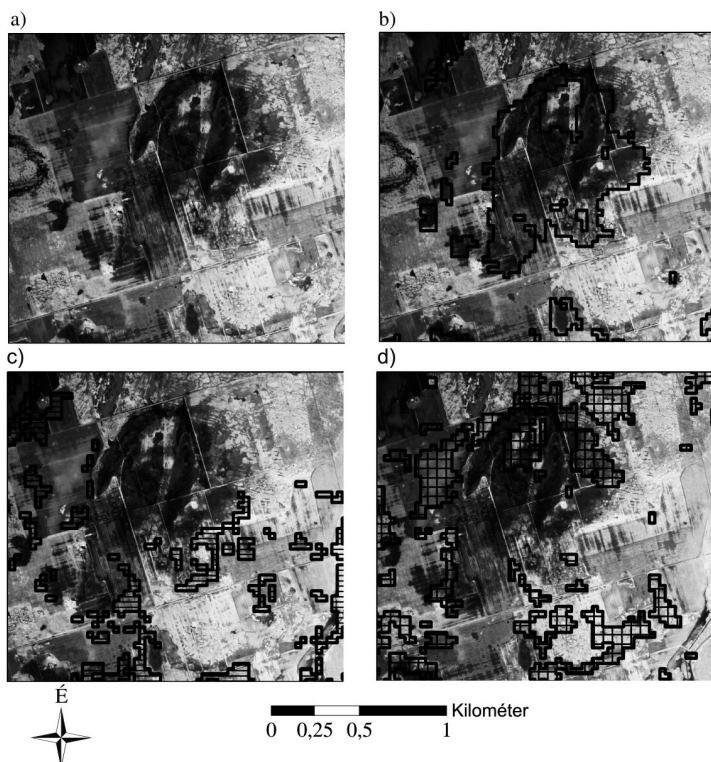


10. ábra A tematikus réteg három osztályának és a terepi felmérés belvízfoltjainak összevetése.
– a – Székkutas; b – Fehér-tó; c – terepi felmérések belvízfoltjai. 1 – nyílt vízfelszín; 2 – vízzel telített talaj;
3 – vízben álló növényzet

Figure 10 The comparison of the patches of excess water of the three classes of the thematic layer and the field survey.
– a – Székkutas; b – Lake Fehér; c – patches of excess water
based on field measurements. 1 – open water surfaces; 2 – saturated soils; 3 – vegetation in water

is megfigyelhetők, viszont olyan területre esnek, amelyek nehezen megközelíthetők, nehezen bejárhatók, így ezek hiányoznak a terepi eredményekből. Az űrfelvétel alapú osztályozás mellett szól még, hogy ezzel a módszerrel elkülöníthetők a telített talajok és a vízben álló növényzet is, míg a terepi felmérések nem rendelkeznek ilyen leíró adatokkal.

A másik rendelkezésre álló adat, amelyet referenciaként felhasználtunk az osztályozás pontosságának becslésére, a 2000. március 23-i tiszántúli légifelvételész Székkutast is érintő képei voltak (11. ábra). Az 1 m-es geometriai felbontással rendelkező felvételek alkalmasak ugyan az egyes felszínborítási típusok vizuális módon történő meghatározására, azonban a 3 sávú képeken az egyes vízfelületek pontos elkülönítése és osztályozása automatizálható képfeldolgozási módszerekkel nehezen valósítható meg.



11. ábra A légifelvétel (a) és az egyes osztályok poligonjai: b – nyílt vízfelszín;

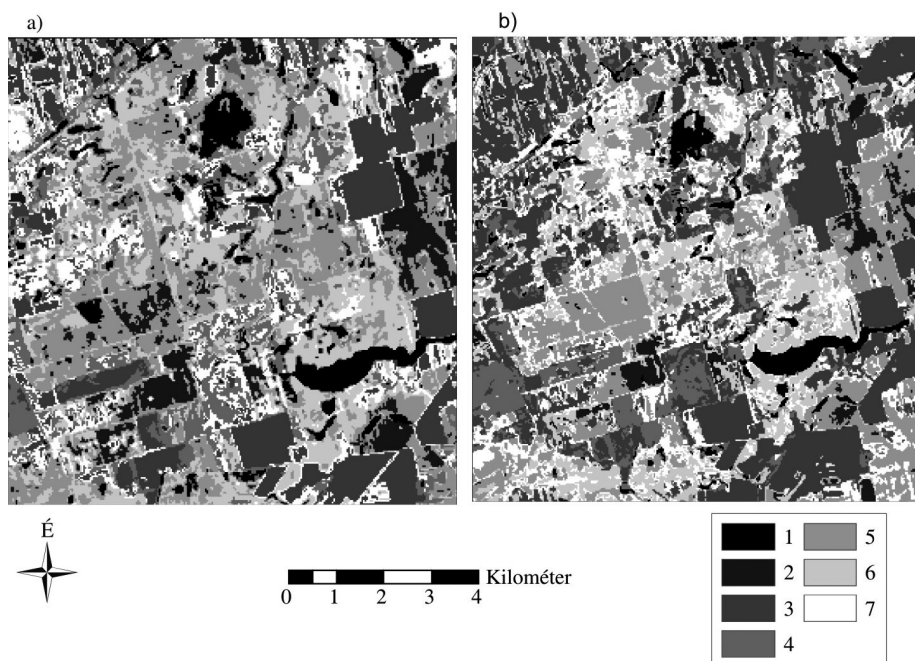
c – nedves talaj; d – vízben álló növényzet

Figure 11 The aerial photograph (a) and the polygons of the certain classes: b – open water surface;

c – wet (saturated) soil; d – vegetation in water

Ahhoz, hogy az SMA osztályozás fontosságát igazoljuk, a kapott tematikus rétegünket egy klasszikus pixel alapú osztályozás eredményével hasonlítottuk össze. A 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ 6 sávú képre végrehajtottuk az ISODATA osztályozást (12. ábra), aminek során 7 kimenő osztályt állítottunk be. Ezt követően az általunk kapott tematikus réteg 7 felszínborítási osztályát vetettük össze kereszttabulációs módszerrel az ISODATA klaszterezés megfelelő osztályaival (2. táblázat).

Ezek alapján megállapítható, hogy az ISODATA osztályozás nyílt vízfelszín osztálya 67,3%-ban mutat egyezést az SMA osztályozása után kapott vízfelszínekkel, emellett



12. ábra Az ISODATA osztályozás (a) és az SMA kép osztályozása (b) után kapott képek.

– 1–7 magyarázatát lásd a 7. ábránál

Figure 12 Images based on the ISODATA classification (a) and the SMA-image classification (b).

– For legend see Figure 7

22,4%-a vízben álló növényzetként, 9,6%-a nedves talajként osztályozódott. A növényzet 41,8%-ban mutatott egyezést, 54% viszont vízben álló növényzetként osztályozódott. A talajfelszínnek 92,5 százalékos egybeesést mutatnak. A nedves talaj 59,6%, a vízben álló növényzet 66%-ban egyezik.

2. táblázat – Table 2

Az ISODATA osztályozás és az SMA kép osztályozásának összevetése
kereszttabulációs módszerrel

The comparison of the ISODATA classification and the SMA-image classification
using the cross-tabulation method

		ISODATA osztályok						
		1	2	3	4	5	6	7
SMA kép osztályai	Vízfelszínnek	67,3%	0,5%	–	0,4%	0,1%	–	–
	Növényzet	–	41,8%	–	–	0,1%	–	–
	Nyílt talajfelszín	0,1%	0,2%	92,5%	7,2%	0,3%	3,2%	92,0%
	Vízzel telített talaj	9,6%	–	6,6%	59,6%	–	1,4%	4,4%
	Vízben álló növényzet	22,4%	54,0%	–	3,0%	66,0%	0,5%	–
	Növénnyel borított talaj	–	3,2%	0,8%	0,3%	10,8%	53,0%	3,1%
	Egyéb	0,7%	0,1%	0,1%	29,5%	22,7%	41,9%	0,5%

Következtetések

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a közepes felbontású űrfelvételek alkalmazása a belvíztérképezésre a szubpixel alapú osztályozás révén. Az 1980-as évek közepétől napjainkig rendelkezésre álló űrfelvételek ezáltal lehetőséget nyújtanak belvízkockázati térképek készítésére.

A lineáris spektrális szétválasztás módszerével nyert tematikus térképek osztályai pontosabb eredményt képesek nyújtani, mint a hagyományos pixel alapú osztályozások. A terepi felvételezések belvízfoltjai is pontosíthatók a korábbi évekre, valamint ezeknek a térképeknek az előállításuk is automatizálható az általunk alkalmazott módszerekkel.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a BELVÍZ-INFO rendszer kifejlesztése (GOP-1.1.1-08/1-2008-0025) c. projekt támogatásával készült. A rendszer kiépítését az OTKA T048903 sz. program támogatta.

MUCSI LÁSZLÓ

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatika Tanszék, Szeged
mucsi@geo.u-szeged.hu

HENITS LÁSZLÓ

SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatika Tanszék, Szeged
henits@geo.u-szeged.hu

IRODALOM

- BARTA K. 2005: A szántóföldi beszivárgás-lefolyás modellezése. – Földrajzi Értesítő, 54. 1–2. pp. 167–173.
- BARTA K. – SZATMÁRI J. 2010: Antropogén hatások a belvíz-képződésben. Esettanulmány az M5 autópálya szatymazi szakaszának talajvízáramlásban betöltött szerepéről. – Hidrológiai Közöny, 90. 2. pp. 23–25.
- BOARDMAN, J. W. 1994: Geometric mixture analysis of imaging spectrometry data. – Proc. Int. Geoscience and Remote Sensing Symp., vol. 4. pp. 2369–2371.
- CHANDER, G. – MARKHAM, B. L. 2003: Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures, and Post-Calibration Dynamic Ranges. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41/11. pp. 2674–2677.
- CHAVEZ, P. S. 1996: Image-based atmospheric corrections – Revisited and Improved. – Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62. (9.), pp. 1025–1036.
- CSEKŐ Á. 2003: Árvíz- és belvízfelmérés radar felvételekkel. – Geodézia és Kartográfia, LV. 2. pp. 16–22.
- CSORNAI G. – LELKES M. – NÁDOR G. – WIRNHARDT Cs. 2000: Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel. – Geodézia és Kartográfia, LII. 5. pp. 6–12.
- GREEN, A. A. – BERMAN, M. – SWITZER, P. – CRAIG, M. D. 1988: A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 26. pp. 65–74.
- LICSKÓ B. 2009: Belvizek légi felmérésének tapasztalatai. – A Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése, Baja. <http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/27/dolgozatok/4szekcio.html>
- PÁLFAI I. 2006: Belvízgyakorlás és belvízkárok Magyarországon. – Hidrológiai Közöny, 86. 5. pp. 25–26.
- PÁLFAI I. – BOZÁN Cs. – HERCEG Á. – KOZÁK P. – KÖRÖSPARTI J. – KUTI L. – PÁSZTOR L. 2004: Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Mutató (KBM) és Csongrád megye ez alapján szerkesztett belvíz-veszélyeztetettség térképe, II. – Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2004. szeptember 2–4.

- RAKONCZAI J. – MUCSI L. – SZATMÁRI J. – KOVÁCS F. – CSATÓ SZ. 2001: A belvizes területek elhatárolásának módszertani lehetőségei. – In: A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. CD kiadvány (ISBN 9634825443), Szeged.
- RASHED, T. – WEEKS, J. R. – GALLADA, M. S. 2001: Revealing the anatomy of cities through spectral mixture analysis of multispectral satellite imagery: a case study of the greater Cairo region, Egypt. – *Geocarto International*, 16/4. pp. 5–15.
- ROBERTS, D. A. – GARDNER, M. – CHURCH, R. – USTIN, S. – SCHEER, G. – GREEN, R. O. 1998: Mapping chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture models. – *Remote Sensing of Environment*, 65. pp. 267–279.
- SMITH, M. O. – JOHNSON, P. E. – ADAMS, J. J. 1985: Quantitative determination of mineral types and abundances from reflectance spectra using principal components analysis. – *Journal of Geophysical Research*, 90. C797–C804
- VAN LEEUWEN, B. – TOBAK Z. – SZATMÁRI J. – BARTA K. 2010: Új módszerek alkalmazása a belvizek keletkezésének vizsgálatában és monitorozásában. – Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás: „Az elmélet és gyakorlat találkozása”. 2010. június 10–11. Debrecen. pp. 121–130.