

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Földtudományok Doktori Iskola  
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

**A VÁROSI FELSZÍN VIZSGÁLATA NAGY TÉRBELI ÉS  
SPEKTRÁLIS FELBONTÁSÚ LÉGIFELVÉTELEK  
FELHASZNÁLÁSÁVAL**

*Doktori (PhD) értekezés tézisei*

**Tobak Zalán**

Témavezető: Dr. Mucsi László

Szeged, 2013

## BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az ipari forradalom óta a lakosság városokba áramlása globális szinten töretlen. Az urbanizációs folyamatok következtében a városok viszonylag kis területén nagyszámú népesség él, ami intenzíven használt, dinamikusan változó környezetet eredményez. A beépítés struktúrája, a területhasználat és a felszínborítás aktuális állapotainak rögzítése számos adatgyűjtési és adatfeldolgozási kérdést vet fel, és alapvető térképi információkkal szolgál a várostervezési és városüzemeltetési tevékenységekhez.

A városi környezet anyag- és energiaháztartásának vizsgálatához elengedhetetlen a felszínalkotó anyagok spektrális és geometriai tulajdonságainak ismerete. A távérzékeléses adatgyűjtés elmúlt évtizedekben mutatkozó fejlődésének eredményeképpen nagy mennyiségű, de sokszor bonyolult interpretációs lépéseket igénylő adathalmazok váltak elérhetővé a városökológiai kutatások számára is.

Jelen kutatás - az anyagok reflektancia spektrumának vizsgálatán és a nagy geometriai felbontás kínálta sztereo-fotogrammetriai és szegmentációs eljárásokon keresztül - az adathalmazok spektrális és térbeli információtartalmának együttes kinyerésével a felszínborítások elkülönítésére összpontosít.

Kutatási céljaim az alábbi pontokban foglalhatók össze:

1. A hagyományos légifelvételési módszerekkel szemben a kisgépes, kisformátumú (Small Format Aerial Photography - SFAP) képkészítés – megfelelő térbeli, spektrális és időbeli felbontású - költséghatékony és operatív adatgyűjtési lehetőségeket kínál. Kutatásom részeként a

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszéken **saját üzemeltetésű légi felvételező rendszer kiépítésében vettem részt**. A rendszer **előnyeinek és hátrányainak bemutatása mellett céloom, hogy a képfeldolgozási munkafolyamatokat kidolgozzam és dokumentáljam**.

2. A képkalkotó spektrometria megjelenésével egyidejűleg kezdtek meg a kutatók a különböző spektrumkönyvtárak létrehozását, idehaza azonban ez idáig nem készült el a jellegzetes városi felszínborító anyagok részletes könyvtára. **Célul tűztem ki, hogy AISA Dual légifelvételek alapján minél teljesebb spektrumkönyvtárat készítsék a – hazánkra jellemző - mesterséges (városi) felszínekről.**
3. Kutatásomhoz különböző térbeli és spektrális felbontással jellemezhető - színes-infravörös (Color-InfraRed - CIR), valós-színes (RGB), éjszakai hőkamerás (Thermal-InfraRed - TIR) és hiperspektrális (AISA Dual) - távérzékelt felvételeket használok fel. **Célul tűztem ki olyan (adatfúziós) feldolgozási és kiértékelési módszerek felkutatását, amelyek a különböző adatok integrációja révén képesek kihasználni azok előnyös tulajdonságait, javítva ezzel a városi felszínnek osztályozási pontosságát.** Az eredmények értékeléséhez terepi és képi referenciaadatok állnak rendelkezésemre. **A terepi referencia térképezés támogatására részletes, mobil GIS alapú módszertant dolgozok ki.**
4. A spektrális és térbeli (alaki és magassági) információk kinyerésén alapuló osztályozási módszerek alkalmazásával **Szeged város kijelölt mintaterületeiről – nagyméretarányú, sok-kategóriás – felszín-**

**borítási térképek készülnek, melyeket összevetek a meglévő - Urban Atlas és Corine Land Cover - adatbázisokkal.**

5. **Céлом a város különböző – egyéb források alapján ismert – beépítettségű és hasznosítású mintaterületeire térbeli statisztikai vizsgálatok elvégzése**, melyek alapjául a legnagyobb megbízhatósággal jellemezhető osztályozás eredményei szolgálnak.
6. 2008 nyarán hőkamerás felvételezés készült a város teljes területéről. A rendelkezésemre álló adatok alapján **célul tűztem ki Szeged kijelölt területein a városi felszínborítás és felszínhőmérséklet kapcsolatának vizsgálatát**, majd az eredményekből **általános következtetések megfogalmazását.**
7. Céljaim között szerepel az általam gyűjtött, illetve felhasznált légifelvételek már megvalósult és **potenciális – városi - alkalmazási területeinek feltárása.**
8. A városi környezet nagy térbeli és spektrális felbontású, légi távérzékeléses vizsgálatának **korlátait**, a felmerülő **problémák forrásait** is áttekintem, és próbálok ezekre **megoldási javaslatokat** tenni.

## EREDMÉNYEK

Kutatási mintaterületeim kijelölésekor arra törekedtem, hogy azok beépítési jellegükkel és az előforduló felszínborítási típusaikkal egyaránt jól reprezentálják Szeged város egészét, illetve általánosságban a hazánkban előforduló városi beépítési és felszínborítási típusokat. Az alsóvárosi területen a kertes családi házak és viszonylag szűk utcák, a belvárosban a sűrű és magas beépítés mellett a széles utak, Tarjánban pedig a lakótelepek panel épületei és a közöttük elterülő, kiterjedt zöldfelületek jellemzőek.

1. Kutatásom során különböző spektrális és térbeli felbontású, légi távérzékeléssel nyert adatokkal dolgoztam. A felvételek egy része saját **kisgépes felvételező rendszerrel** készült, melynek felépítéséről és működéséről részletes leírást adtam. A 4 üléses kisrepülőgépre **3 különböző típusú kamerát sikerült telepíteni, megoldva a repülési terv készítés, az energiaellátás, a navigáció, az adattárolás és az előfeldolgozás feladatait is.** A színes-infravörös (CIR) és termális infravörös (TIR) kamerák felvételeinek durva geometriai korrekcióját – a navigációs adatokat felhasználva - saját ArcView és ArcGIS scriptekkel végeztem el. Elkészült a Szeged város teljes – Köröltésen belüli - területét lefedő 50 cm-es CIR és 2,5 m-es TIR felvételezés és mozaik. A Trimble légifelvételező rendszerrel 10 cm térbeli felbontású valós színes adatokat gyűjtöttünk a városról (*1. táblázat*).

1. táblázat A saját adatgyűjtések legfontosabb paraméterei  
(A – worldTIFF, B – CSV, C – TIFF, D – IMG)

SZENZOR	Felvétel időpontja	Térbeli felbontás [cm]	Egyedi képek/adatfájlok mérete			Összes képszám [db]	Mozaik mérete [MB]
			[px]	[m]	[MB]		
<b>DuncanTech MS3100 (CIR)</b>	2008.04.20 2008.06.25	50	1392x1040	696x520	4,1 <sup>A</sup>	335	~600 <sup>D</sup>
<b>Flir ThermoCam P65 (TIR)</b>	2008.08.12 2008.08.14	250	320x240	800x600	0,36 <sup>B</sup>	285	~18 <sup>D</sup>
<b>Trimble Aerial Camera (RGB)</b>	2011.03.30	10	7216x5412	721x541	117 <sup>C</sup>	317	~11600 <sup>D</sup>

A kisgépes, kisformátumú felvételezéseket a tradicionális légi felvételező kampányokkal összevetve megállapítható, hogy előbbieik felhasználása elsősorban operativitásuk és rugalmas konfigurálhatóságuk miatt terjed egyre jobban. Nem szabad azonban elfelejtkezni – a jelenleg alkalmazott feldolgozási módszertan mellett jelentkező – hátrányaikról, mint amilyen az egzakt georeferencia vagy a CIR képek esetében a radiometriai korrekció hiánya.

Az előfeldolgozáson korábban átesett AISA Dual hiperspektrális adatok esetében – a radiometria, geometriai és atmoszférikus kalibráció elméleti szintű bemutatása mellett - az adathalmaz optimalizációjának lehetőséget vizsgáltam részletesen, melynek keretében térbeli és spektrális dimenziócsökkentést hajtottam végre. Előbbit mintaterületek kijelölésével, utóbbit 119 zajos sáv manuális kiszűrésével, illetve PCA és MNF transzformációkkal végeztem el.

2. A felszínborítási térképek előállítását megelőzően a **hiperspektrális adathalmaz** – azaz képi információk - **alapján** 22 elemű **spektrumkönyvtár**at hoztam létre. Különböző színű (piros, lila és szürke) cseréptetőket, speciális (pala, műanyag, üveg és fém), illetve

panel tetőborításokat, eltérő korú és színű aszfalt utakat, beton felületeket és díszburkolatokat, valamint fás és füves vegetációt vizsgáltam. Egyes felszínborítások esetében önálló „árnyékos” kategóriát is definiáltam. A spektrális szögeltérések mérésével **elemeztem** az egyes tagok (tanuló pixel halmazok) **belső homogenitását**. Ennek eredményeképpen pontosan (pl. füves és fás vegetáció) és rosszul (pl. szürke cseréptetők) definiált osztályokat különítettem el. A térképezendő felszínborítási kategóriák **egymáshoz viszonyított szeparabilitását** a spektrális szögeltéréssel és a spektrális térben mért Jeffries-Matusita távolsággal jellemeztem. Ez alapján a problémás osztályok a különböző színű (piros, lila, szürke) cseréptetők, illetve az aszfalt, beton és bazalt burkolatok lettek (2. táblázat). A spektrumkönyvtár összeállítását követően részletesen bemutattam – és más forrásokkal összevettem – a későbbi osztályozásokban felhasznált referencia spektrumokat. A reflektancia görbéken az adott anyag egyedi jellegzetességei általában jól felismerhetők.

2. táblázat A spektrumkönyvtár néhány elemének spektrális szeparabilitása spektrális szögeltérés (SAM) és Jeffries-Matusita távolság alapján

2010	régi piros	lila	új szürke	új piros	panel	fa, cserje	fű	aszfalt	bazalt díszkő	SAM
régi piros	1	0,708	0,701	0,935	0,677	0,142	0,17	0,64	0,519	régi piros
lila	1,454	1	0,564	0,715	0,53	0	0	0,397	0,258	lila
új szürke	1,971	1,764	1	0,681	0,89	0,013	0,046	0,756	0,623	új szürke
új piros	1,677	1,592	1,985	1	0,655	0,122	0,149	0,624	0,5	új piros
panel	1,964	1,963	1,973	1,999	1	0,018	0,052	0,786	0,653	panel
fa, cserje	1,99	1,999	1,999	1,999	2	1	0,925	0,181	0,264	fa, cserje
fű	1,999	1,999	2	2	2	1,99	1	0,22	0,304	fű
aszfalt	1,99	1,946	1,712	1,997	1,8	1,999	2	1	0,845	aszfalt
bazalt díszkő	1,99	1,99	1,925	1,999	1,822	1,999	1,999	1,282	1	bazalt díszkő
Jeff-Mat.	régi piros	lila	új szürke	új piros	panel	fa, cserje	fű	aszfalt	bazalt díszkő	VIS-SWIR

3. Céljaim között szerepelt az **adathalmazok térbeli és spektrális információtartalmának önálló majd integrált értékelése és osztályozási célú felhasználása**. Szigorúan csak spektrális információkon alapuló felszínborítás térképezés CIR és hiperspektrális adatok alapján végezhető csak eredményesen. Az automatikus (ISODATA) és irányított (Minimum Distance, Maximum Likelihood és Spectral Angle Mapper) eljárások közül utóbbiakkal legfeljebb 21 különböző kategóriát különítettem el. A színes-infravörös adatok alapján – mintaterületenként és algoritmusonként eltérő mértékű – 70-80% közötti teljes pontosságot sikerült elérni (3. táblázat). A hiperspektrális adatok esetében a Maximum Likelihood klasszifikáció 85% feletti teljes pontosságot szolgáltatott. Az automatikus eljárások elsősorban a növényzet azonosításában voltak eredményesek. Problémaként leggyakrabban a spektrálisan hasonló útburkolatok és tetőborítások félreosztályozása jelentkezett, amit a magassági információkat felhasználó küszöbölési eljárással sikerült jelentősen mérsékelni.

3. táblázat A CIR adatokon végrehajtott irányított osztályozások pontosság ellenőrzése mintaterületenként és felszínborítási kategóriánként

CIR	Taján		Belváros		Alsóváros	
	Prod. Acc.	Users Acc.	Prod. Acc.	Users Acc.	Prod. Acc.	Users Acc.
<b>Maximum Likelihood</b>						
<i>fű</i>	90,98%	79,79%	95,97%	77,78%	93,12%	92,27%
<i>fa</i>	73,52%	87,36%	86,67%	97,79%	90,71%	91,71%
<i>árnyékos vegetáció</i>	94,58%	86,74%	100,00%	100,00%	99,44%	100,00%
<i>fényes vegetáció</i>	100,00%	100,00%	---	---	---	---
<i>világos út</i>	98,41%	97,38%	98,97%	77,27%	91,53%	38,30%
<i>út</i>	64,62%	39,75%	47,51%	53,57%	58,99%	69,54%
<i>árnyékos út</i>	99,14%	92,74%	88,59%	87,27%	88,81%	92,25%
<i>sötét panel</i>	74,85%	84,56%	65,22%	64,52%	83,54%	65,02%
<i>világos panel</i>	96,44%	84,72%	---	---	---	---
<i>tető 1 (piros)</i>	91,26%	95,92%	96,34%	98,75%	96,03%	94,53%
<i>tető 1b (piros fényes)</i>	---	---	58,14%	100,00%	---	---
<i>tető 1c (piros árnyékos)</i>	---	---	87,25%	91,55%	100,00%	95,73%
<i>tető 2 (szürke)</i>	---	---	54,65%	32,87%	53,95%	65,08%
<i>tető 3 (bádog)</i>	---	---	73,66%	90,42%	---	---
<i>talaj (homok)</i>	---	---	---	---	---	---
Overall Accuracy		<b>81,02</b>		<b>80,36</b>		<b>77,76</b>
Kappa Coefficient		<b>0,7829</b>		<b>0,7840</b>		<b>0,7545</b>



**A felvételek térbeli információtartalmának bevonásával az osztályozások megbízhatósága növekedett.** A bázisirányú átfedéssel készített, nagy térbeli felbontású felvételekből kinyert szegmensek és magassági információk – megfelelő feltételrendszer kialakításával - már 3 spektrális sáv mellett is alkalmasak a városi felszínborítás nagy méretarányú térképezésére. A tulajdonságtér dimenziójának emelésével az osztályozások pontossága tovább javítható (4. táblázat). Fontos hangsúlyozni ugyanakkor, hogy a szegmentálási paraméterek és az alkalmazott küszöbértékek megállapítása tapasztalati úton történt, így a módszer más területeken csak megfelelő adaptációt követően használható fel.

4. táblázat A szegmens alapú osztályozások megbízhatóságának alakulása különböző méretű (scale) szegmensek és a felhasznált adatrétegek alapján

<i>Overall Accuracy Kappa Coefficient</i>	<i>scale 50</i>	<i>scale 100</i>	<i>scale 200</i>	<i>scale 300</i>
RGB (1-3)	<b>0,61</b>	<b>0,65</b>	<b>0,69</b>	<b>0,61</b>
	<b>0,58</b>	<b>0,62</b>	<b>0,67</b>	<b>0,58</b>
CIR (1-3)	<b>0,23</b>	<b>0,18</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>
	<b>0,18</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>
MNF (1-8)	<b>0,67</b>	<b>0,68</b>	<b>0,69</b>	<b>0,66</b>
	<b>0,65</b>	<b>0,66</b>	<b>0,66</b>	<b>0,63</b>
RGB (1-3) + DSM	<b>0,74</b>	<b>0,72</b>	<b>0,73</b>	<b>0,76</b>
	<b>0,72</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>	<b>0,74</b>
RGB (1-3) + DSM + CIR (1-3)	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,59</b>
	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>
RGB (1-3) + DSM + MNF (1-8)	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,72</b>	<b>0,73</b>
	<b>0,78</b>	<b>0,77</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>

Főbb felszínborítási kategóriánként vizsgálva megállapítható, hogy a füves és fás vegetáció esetében az MNF transzformált hiperspektrális adatok Maximum Likelihood klasszifikációja, a panel és egyéb speciális (pala, fém, műanyag) tetőknél az előzőhöz hasonlóan osztályozott, de korábban PCA transzformált adathalmaz szolgáltatja a legjobb eredményeket. A különböző színű cserép tetőborítások szegmensek

felhasználásával különíthetők el leghatékonyabban. Ez esetben a képi objektumok címkézéséhez az RGB felvételek 3 csatornája mellett a magassági információkat tartalmazó felületmodellre és az MNF transzformált AISA Dual adatokra is szükség volt (5. táblázat).

5. táblázat A főbb felszínborítási kategóriák osztályba sorolásának megbízhatósága különböző input adatok és algoritmusok szerint

Input adat (módszer) [%]	RGB + hiper (MNF) + DSM (szegmens)		hiper (PCA / ML)		hiper (MNF / ML)		CIR (MD)		CIR (ML)	
	User's	Producer's	User's	Producer's	User's	Producer's	User's	Producer's	User's	Producer's
Növényzet	86,96	86,95	95,39	96,12	<b>98,91</b>	<b>97,69</b>	79,84	80,15	91,71	92,80
piros cserép	<b>96,06</b>	<b>92,51</b>	75,64	86,24	84,27	90,19	89,94	78,67	85,37	79,06
színes*	<b>89,52</b>	<b>59,21</b>	68,41	60,27	<b>69,28</b>	<b>73,44</b>	32,54	26,23	48,98	54,30
speciális**	100,00	76,06	<b>100,00</b>	<b>96,97</b>	93,33	85,71	94,20	63,41	90,42	73,66
panel	65,52	100,00	<b>90,55</b>	<b>86,67</b>	76,41	83,42	64,41	55,00	60,59	64,21
aszfalt	70,08	62,07	<b>94,20</b>	<b>89,08</b>	90,10	87,86				
Utburkolat beton	<b>75,89</b>	<b>100,00</b>	63,64	77,78	54,55	60,00	64,27	71,39	72,01	81,84

\* lila és szürke cserép \*\* pala, fém és műanyag tető

Az osztályozások ellenőrzéséhez felhasználható **terepi referencia térképek előállításának** támogatására Digterra Explorer alapú **adatgyűjtési metódust** dolgoztam ki, ami az irodai előkészítő fázisok mellett pontosan szabályozza a terepi munkát, kihangsúlyozva a térképezés jellegzetes hibáit (pl. épületek kidőlése, kitakarás).

4. A különböző osztályozási eljárások tesztelésekor – a képelemek hibás besorolására adott magyarázatok mellett - az eredménytérképek alapján az egyes mintaterületek felszínborítását részletesen elemeztem. A felszínborítások egyes területeken számított arányai – és a kapcsolódó térképezési problémák - jellemzőek lehetnek más, hasonló struktúrájú városrészekre. Az osztályozások eredményeképpen a kiválasztott **mintaterületek részletes – nagy méretarányú és sok-kategóriás – felszínborítási térképei jöttek létre**, melyek kiindulási alapjául szolgálhatnak a városi területhasználat és beépítettség térképeknek. A

teljes városra történő térbeli kiterjesztés lehetőségeit vizsgálva elsősorban az adathiány, a CIR felvételek radiometriai heterogenitása és a számítási kapacitás jelentkeztek korlátozó tényezőként.

5. Az egyes **mintaterületek felszínborításának és területhasználatának térbeli eloszlását CLC50 és Urban Atlas adatok alapján is elemezhetem**. Előbbi – 1:50000-es méretarányából kifolyólag – csak igen általános, generalizált információkkal szolgál. Az Urban Atlas felbontását és a térképezett kategóriák számát tekintve is sokkal részletesebb. Ez utóbbit az MNF transzformált hiperspektrális adatok Maximum Likelihood osztályozásának eredményével vettem össze. Elmondható, hogy **az általam készített felszínborítási térképek nagyobb térbeli részletességgel, de – az alkalmazott módszertan különbözőségéből adódóan – részben eltérő tematikájukkal jól igazodnak a nagy nemzetközi térképezési kampányok eredményeihez** (pl. a talajborítottsági arány csökkenésével csökkenő épület – tetőborítás – és útburkolat, illetve növekvő vegetáció arány), **a helyi, lokális léptékű térbeli döntéshozási folyamatokban jobban alkalmazhatók**.

6. **A hőkamerás felvételezés adatainak felhasználásával kísérletet tettem 4 fő kategória (talaj-vegetáció-épület-útburkolat) elkülönítésére**. Ezek térbeli mintázata azonban **csak a környezeténél jobban felmelegedő úthálózatot rajzolja ki pontosan**, az épületek és zöldfelületek ezzel a módszerrel egyértelműen nem különíthetők el egymástól. A két felvételezési időpont felszínhőmérsékleti térképeinek általános jellemzése mellett 5 jellegzetes beépítésű területen részletesebben is elemeztem a felszínhőmérséklet és az azt befolyásoló tényezők – elsősorban a felszínborítás – kapcsolatát.

7. Sorra vettem a **felhasznált adatforrások** és az azokból **levezetett térképek** néhány már megvalósult, illetve lehetséges jövőbeli **alkalmazási területét**. A szűkebb értelemben vett városi környezet mellett foglalkoztam a közvetlen városkörnyéki, városellátó mezőgazdasági térségekkel is. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a CIR felvételek sikeresen bevonhatók a vízrendezéssel kapcsolatos (pl. belvíz térképezési) vizsgálatokba, a légi távérzékelte felszínhőmérséklet adatokat pedig a városklíma kutatásokban alkalmazzák előszeretettel. A nagy térbeli felbontású ortofotó térképek a városüzemeltetés és a közmű szolgáltatók eszköztárát gazdagítják, míg a hiperspektrális felvételek – a jelen kutatásban is bemutatott részletes felszínborítás térképezés helyett - jelenleg leginkább a városi zöldfelület monitoring feladatokban találunk felhasználókra.

8. Munkám során a kisformátumú és a hiperspektrális adathalmazok előállítása és feldolgozása közben **számos problémával, kihívással** szembesültem, melyek **egy részére sikerült megoldást találnom**. Ezek elsősorban a kisformátumú felvételezések tervezéséhez és kivitelezéséhez, illetve az egyedi képek geometriai korrekciójához kapcsolódnak. A jövőbeli felvételezések során, az újonnan nyert tapasztalatok alapján egy részük már kiküszöbölhetővé válhat. Az árnyékhatások csökkentése érdekében mindenképpen törekedni kell a tiszta időben és magas napállás mellett végrehajtott repülésekre. A lombkorona okozta kitakarást a vegetációs időszakon kívüli felvételezéssel részben csökkenthetjük. A magas épületek „kidőlése” és kitakarása több nézőpontból készített felvételekkel – bonyolultabb adatfeldolgozási eljárások mellett - orvosolható. A képkészítéssel egy

időben – vagy ahhoz időben a lehető legközelebb – végzett terepi mintagyűjtés nemcsak az atmoszférikus hatások kiszűrését segítheti elő, de referencia adattal szolgálhat az osztályozások ellenőrzésekor is. A kisformátumú felvételek pontosabb és gyorsabb georeferálását – a költségtényező jelentős növekedése mellett – inerciális rendszer (INS) alkalmazása tenné lehetővé. A vizsgált felszínborítási kategóriák kijelölése során különös figyelmet kell szentelni azok megfelelő mértékű spektrális szeparabilitásának. Az objektum alapú eljárásoknál a szegmentálási paraméterek tovább optimalizálhatók, az alkalmazott küszöbértékek finomhangolhatók, illetve a spektrális és magassági tulajdonságok mellett komplexebb alaki és térbeli kapcsolódási jellemzők is bevonhatók az osztályozásba.

## **A TÉZISHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK**

Tobak Z., Csendes B., Henits L., van Leeuwen B., Mucsi L. (2013): Légifelvételek spektrális és térbeli információtartalmának felhasználása a városi felszínborítás térképezésében. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 441-450. ISBN:978-963-318-334-2

Tobak Z., Csendes B., Henits L., van Leeuwen B., Szatmári J., Mucsi L. (2012): Városi felszínek spektrális tulajdonságainak vizsgálata légifelvételek alapján. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában III.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 413-420. ISBN:978-963-318-218-5

Tobak Z., Csendes B., Henits L., van Leeuwen B., Mucsi L. (2012): A városi felszín spektrális tulajdonságainak vizsgálata légifelvételek alapján. In: Nyári D. (szerk.): *Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete*, Szeged: SZTE

TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pp. 1088-1097. ISBN:978-963-306-175-6

- Tobak Z., Szatmári J., van Leeuwen B. (2008): Small format aerial photography - Remote sensing data acquisition for environmental analysis. *Journal of Environmental Geography* **I**:(3-4), pp. 21-26.
- Henits L., Tobak Z., Mucsi L., van Leeuwen B., Szatmári J. (2011): Nagy felbontású távérzékelési adatok alkalmazása a városi felszínborítás vizsgálatában - lehetőségek és problémák. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 43-51. ISBN:978-963-318-116-4
- Rakonczi J., Unger J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Boudewijn L., Gál T., Fiala K. (2009): A napfény városa naplemente után - Légi távérzékeléssel támogatott hősziget-térképezés Szegeden. *Földrajzi Közlemények* **133**:(4) pp. 367-383. 431-436. N1 MatarkaID=840210
- Szatmári J., Szijj N., Mucsi L., Tobak Z., van Leeuwen B., Lévai C., Dolleschall J. (2011): A belvízelöntések térképezését és a belvízképződés modellezését megalapozó térbeli adatgyűjtés. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 27-34. ISBN:978-963-318-116-4
- Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Dolleschall J. (2011): A belvízelöntések térképezését megalapozó adatgyűjtés és a belvízképződés modellezése neurális hálózattal. *Földrajzi Közlemények* **135**:(4) pp. 351-364.
- Szatmári J., van Leeuwen B., Tobak Z., Rakonczi J., Mucsi L., Unger J., Gál T., Fiala K., Németh Cs. (2010): Légi távérzékelési módszerrel támogatott hőterképezés Szegeden. In: Lóki J., Demeter G. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 321-328. ISBN:978-963-06-9341-7
- Unger J., Gál T., Rakonczi J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2009): Air temperature versus surface temperature in urban environment. In: *The 7th International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japán, 2009.06.29-2009.07.03., Paper 375624-1-090514014110-003.

- Unger J., Gál T., Rakonczi J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2010): Városi hősziget mező modellezése légi felszínhőmérsékleti mérések alapján. In: Putsay M. (szerk.): *Műholdmeteorológia*, **35**. Meteorológiai Tudományos napok, Budapest, 2009.11.19-2009.11.20., pp. 57-60. ISBN:978-963-9931-09-3
- Unger J., Gál T., Rakonczi J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2010): Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. *Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* **114**, pp. 287-302. IF: 0.548
- van Leeuwen B., Mezösi G., Tobak Z., Szatmári J., Barta K. (2012): Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences* **7**:(4) pp. 173-180. IF: 1.495
- van Leeuwen B., Szatmári J., Tobak Z., Németh Cs., Hauberger G. (2009): Opportunities for the generation of high resolution digital elevation models based on small format aerial photography. In: *HunDEM 2009 - GeoInfo 2009*, Miskolc, pp. 100-108.
- van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J. (2008): Development of an integrated ANN-GIS framework for inland excess water monitoring. *Journal of Environmental Geography* **I**:(3-4), pp. 1-6.
- van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J., Mucsi L., Fiala K., Mezösi G. (2009): Small format aerial photography: a cost effective approach for visible, near infrared and thermal digital imaging. In: Car A, Griesebner G, Strobl J (szerk.): *Geospatial crossroads*, Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, pp. 200-209.
- van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J., Barta K. (2010): Új módszerek alkalmazása a belvizek keletkezésének vizsgálatában és monitorozásában. In: Lóki J., Demeter G. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 121-130. ISBN:978-963-06-9341-7
- van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J. (2012): Belvív osztályozás hagyományos módszerrel és mesterséges neurális hálóval. In: Nyári D. (szerk.): *Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a*

## **ELSŐ SZERZŐK NYILATKOZATA**

Alulírott, **Dr. Henits László**, mint a „Henits L., Tobak Z., Mucsi L., van Leeuwen B., Szatmári J. (2011): Nagy felbontású távérzékelte adatok alkalmazása a városi felszínborítás vizsgálatában - lehetőségek és problémák. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 43-51.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. és 3. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

.....

Dr. Henits László

2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Rakonczai János**, mint a „Rakonczai J., Unger J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Boudewijn L., Gál T., Fiala K. (2009): A napfény városa naplemente után - Légi távérzékeléssel támogatott hősziget-térképezés Szegeden. *Földrajzi Közlemények* **133**:(4) pp. 367-383. 431-436.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk hőkamerás felvételezést és az adatok előfeldolgozását bemutató, illetve a felszínborítás és felszínhőmérséklet kapcsolatát elemző részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. és 6. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

.....

Dr. Rakonczai János

2013.10.02.



Alulírott, **Dr. Szatmári József**, mint a „Szatmári J., Szijj N., Mucsi L., Tobak Z., van Leeuwen B., Lévai C., Dolleschall J. (2011): A belvízelöntések térképezését és a belvízképződés modellezését megalapozó térbeli adatgyűjtés. In: Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II.*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 27-34.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrésről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. Szatmári József 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Szatmári József**, mint a „Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Dolleschall J. (2011): A belvízelöntések térképezését megalapozó adatgyűjtés és a belvízképződés modellezése neurális hálózattal. *Földrajzi Közlemények* **135**:(4) pp. 351-364.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és a CIR felvételek feldolgozásával kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrésről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. Szatmári József 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Szatmári József**, mint a „Szatmári J., van Leeuwen B., Tobak Z., Rakonczai J., Mucsi L., Unger J., Gál T., Fiala K., Németh Cs. (2010): Légi távérzékeléses módszerrel támogatott hőtérképezés Szegeden. In: Lóki J., Demeter G. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 321-328.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és a TIR felvételek feldolgozásával kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1., 6. és 7. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrésről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. Szatmári József 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Unger János**, mint az „Unger J., Gál T., Rakonczai J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2009): Air temperature versus surface temperature in urban environment. In: *The 7th International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japán, 2009.06.29-2009.07.03., Paper 375624-1-090514014110-003.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk hőkamerás adatgyűjtéssel kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

.....

Dr. Unger János

2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Unger János**, mint az „Unger J., Gál T., Rakonczai J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2010): Városi hősziget mező modellezése légi felszínhőmérsékleti mérések alapján. In: Putsay M. (szerk.): *Műholdmeteorológia*, **35**. Meteorológiai Tudományos napok, Budapest, 2009.11.19-2009.11.20., pp. 57-60.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk hőkamerás felvételezéssel és az adatok előfeldolgozásával kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

.....

Dr. Unger János

2013.10.02.

Alulírott, **Dr. Unger János**, mint az „Unger J., Gál T., Rakonczai J., Mucsi L., Szatmári J., Tobak Z., van Leeuwen B., Fiala K. (2010): Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. *Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* **114**, pp. 287-302. IF: 0.548” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk hőkamerás felvételezéssel és az adatok előfeldolgozásával kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

.....

Dr. Unger János

2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Mezősi G., Tobak Z., Szatmári J., Barta K. (2012): Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences* 7:(4) pp. 173-180. IF: 1.495” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk CIR adatgyűjtéssel kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Szatmári J., Tobak Z., Németh Cs., Hauberger G. (2009): Opportunities for the generation of high resolution digital elevation models based on small format aerial photography. In: *HunDEM 2009 - GeoInfo 2009*, Miskolc, pp. 100-108.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J. (2008): Development of an integrated ANN-GIS framework for inland excess water monitoring. *Journal of Environmental Geography* I:(3-4), pp. 1-6.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk CIR adatgyűjtéssel kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J., Mucsi L., Fiala K., Mezősi G. (2009): Small format aerial photography: a cost effective approach for visible, near infrared and thermal digital imaging. In: Car A, Griesebner G, Strobl J (szerk.): *Geospatial crossroads*, Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, pp. 200-209.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészeiről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J., Barta K. (2010): Új módszerek alkalmazása a belvizek keletkezésének vizsgálatában és monitorozásában. In: Lóki J., Demeter G. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*, Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 121-130.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészeiről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.

Alulírott, **Dr. van Leeuwen Boudewijn**, mint a „van Leeuwen B., Tobak Z., Szatmári J. (2012): Belvíz osztályozás hagyományos módszerrel és mesterséges neurális hálóval. In: Nyári D. (szerk.): *Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete*, Szeged: SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pp. 524-529.” első (felelős) szerzője nyilatkozom, hogy a nevezett cikk adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos részeinek létrehozásában a jelölt szerepe meghatározó fontosságú, s így azt elismerem 1. tézisének alátámasztásául. Nyilatkozom továbbá, hogy a jelölt által a fokozatszerzésben felhasznált anyagrészeiről nem adok ki hasonló tartalmú nyilatkozatot.

..... Dr. van Leeuwen Boudewijn 2013.10.02.