

Területhasználati térkép készítése műholdfelvételek alapján az SRTM magasságmodell pontosítására

Seres Anna¹, Dobos Endre²

¹ Földrajz Intézet, Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc, Magyarország, anna.seres@gmail.com

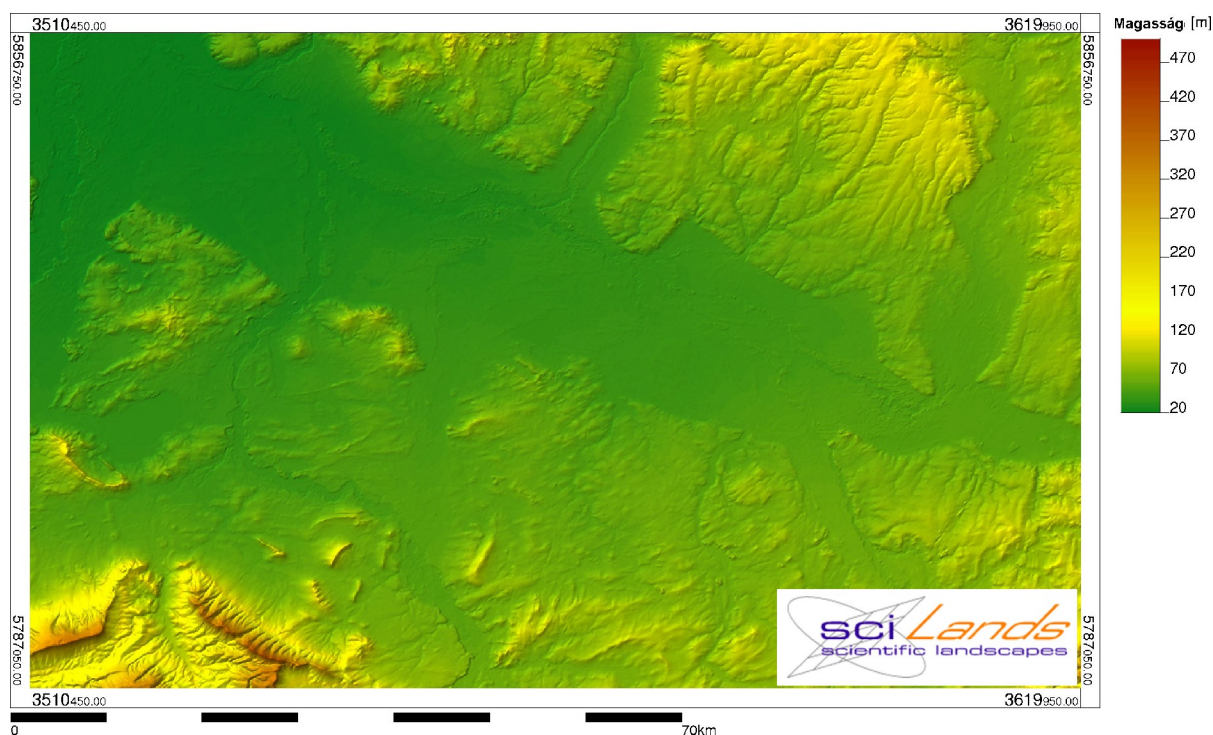
² Földrajz Intézet, Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc, Magyarország, ecodobos@uni-miskolc.hu

Kivonat: A NASA SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) 90 méteres felbontású digitális terepmodellje (DTM) majdnem az egész Földet lefedi. Ennek a távérzékelés segítségével készült magasság modellnek - bár igazi áttörést jelent a világ digitális feltérképezésében - van néhány hiányossága. Az egyik ilyen az adathiányos részek előfordulása hegyvidéki területeken, melyet a JRC (Joint Research Center) és a CIAT (International Center for Tropical Agriculture) együttműködve egyéb intézmények kutatóival már kiküszöbölt (CGIAR-CSI 2008). A domborzatmodell alkalmazhatóságának másik fő korlátja az, hogy a radarsugarak által észlelt felszín sokszor nem a Föld valódi felszíne, hanem egy épületek, erdők, egyéb természetes vagy mesterséges tereptárgyak által torzított kép. A DTM-en a városok, erdők kisebb kiemelkedésként jelentkeznek, ezért a valódi felszín eléréséhez szükséges ezektől megtisztítani a képet. Az épületek problémája településtérképekkel és a hozzájuk tartozó épületek átlagmagasságával kiküszöbölhető. Az erdők fáiból eredő extra magasságot műholdas felvételekből származó, erdőborítottság térképpel lehet kiküszöbölni. Erre a célra az SRTM felvételezéssel egy időből, 2000-ből származó LANDSAT felvételeket használtunk a Kárpát-medence ÉK-i részének egy 15000 km²-nyi területéről, mivel itt a földhasználat már kis területen is nagy változatosságot mutat. Fontos volt a földhasználati térkép elkészítéséhez, hogy a felvételek a felhőmentes időben készüljenek és a vegetációs időszakból származzanak. Az erdők elkülönítéséhez a multitemporal LANDSAT adatbázis volt a legalkalmasabb az 1-7 csatornák felhasználásával. A LANDSAT állományhoz próbaképpen az SRTM domborzatmodellből származtatott magasság, lejtőkategória és kitettség térképet is hozzáadtuk egy-egy layerként, bízva abban, hogy a domborzat segít jobban elkülöníteni az osztályokat. A kép PCA-val (Főkomponens Analízis) végzett előfeldolgozása után „training” területeket választottunk ki a különböző földhasználati egységekhez, köztük az erdőkhez. A kép osztályozása „maximum likelihood” osztályozó algoritmussal történt. Az eredményeket statisztikai módszerekkel és nagy felbontású ortofotók alapján ellenőriztük.

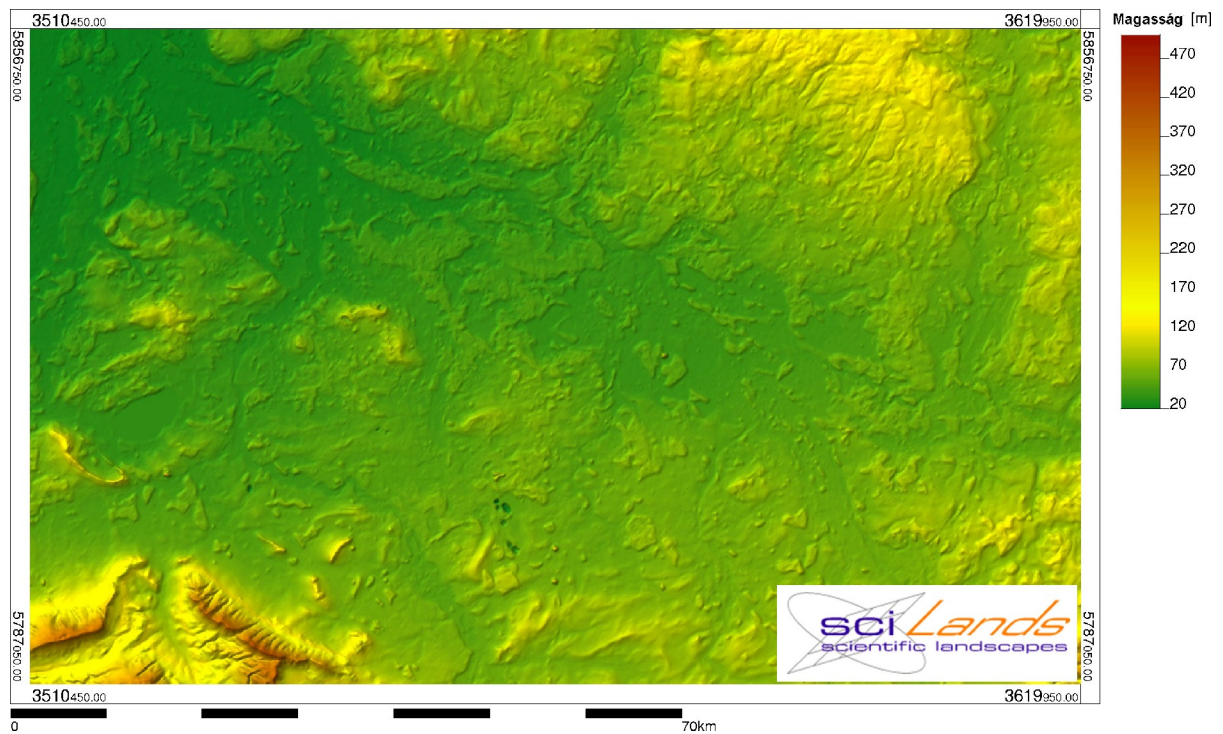
1. BEVEZETÉS

A távérzékeléssel készített SRTM terepmodell, bár szinte az egész Földet lefedi és ezért rendkívül széles körben alkalmazható, rendelkezik néhány használatot korlátozó tényezővel. Az egyik, hogy nem a tényleges földfelszínt tekinti felszínnek, hanem annak az erdőkkel, épületekkel, egyéb tereptárgyakkal torzított változatát. Ezt jól figyelemmel követhetjük az 1, 2, 3, 4-es ábrán (Bock, Köthe 2009/1). Az 1-es ábrán a referencia DEM-et láthatjuk, 12,5 m-ről 100 m-es pixelméretre átszámítva. A 2-es ábrán ugyanennek a területnek az SRTM

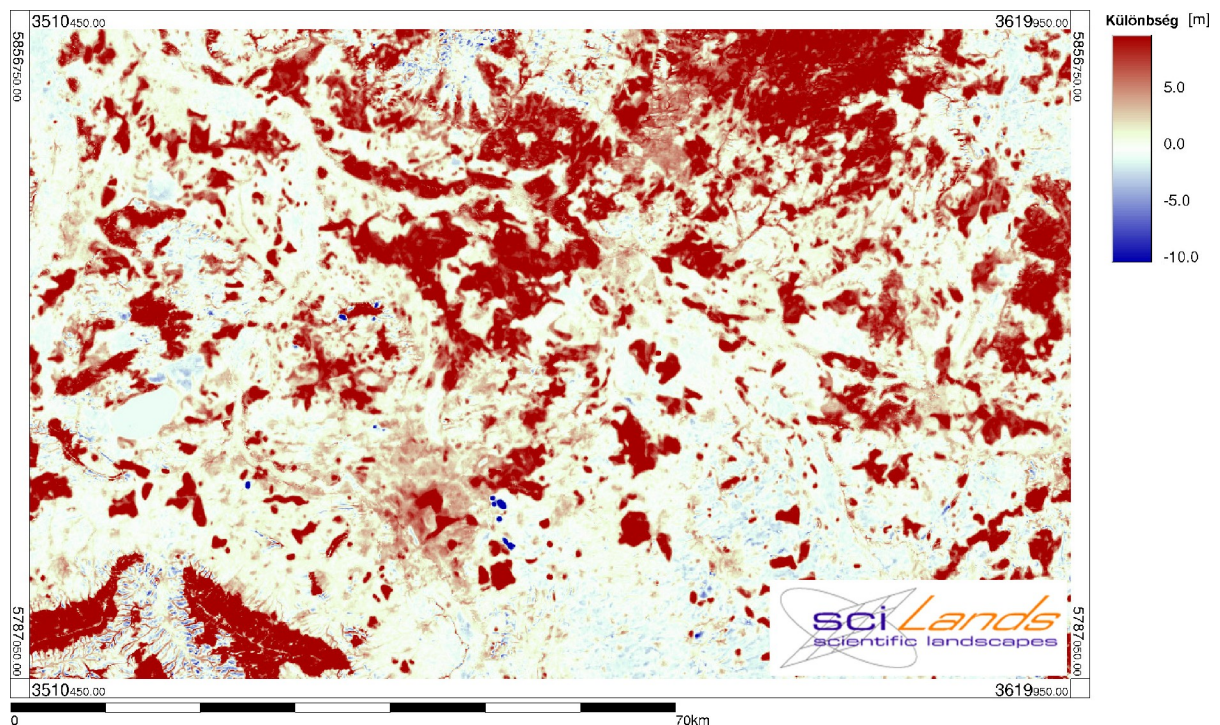
terepmodelljét tekinthetjük meg. Jól látható, hogy a kettő közt jelentősebb eltérések vannak. A 3-as ábra a két domborzatmodell közti különbséget ábrázolja, amit ha összevetünk az erdők területével (4-es ábra), megállapíthatjuk, hogy azok nagy százalékban fedik egymást. Tehát az SRTM e hibájának kiküszöbölésére, az erdők alatti tényleges felszín meghatározásához elsődlegesen ismernünk kell az erdők pontos területét. A létező CORINE (Coordinate Information on the Environment) adatbázis, amely tartalmazza az erdőterületeket, sajnos meglehetősen nagy méretarányú (1:100 000, egyes területekre 1:50 000, illetve 250x250 m és 100x100 m-es felbontású raszter), így a kisebb erdőfoltok lehatárolására nem alkalmas. Ehhez sokkal jobb felbontású adatállományra van szükségünk. Ezt az adatállományt a 30x30 m-es felbontású LANDSAT műholdfelvételek elemzésével kaphatjuk meg.



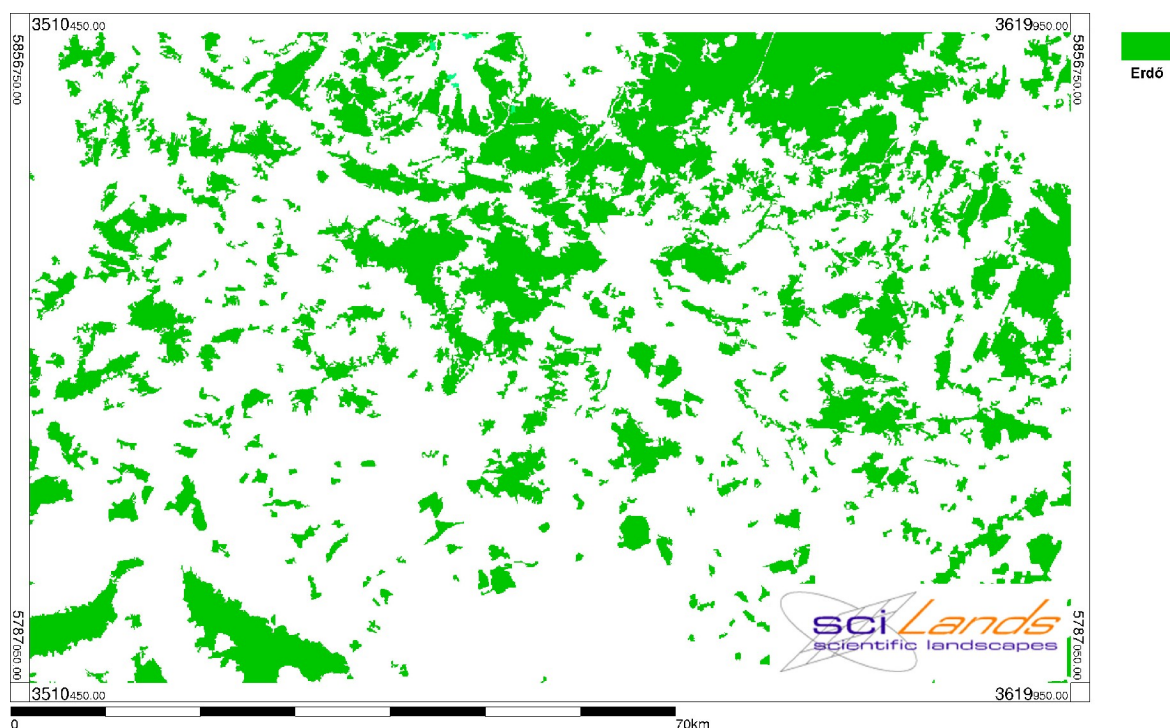
1. ábra: referencia DEM 12,5 méterről 100 méteres pixelméretre változtatva



2. ábra: különféle tereptárgyakkal torzított domborzat az SRTM terepmodellen



3. ábra: az SRTM és a referencia DEM közti magasságkülönbség



4. ábra: az erdők területe a CORINE adatbázis alapján

2. CÉL

A vizsgálatunk célja a Kárpát-medence egy kb. 15 000 km²-nyi területére (5. ábra) földhasználati térkép elkészítése, elsősorban az erdőterületek meghatározása, mely alkalmas az SRTM adatbázis pontosítására. A földhasználati térképet osztályozással készítjük el. Az osztályozást elvégezzük egy alap LANDSAT műholdfelvétel állományra, illetve egy SRTM domborzatmodellel bővített LANDSAT állományra is, megvizsgálva mindkettő esetében az osztályozás végeredményét és pontosságát. A kutatásban a PCA (főkomponens analízis) alkalmazhatóságára is kitérünk.

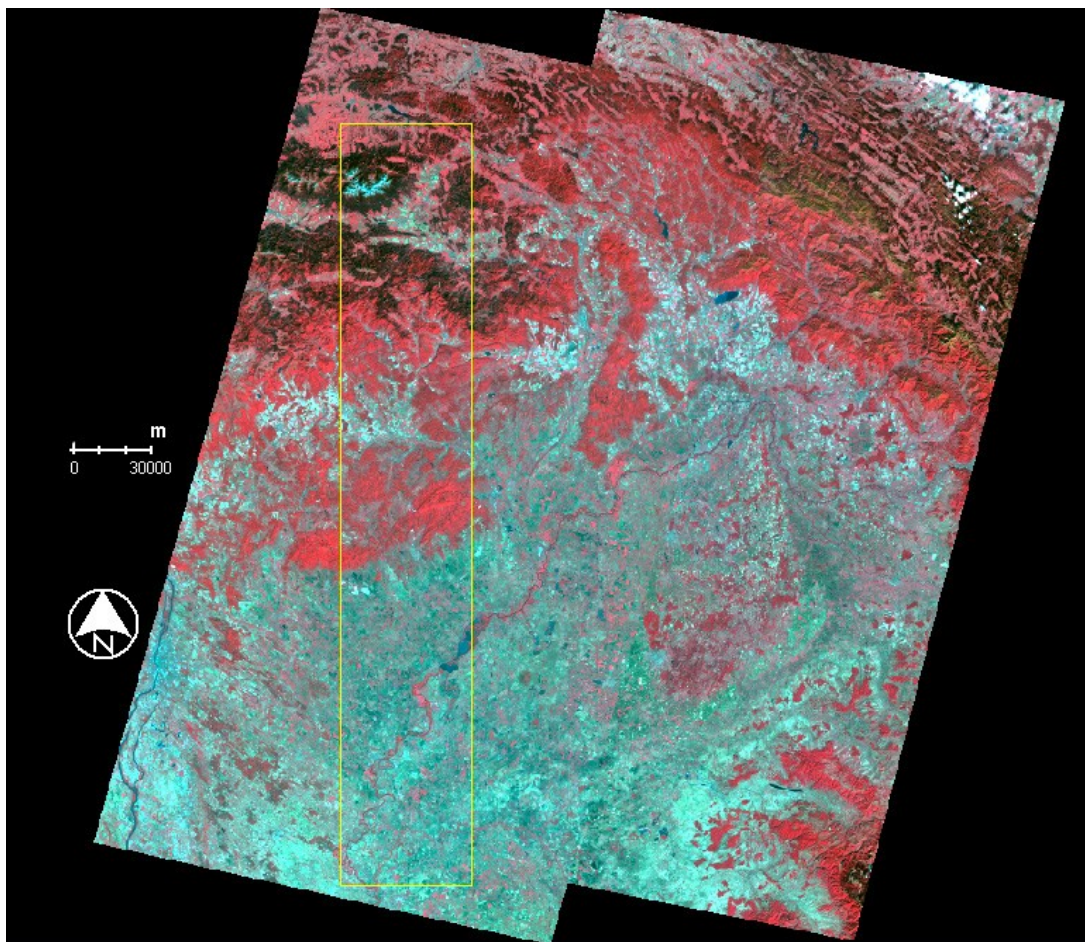
3. MÓDSZER

A kutatás módszertana alapvetően három részre osztható. Az első részben a műholdfelvételek, a másodikban a domborzatmodellből származtatott tényezők feldolgozását mutatjuk be, majd a kettő egyesítésével kapott eredményéről és az osztályozásukról írunk.

3.1. LANDSAT

Az archív LANDSAT műholdfelvételek ingyenesen letölthetők pl. a U.S. Geological Survey honlapjáról. A mi mintaterületünk 4 felvételt foglalt magába: 187-026, 187-027, 186-026, 186-027. A 2000-ben készült SRTM javításához olyan műholdfelvételekre volt szükségünk, amelyek szintén a 2000-es évben és a lehető legkisebb felhőborítottság mellett készültek a vegetációs időszakban. Így a 2000.08.20.-án és a 2000.09.30.-án készült felvételek kerültek felhasználásra. A fájlok kicsomagolása és importálása után az ERDAS Imagine programmal a műholdkép csatornáit 1-7-ig összerakva mozaikoltuk a 4 felvételt (Dobos, et al.

2003). Mozaikolásnál a képek széleiből 10%-ot levágtunk a kép szélén található hibák eltüntetésére, és a mozaik hisztogramját az első képhez igazítottuk, hogy osztályozáskor ne jelentkezzen határ a képek összeillesztésének vonalában (5. ábra). Az osztályok jobb szétválaszthatóságának érdekében az összeillesztett képen ezután PCA-t (Principal Component Analysis vagy főkomponens analízis) végeztünk a MultiSpec programmal. Mivel a települések a műholdképeken nem egységes értékkel, hanem különböző értékű pixelek halmazaként jelennek meg, a településekre jellemző pixelértékek egységes osztályba sorolása szinte lehetetlen. Emiatt a műholdfelvételeken a településeket kimaszkoltuk.



5. ábra: a vizsgált terület az összemozaikolt 4db LANDSAT felvételen

3.2 SRTM

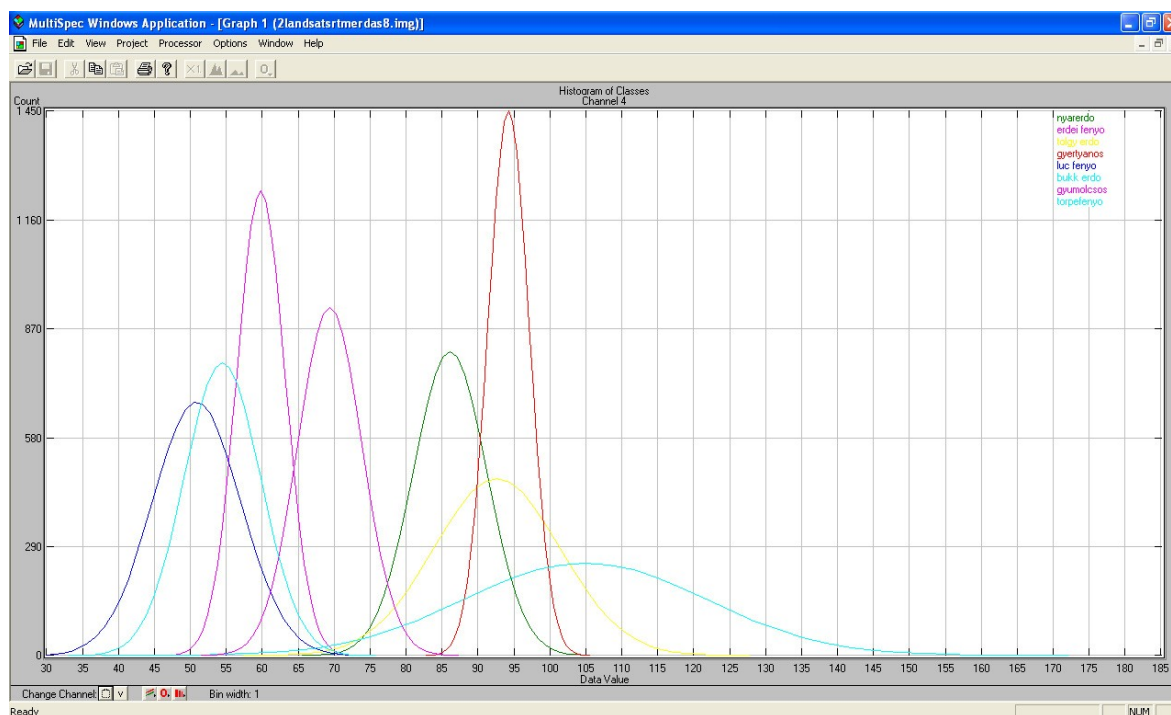
Az internetről ingyenesen letölthető SRTM terepmodell ASCII kódolású fájljaiból kettő fedte le a vizsgált területet: 40-03 és 41-03. A vetítési rendszer egyeztetése után a domborzatmodell összevethetővé vált a műholdfelvétellel. ArcGIS szoftverrel a műholdkép mozaik alá eső területet kivágtuk a domborzatmodellből, a két kivágatot 30x30-as cellamérettel Erdas Imagine fájlba exportálva, azokat a műholdképhez hasonló módon összeillesztettük. A kapott domborzatmodellből lejtőkategória és kitettség térképet készítettünk. A három térképet (elevation, slope, aspect) az ERDAS Layer Stack paranccsal

a mozaikolt műholdkép csatornáival egybeillesztettem. Erre a fájlra ismét elvégeztem egy főkomponens analízist először az összes rétegre majd a domborzatmodellből származtatott térképeket egyesével hozzáadva. Az eredményül kapott képeken jól látszott, hogy a magasság, a lejtőkategória vagy a kitettség szinte teljes mértékben „elfedi” a műholdképet, a képek leginkább a domborzat jellemzőit hordozzák magukban, a műholdfelvételtől érzékelhető növényzet csak halványan jelenik meg.

3.3 Osztályozás

Az osztályozás lényege, hogy a folytonos állományból tematikus állományt hozunk létre. Ezt azon feltételezés alapján tehetjük meg, hogy egy adott tematikus osztályhoz tartozó pixelértékek egy meghatározott, az osztályra jellemző eloszlást mutatnak (6. ábra). Ez alapján minden pixel egy adott eloszlásba besorolható és az adott osztályhoz rendelhető. Irányított osztályozás esetén az adott osztályok pixelérték eloszlásait, az ún. „training” pixelekkal tudom becsülni. Ez a gyakorlatban úgy történik, hogy ismert osztályhoz tartozó, jellemző területeket (pixel csoportokat) választok ki, amelyek értékeinek eloszlása, ha a minta reprezentatív, egybe esik az osztály valós, de számunkra ismeretlen értékeloszlásával, amit a „training pixelek” segítségével tudok becsülni (Mucsi 1995).

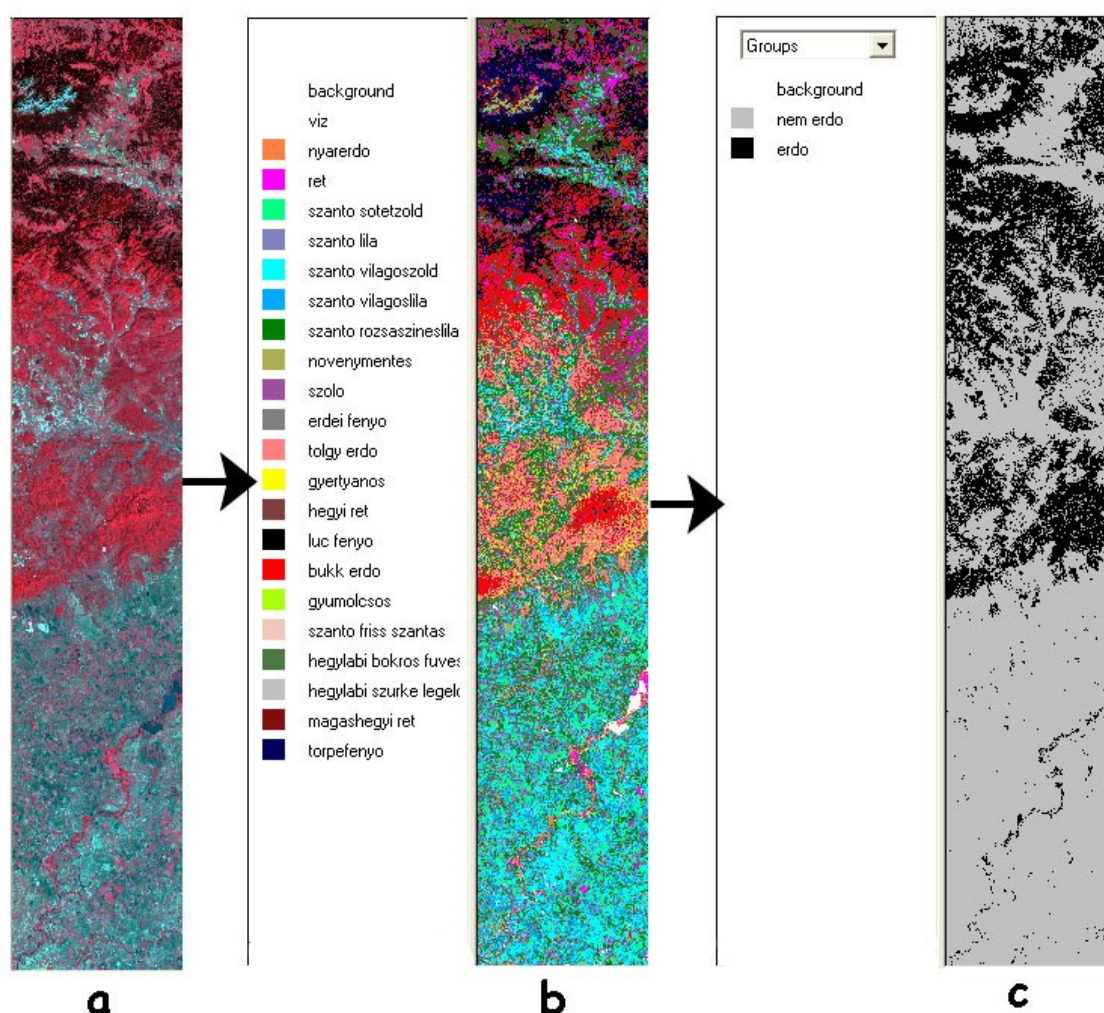
A képek osztályozását MultiSpec és ERDAS programmal is elvégeztük (7/b ábra). 22 osztályt különböztettünk meg: 6 féle szántó, luc, erdei és törpefenyő, nyár, tölgy, gyertyán, bükk erdő, gyümölcsös, víz, legelő, szőlő, növényzettel nem fedett terület, hegylábi ligetes bokros terület, hegyi rét, magashegyi rét.



6. ábra: különböző erdőterületek pixelértékeinek hisztogramja a LANDSAT TM 4-es csatornán (NIR) (nyár-sötétzöld, erdei fenyő-lila, tölgy-sárga, gyertyán-piros, luc-kék, bükk-világoskék, gyümölcsös-lila, törpefenyő-világoskék)

Az osztályozás pontosságának mérésére esetünkben a „leave one out” módszer volt a legjobban alkalmazható. Ekkor a „training” pixelek független teszt pixelként is használhatóak. A módszer lényege, hogy egy training pixelt mindig kihagy/félretesz, és a maradékkal számol, vagyis amennyi „training” pixel van annyi osztályozást hajt végre. Pl. adott 80 darab, „training” területből adódó pixel. Az első osztályozás alkalmával egyet félretesz, és 79 pixelt használ a statisztikák kiszámításához, majd ezek alapján sorolja be a kihagyott egy darab pixelt. Ezt a műveletet 80-szor ismétli meg, vagyis 80 osztályozást hajt végre. A végén egyszerű arányszámmal adja meg a „félretett” pixelek helyes osztályozásainak számát az összes 80-hoz képest.

A vizsgált területünk összesen 16.841.601 pixelből áll, amiből 154.417 pixelt használtam fel a „training” területekhez.



7. ábra: Erdőborítottság térkép készítésének folyamata: (a) alap LANDSAT vagy domborzatmodellel bővített LANDSAT kép; (b) osztályozás eredménye 22 osztályba sorolással; (c) erdő és nem erdő kategóriákba összevont osztályok

4. EREDMÉNYEK

4.1 Az osztályozás pontossága

Az osztályozás pontosságának méréséhez az általános osztályozási pontosságot használtam fel (Congalton 1991), mely az összes „training” pixelből helyesen osztályozott pixelek aránya.

Az osztályozás elvégzése után az előfeldolgozás nélküli, alap LANDSAT állományra 90,3%-os pontosságot (overall class performance), a PCA-val feldolgozott állományra pedig 89,9%-os pontosságot kaptunk. Az SRTM-mel bővített képen előfeldolgozás nélkül 89,8%-ot, főkomponens analízissel pedig 90,0%-ot kapunk a pontosságra (overall class performance). Az osztályozás pontosságában tehát nincs jelentős eltérés a különböző képek osztályozása között.

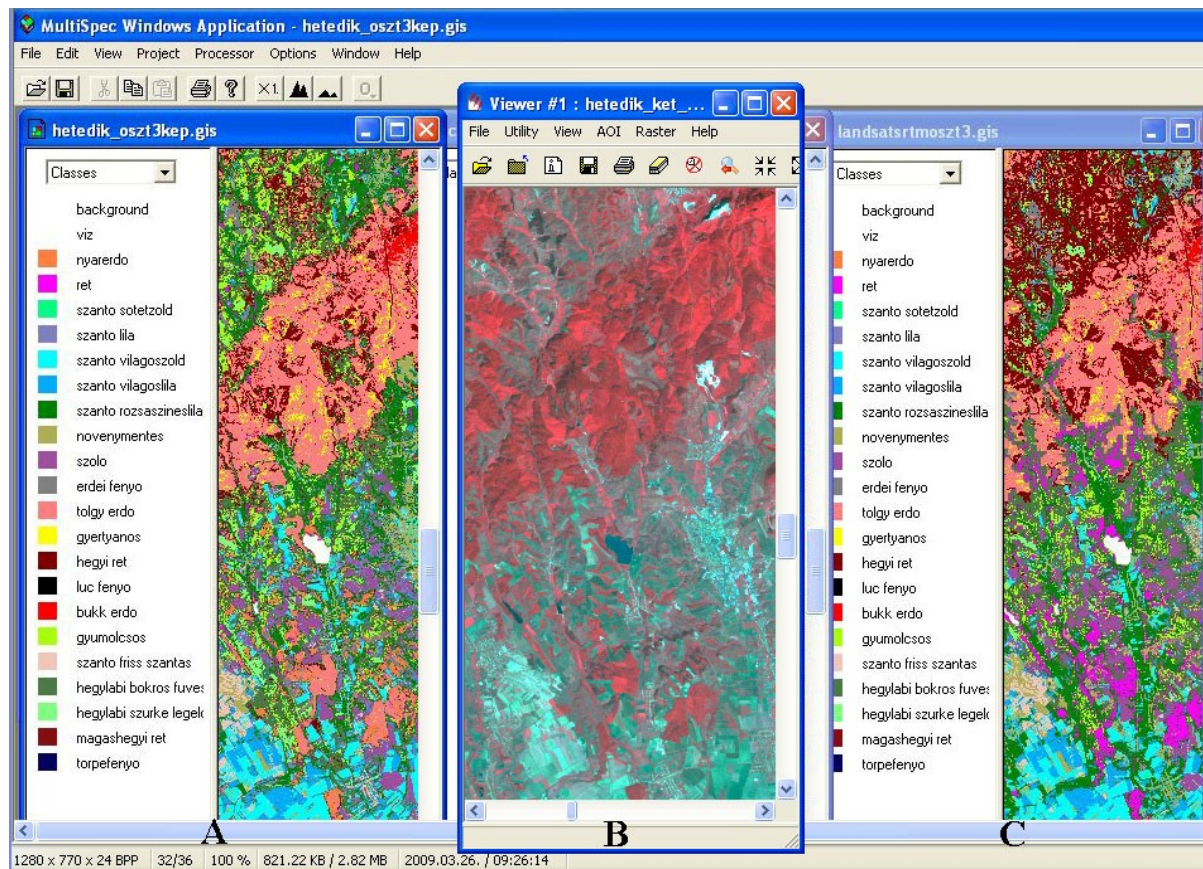
4.2 Az osztályozott képek kiértékelése

Általánosságban elmondható, hogy az egyes osztályok pontossága 76% és 100%. között változott az alap LANDSAT képen és 59% és 100% között az SRTM-mel bővített műholdkép esetében. A legtisztábban elkülöníthető osztályok a magashegyi rét, a nyárerdő és a víz, míg a legrosszabb szétválaszthatóságot mutatók a tölgyerdő, a hegylábi bokros-füves felhagyott legelők és az egyik szántótípus.

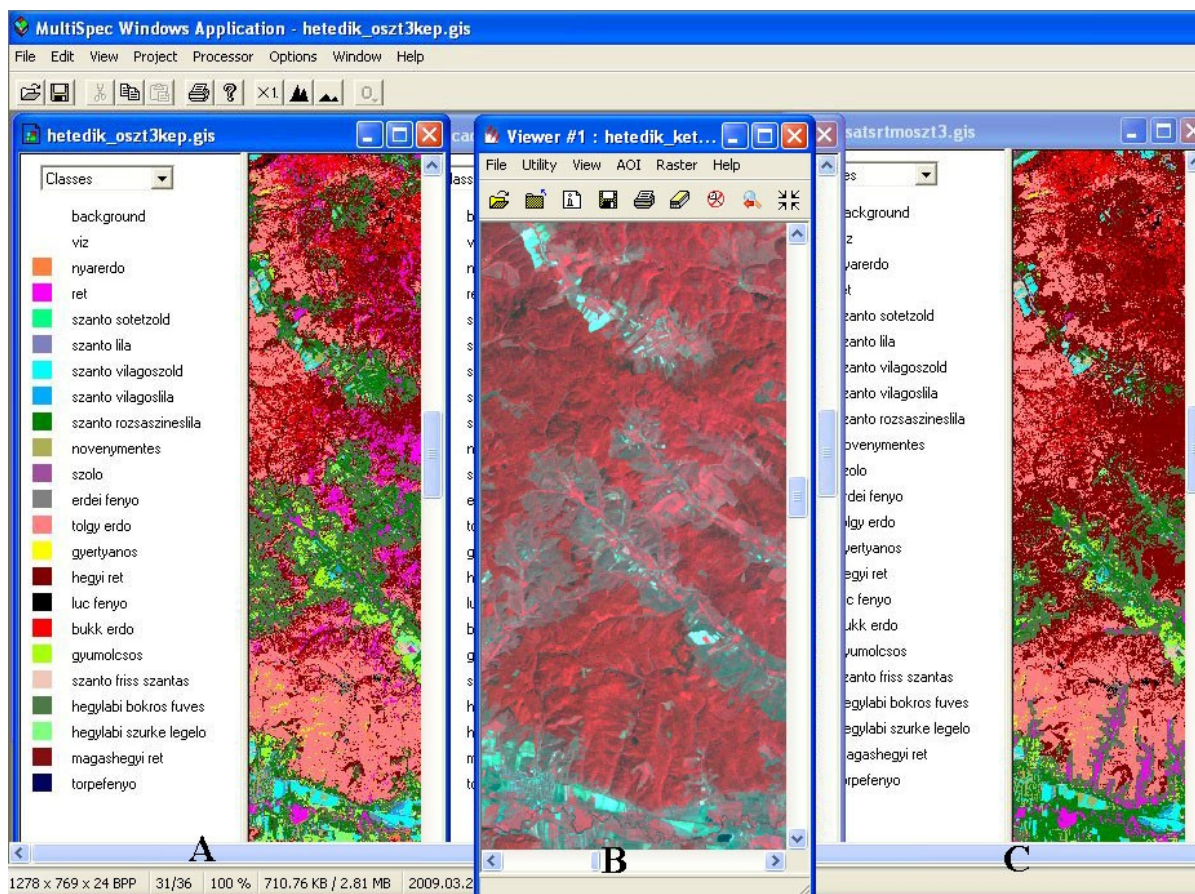
Az osztályozással kapott képek mind a 4 képnél nagyon hasonlóak. Minimális eltérés tapasztalható a következő esetekben.

- Néhány alföldi területet a LANDSAT képek tölgyerdőnek osztályoztak (8/A ábra), míg ugyanezeket a területeket az SRTM-mel összevont változat üde rétnek sorolt be (8/C ábra). Itt valószínűleg a LANDSAT változata, tölgy osztály a helyes. Mivel a tölgyerdő „training pixelek” legnagyobb része a domb és hegyvidéki területeken került kijelölésre, a domborzatmodellel bővített műholdképen az osztályozás szinte „letiltja” az alföldi területekről a tölgyerdőt, még akkor is, ha a visszavert hullámhosszak alapján a LANDSAT osztályozása annak sorolta be (8. ábra).
- Hegy és dombvidéki területeken, számos helyen a völgyek szépen kirajzolódnak az osztályozott képeken, mert a tölgyerdőkkel övezett völgytalpakon üde rétek jelennek meg az SRTM-mel bővített kép osztályozásakor (9/C ábra). Ezeken a területeken a LANDSAT kép osztályozása szinte tisztán tölgyerdőt eredményez, itt a völgy egyáltalán nem rajzolódik ki (9/A ábra).

Az alföldi területeken, ahol a domborzat tényezői hasonlóak, de a műholdképen megjelenő növényzet teljesen eltérő, ott a csak a műholdfelvételt felhasználó osztályozás pontosabb értéket ad, mint az SRTM-mel bővített. Ellenben a hegyvidéki területeken, ahol a domborzat szerepe meghatározó, az SRTM-mel bővített kép osztályozása jóval pontosabb eredményt ad. Ennek oka többek között az, hogy a domborzatmodellből csak olyan származtatott tényezők kerültek felhasználásra (lejtőszög, kitettség, magasság), melyek a hegy és dombvidéken változatos értékeken mutatnak, de az alföldi területeken meglehetősen állandóak. Ha olyan tényezőket is figyelembe vennénk, amelyek az alföldeken is változatosságot mutatnak, pl. PDD (Potential Drainage Density) akkor az összevont kép osztályozása minden bizonnyal jobb eredményt adna bármilyen domborzatú területen.



8. ábra: Tölgyerdő osztályba sorolása alföldi területen. A: alap LANDSAT-ből osztályozott kép, B: alap LANDSAT osztályozatlan felvétel, C: LANDSAT + SRTM összevont képből osztályozott állomány

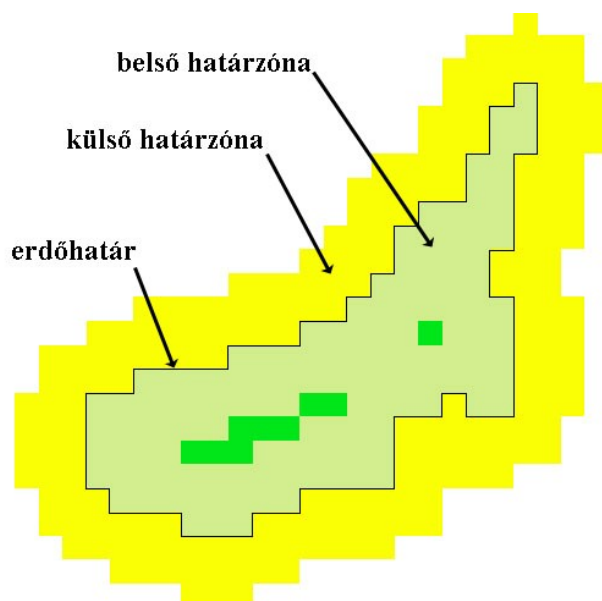


9. ábra: Völgytalpak kirajzolódása az SRTM-mel bővített osztályozott állományon. A: alap LANDSAT képből osztályozott állomány, B: alap osztályozatlan LANDSAT felvétel, C: LANDSAT + SRTM összevont képből osztályozott állomány

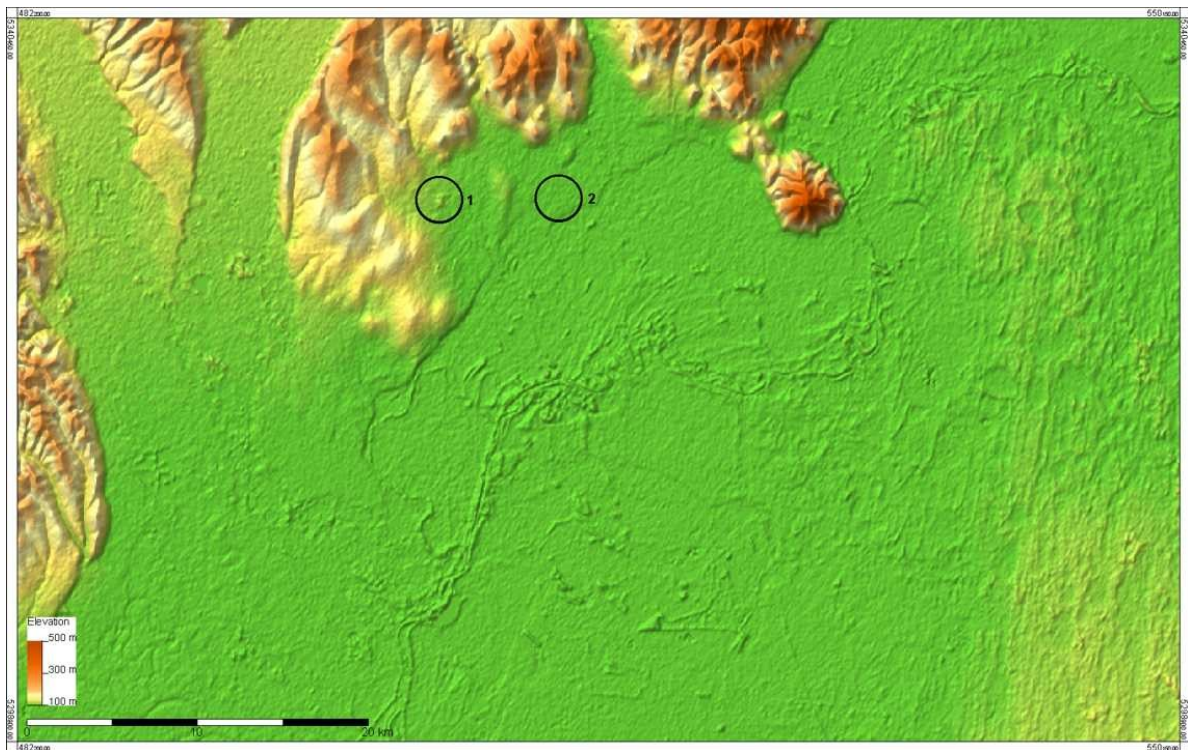
4.3. Az eredmények felhasználása

A 22 osztály megjelenítése után, mivel csak az erdőterületekre volt szükségünk, az osztályokat két csoportba soroltuk: erdő és nem erdő (7/c ábra). Az osztályozott állományban rengeteg elszórt erdő és nem erdő pixelt kaptunk, ami nagyon megnehezítette a kép értékelését és későbbi felhasználását. Ezért lecsökkentettük a különálló pixelek számát, egy 3x3-as majority filterrel. Azért 3x3-as ablakot választottunk, mert az SRTM terepmodell, aminek javítására ez az adatbázis készült 90x90m-es felbontású, a LANDSAT, így az erdőborítottság raszter felbontásának pont háromszorosa. A majority filter egy a képen végigfutó ablak középső celláihoz azt az értéket rendeli, amiből a legtöbb található az ablakon belül. A későbbiekben ezt az állományt hozták fedésbe az SRTM domborzatmodellel és az erdőfoltok alatti terület magasságából kivonták az erdőfoltok széleinél található hirtelen magasságváltozás, letörés átlag magasságkülönbségét. Ezt a következőképpen számítják ki. Az erdőterület határától kifelé és befelé 3-3 pixeles határterületet vesznek fel (10. ábra). Ezek

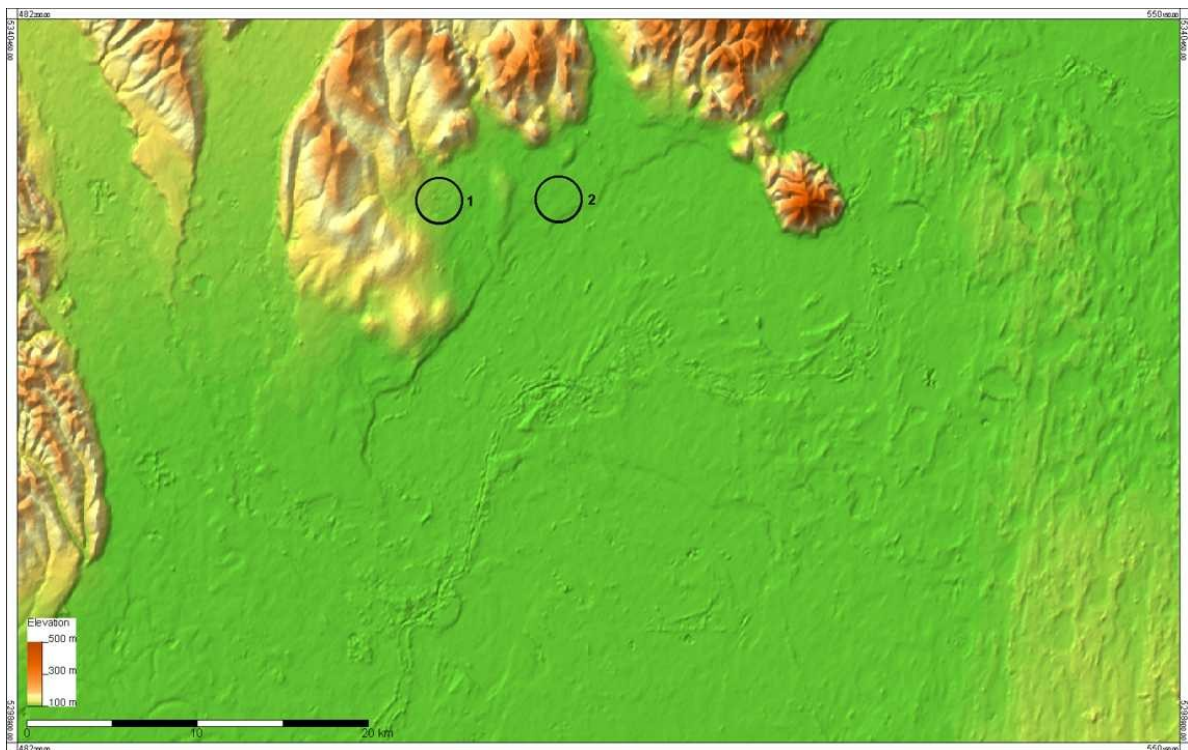
alapján először egy pozitív majd egy negatív relief intenzitást kell számolni. A pozitív relief intenzitást a belső határzónán belül számítjuk ki úgy, hogy az adott pixel magasságértékéből kivonjuk egy adott sugarú körben a külső határzónában található pixelek legalacsonyabbikának magasságát. A negatív relief intenzitás is hasonló, csak ebben az esetben az adott sugarú körben a belső határzónában található legalacsonyabb pixelértéket vonjuk ki. Az erdő magasságát a belső határzóna minden egyes pixelére úgy kapjuk meg, hogy a pozitív relief intenzitásból kivonjuk a negatív relief intenzitást. A belső határzónába nem eső erdőterületek pixeleinek erdőmagasságát pedig a határzóna pixeleiből számított interpolációval kapjuk meg. Ez a módszer annál pontosabb, minél kisebb kiterjedésű az erdőterület és minél síkabb a környezete. Miután minden egyes erőpixelre van erdő magasság értékünk, ezeket kivonjuk az SRTM terepmodellből és ezzel megkapjuk a letisztázott domborzatmodellt (11, 12. ábra) (Bock, Köthe 2009). Ezzel a módszerrel az SRTM-en már esetlegesen nem létező, de az erdőborítottsági térképen még szereplő erdők helyén sem támadnak lyukak, ezeken a területeken a módszer nulla értéket von ki (13. ábra).



10. ábra: erdőterületek magasságának kiszámításához 3-3 pixel szélességű külső és belső határzónán belüli magasságkülönbséget számítjuk. (Bock, Köthe 2009 nyomán)



11. ábra: SRTM terepmodell az erdőmagasságok kivonása előtt (Bock, Köthe 2009)



12. ábra: Erdőmagasságokkal javított SRTM DEM (Bock, Köthe 2009)



13. ábra: Az erdőborítottsági térképen még létező, de az ugyanabból az évből származó más felvételen már nem létező erdők helyén sem támadnak lyukak, ezek területéről nullát von ki a számítás így itt megmarad az eredeti magasság (Bock, Köthe 2009 nyomán).

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az SRTM domborzatmodell magasságadatainak korrigálásához ismernünk kell az erdővel borított területek elhelyezkedését. Ez sokkal pontosabban meghatározható a 30x30m-es felbontású LANDSAT felvételek alapján, mintha a meglévő CORINE adatbázist használnánk. Az erdőterületek meghatározására a hegy és dombvidéki területeken alkalmasabb az SRTM domborzatmodellel kibővített műholdkép, míg az alföldi területeken az alap LANDSAT kép ad jobb eredményt. A főkomponens analízis elvégzése nem okozott szignifikáns különbséget az osztályozott képeken. Az, hogy az alap vagy az SRTM-mel bővített LANDSAT állományt használjuk a földhasználati térkép elkészítéséhez, az erdők lehatárolásához még további vizsgálatokat igényel.

6. IRODALOMJEGYZÉK

CGIAR-CSI 2008. The CGIAR Consortium for Spatial Information <http://srtm.csi.cgiar.org/>

BOCK, M; KÖTHE, R. 2009/1 Processing of SRTM DEM, Kickoff meeting

E. DOBOS, CS, LÉNÁRT, J. TAMÁS 2003. “Raszter-alapú térinformatikai rendszerek” in Térinformatika és CAD szakmai ismeretek, szerk. E. Dobos, Miskolc, ISBN 963 661 601 9

L. MUCSI 1995. “Muholdas távérzékelés és digitális képfeldolgozás I. kötet”, Egyetemi jegyzet, Szeged, 170 p.

R.G. CONGALTON 1991. “A review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data” in Remote sensing of Environment 37, pp. 35-46

BOCK, M.; KÖTHE, R. 2009/2. Development of a complete, artifact cleaned digital elevation model based on available DEM data, General Assembly of e-SOTER FP7 project, Prague 2009.