

Az SRTM adatbázis pontosságának vizsgálata síksági és hegylábi mintaterületeken

Dr. Szabó Gergely

Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék
4010 Debrecen, Egyetem tér 1. Pf.9. szabogergely.geo@gmail.com

Bevezetés, célkitűzés

A geoinformatikai kutatásokban általában egy adatbázisból indulunk ki, melyet vagy mi készítünk el, vagy más által összeállított adatokat használunk fel. Egy ilyen adatbázis felépítése – annak jellegétől függően – kisebb-nagyobb költséggel jár. E költségeket a készítő vagy maga finanszírozza, vagy valamilyen külső forrást keres (pl. pályázat, állami támogatás, stb.). Az adatbázis elkészülte után ez általában a szűkebb – tágabb nagyközönség számára is elérhetővé válik. A saját készítésű adatbázisoknak természetesen óriási előnye, hogy az a kitűzött feladatokhoz lett létrehozva, és optimalizálva, például egy szintvonalakból származtatott domborzatmodellel készített hidrológiai térkép esetében (Szabó Sz., 2004), vagy mezőgazdasági minősítési célú modellezés (Gyenisz P., 2004) esetén.

Hazánkban sajnos a honi készítésű geoinformatikai jellegű adatbázisok sok esetben nem tudnak széles körűen elterjedni, főként a (sok esetben érthetetlenül) magas ár, részben pedig a jogi bizonytalanságok miatt. Ezért egyre szélesedik a más nemzetek által készített, ingyenesen vagy alacsony összegért beszerezhető, geoinformatikai adatbázisok itthoni felhasználása. Ilyen például a régebbi űrfelvételek ingyenes letöltését biztosító amerikai Global Land Cover Facility (*internetes hiv-1*, 2009), a Google Earth, vagy a földfelszín topográfiai viszonyait tartalmazó adatbázisok, mint a GTOPO-30, vagy az SRTM. Ez utóbbi egyre nagyobb népszerűségnek örvend, és sok kutatásban jelenik meg mint alapadatbázis (pl. űrfelvételek ortokorrektója).

Abban az esetben, ha ilyen kész adatbázist használunk, fontos tudnunk annak metaadatait (pl. mikor készült, milyen célra, stb.), valamint azt, hogy milyen pontos az adatbázis, milyen elvárásaink lehetnek vele kapcsolatban. Sokszor találkozhatunk ugyanis azzal, hogy túlzott pontosságot tulajdonítanak egy adatbázisnak, vagy annak bizonyos tulajdonságait nem veszik figyelembe (pl. az SRTM-nél a felszíni objektumok is benne vannak a magassági adatokban).

Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy az SRTM adatbázis mennyire pontos egy topográfiai térképpel összehasonlítva, valamint az milyen mértékben torzul a felszíni objektumok miatt egy hazai mintaterület esetében. Másrészt arra kerestük a választ, hogy van-e összefüggés az SRTM modell hibái és a lejtőkitettségek között.

Az SRTM adatbázisa

A múlt század második felében egyre több kutatás igényelte egy globális digitális domborzatmodell meglétét. Több ilyen adatbázis közül kiemelendő az 1993-ban kiadott

GTOPO-30, mely a teljes Földfelszínt lefedi, és főként hagyományos térképek alapján készült, kb. 1 km-es felbontással (*NPA Satellite Mapping, internetes hiv-2, 2009*).

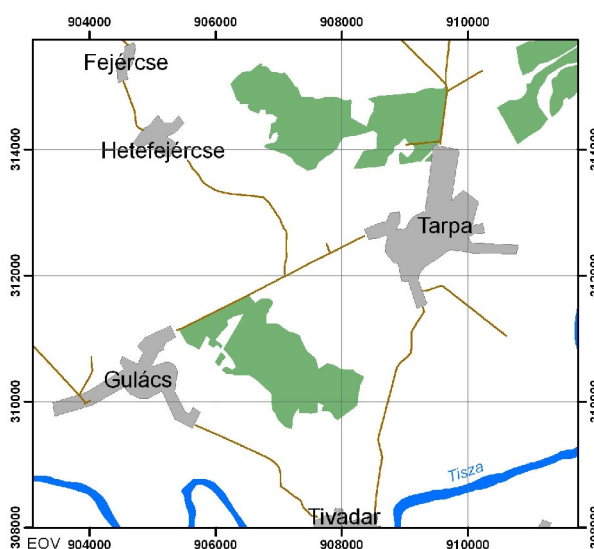
2000-ben az Endeavour űrsikló STS-99 jelű küldetésén végezték a következő minőségi ugrást jelentő adatgyűjtést. Ez volt a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) program. A mérés két berendezés segítségével történt (X-RADAR és SIR-C/X-SAR). Az űrsikló 233 km átlagos felszíni magasságban, 57 fokos inklinációjú pályán keringett, és 149 fordulat alatt gyűjtötte az adatokat. Az abszolút helymeghatározás GPS rendszerrel történt (*Jakob J van Zyl – 2001*).

Az adatbázis földrajzi illesztéséhez régebbi domborzatmodelleket, több ezer illesztési pontot, valamint a fent említett GPS mérések eredményeit használták fel. Az eredeti belső felbontás kb. 30 m volt, de nagyon sok magassági hibával volt terhelve. Ezért szűrést alkalmaztak az adatbázison. Külön figyelmet kellett fordítani a vízfelületek pontos felszínmodellezésére. (Ebben még így is sok hiba maradt, amit majd csak az SRTM-2-ben korrigáltak). Azokon a területeken ahol nem sikerült értékelhető radarvisszhangot rögzíteni (pl. nagyon sima felületek, vagy radarárnyékos helyek), ott a -32768-as értéket rendelték a pixelekhez. Az adatbázis a földfelszínnek csak kb. a 80%-át fedi le, az északi féltekén a 60., a délin pedig az 56. szélességi körig terjed (*Jakob J. 2001*).

Az elkészült adatbázis átlagos vízszintes pontossága Európában 8,8 m, magassági pontossága pedig 6-8 m. (*internetes hiv-3, 2009*).

Anyag és módszer

Vizsgálataink során először arra kerestük a választ, hogy a növényzet milyen mértékben jelenik meg a magassági értékekben, valamint arra, hogy sík területen mekkora hiba mutatható ki az SRTM adatbázis magassági értékeiben. Ehhez egy sík mintaterületet választottunk, ahol a magasságbeli eltérések jórészt a növényzet magasságából adódnak. Az 1. ábrán a Tarpa környéki mintaterület látható.

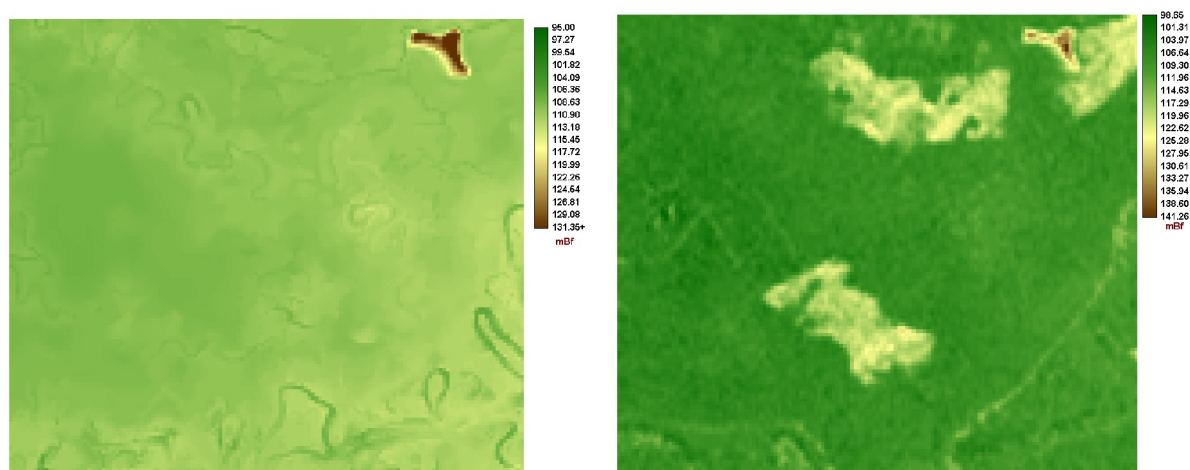


1. ábra. A síksági mintaterület Tarpa környékén az erdőfoltokkal

Ahogy az 1. ábra mutatja, a mintaterületen három jelentősebb összefüggő erdőfoltot találunk. A többi terület főként rét, legelő, szántó, kevés gyümölcsös, és beépített terület. Az összterület kerekítve 72 km².

Az adatbázisok létrehozásához és a mérések elvégzéséhez IDRISI 32 R2 szoftvert használtunk. A kinyert adatokat MS EXCEL és SPSS13 szoftverek felhasználásával értékeltük ki.

Első lépésként 1:10 000 topográfiai térképek segítségével létrehoztuk a mintaterület digitális domborzatmodelljét (a továbbiakban DEM) (2. ábra). Mivel a szintvonalak elegendően sűrűn álltak rendelkezésre, TIN modellt generáltunk. A következő lépésben ezt GRID modellé alakítottuk, hogy az SRTM ugyancsak GRID adatbázisával összevethető legyen. Ezután az SRTM-2 adatbázisából is kivágtuk a mintaterület részletét (2. ábra).

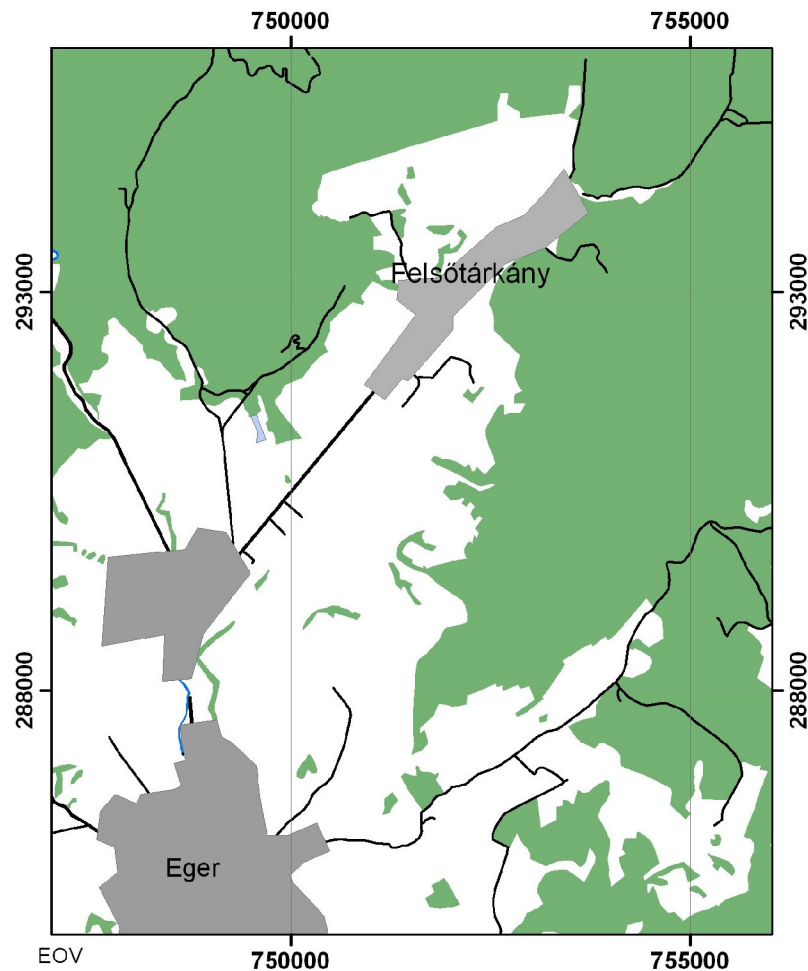


2. ábra. A beregi mintaterület domborzatmodelljei az EOTR térképek (balra) és az SRTM (jobbra) adatbázisa alapján. (ÉK-en a Tarpai-hegy)

A következőkben vektoros poligonokat hoztunk létre légifelvételek segítségével egyrészt az erdőterületekről, másrészt pedig a felszíni kiemelkedésektől mentesnek tekinthető szántókról és rét-legelőkről. Ezeket a poligonokat raszterizáltuk, így kaptunk 1700 erdővel fedett, és kerekítve 11 000 rét-legelővel és szántóval fedett pixelt.

Következő lépésként kivontuk egymásból a topográfiai térkép alapján készített digitális magasságmodellt és az SRTM felületmodelljét. Feltételeztük, hogy az így kapott különbség-adatbázison jól azonosíthatók lesznek az erdők. Ehhez a kapott adatbázist klaszter analízisnek vetettük alá.

Másik mintaterületünk Egeről ÉK-re, a Bükkalján található (3. ábra).



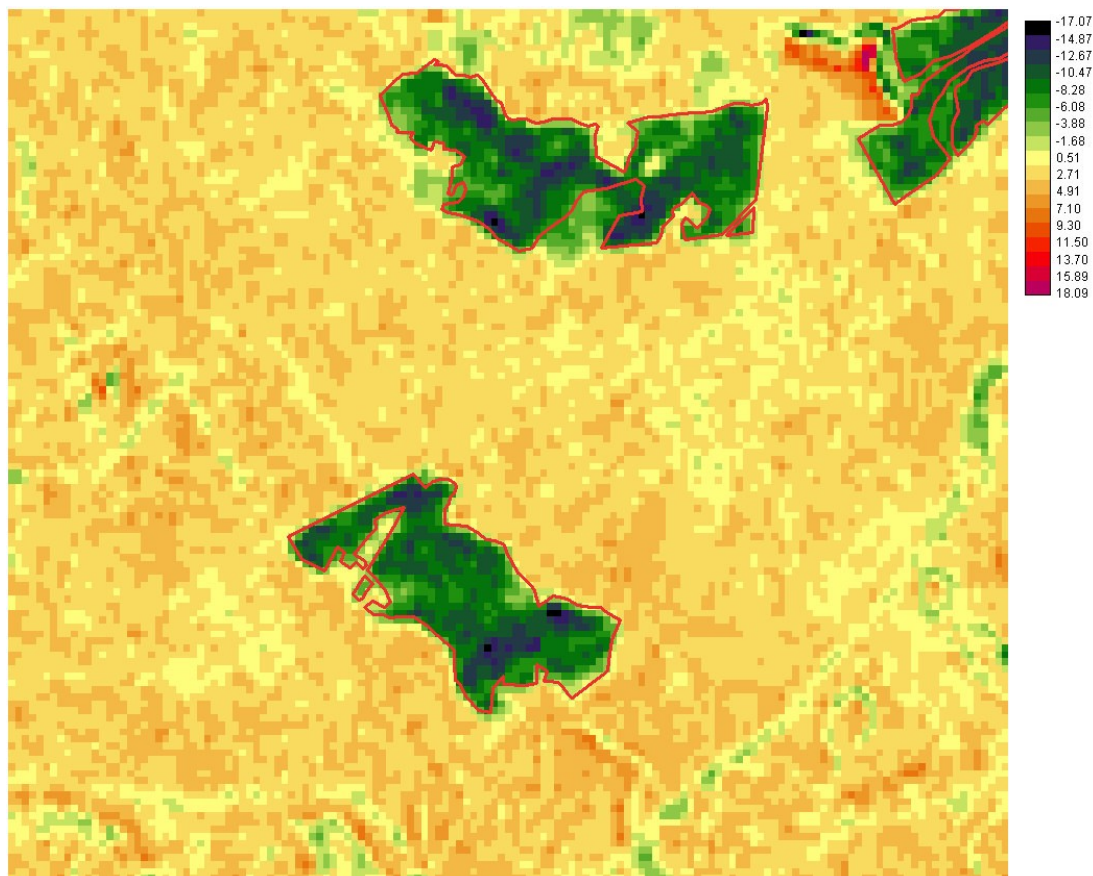
3. ábra. A bükkaljai mintaterület elhelyezkedése és az erdővel fedett területek .

A mintaterület kiterjedése kerekítve 100 km². Ebben az esetben a fő cél a domborzat hatásának a tanulmányozása volt, valamint annak vizsgálata, hogy milyen pontosan georeferálták az SRTM adatbázisát.

E mintaterület esetében is az előzőhöz hasonlóan létrehoztunk egy, a topográfiai térkép szintvonalai alapján generált domborzatmodellt, és igazítottuk az SRTM felületmodelljéhez. Itt az erdős és a jelentős felszíni borítástól mentes (szántó, rét) területek arányosabb eloszlást mutattak. Generáltattunk egy véletlenszerű pontfedvényt, és ennek segítségével hoztunk létre egy kerekítve 15 000 pontból álló adatbázist.

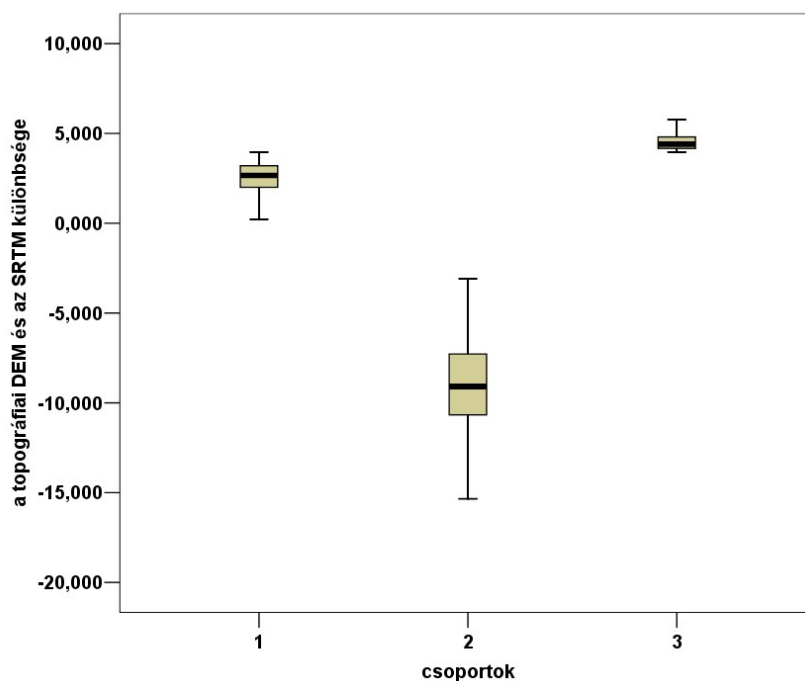
Eredmények

A beregi mintaterületen számított EOTR – SRTM különbségeket a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Az EOTR térkép alapján számított és az SRTM modell különbségértékei (méterben) a beregi mintaterületen (a piros vonal a légifotóról bedigitalizált erdőfoltokat mutatja).

Láthatjuk, hogy a mintaterületen szembeötlően kitűnnek az erdőterületek. Ezek átlagosan 9 méteres szintkülönbséget adnak. Az ábrán negatív értékeként látjuk ezeket, mivel az SRTM nagyobb értékeit (magasabb „felszínét”) vontuk ki a térképi modellből. Ezek alapján megállapítható, hogy az SRTM adatbázisa alapján egyértelműen kimutatható az erdők területe. Ezt alátámasztja az 5. ábra, melyen azt látjuk, hogy a cluster analízis három kategóriájához mekkora különbségértékek tartoznak.



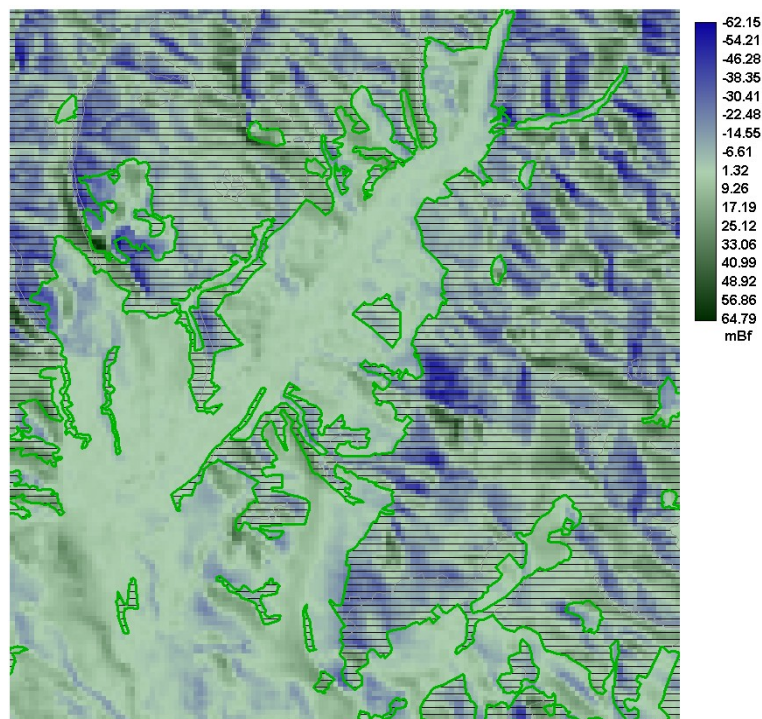
5. ábra. A klaszter analízis három csoportja és az azokhoz tartozó különbségértékek szóródása a beregi mintaterületen (a csoportok magyarázata a szövegben)

Az ábráról leolvasható, hogy az erdők területe statisztikailag is önálló csoportot alkot, mely jól elkülönül a többitől (csoport: 2, $N \approx 1600$).

Az 5. ábrán megfigyelve az 1. osztályt (sík területek, elhanyagolható magasságú növényzettel) látható, hogy a különbségértékek nem 0 m körül alakulnak, hanem attól jelentősen eltérnek. A kerekítve 10 000 pontot tartalmazó csoport átlagértéke +2,5 m, azaz átlagosan ennyivel nagyobb az EOTR térképek alapján számított modell magassága a vizsgált pontokon, mint az SRTM esetében. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a mintaterületen az SRTM átlagmagassága az elhanyagolható magasságú növényzettel borított helyeken átlagosan 2,5 méterrel alacsonyabb, mint amit a területről készített topográfiai térképek alapján várnánk.

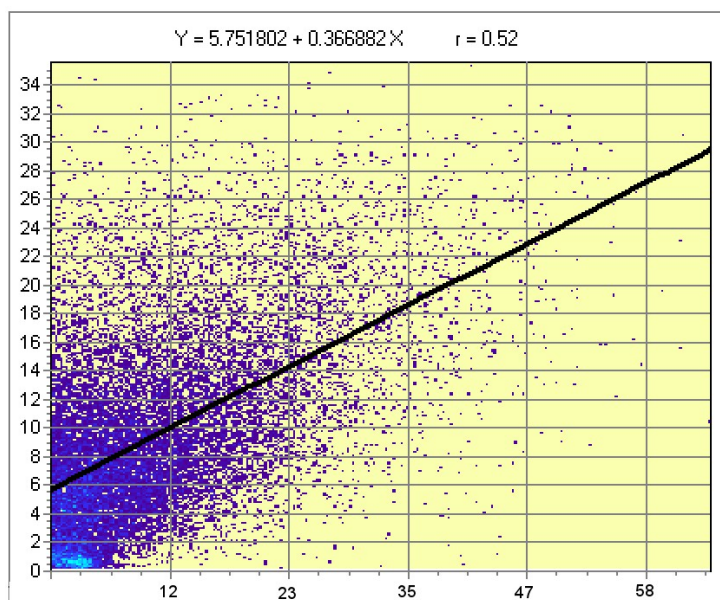
A második osztály egyértelműen az erdők csoportja, mely átlagosan 9 m famagasságot ad a mintaterületen. A harmadik osztály átlagosan 4,5 m-es eltérést mutat, ahol a topográfiai térkép pixele magasabban helyezkedik el. E területek értelmezése további vizsgálatra szorul.

A bükkaljai mintaterületen az előzőeknél lényegesen nagyobb eltéréseket tapasztalhatunk kivonva az SRTM adatbázist az EOTR alapján számított domborzatmodellből (6. ábra).



6. ábra. A bükkaljai mintaterület különbségértékei és az erdők kiterjedése (csíkozott területek).

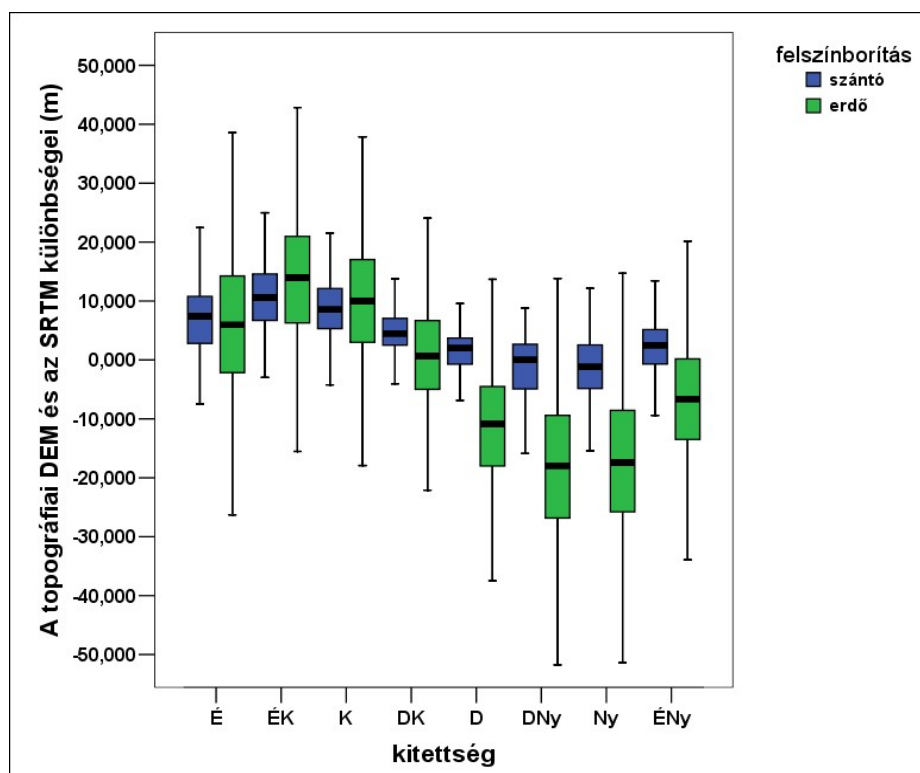
Ennek fő oka a változatosabb reliefben keresendő. Ahogy már említettük, hegyvidéki területeken a radartechnika számára bizonyos területek nehezen letapogathatók (radarárnyék). Megvizsgáltuk, hogy van-e összefüggés a hiba nagysága és a lejtők meredeksége között. A 7. ábrán látható a regresszióvizsgálat eredménye.



7. ábra. Regressziós függvény az EOTR és SRTM modellek különbségeinek abszolút értékei (x tengely) és a lejtők meredeksége (y tengely) között.

A korrelációs együttható értéke 0,52 ($p < 0,05$) lett, ami mutat ugyan kapcsolatot a két változó között, de nem túlzottan erőset. Tehát a hiba nagysága nem (csak) a meredekség függvénye.

A következőkben megvizsgáltuk, hogy van-e kapcsolat a kitettség és a hiba nagysága között. A 8. ábra boxplot diagramján láthatjuk a magassági eltérések értékeit nyolc kitettségi kategória szerinti bontásban.



8. ábra. Az EOTR és SRTM modellek különbségértékeinek szóródása 8 kitettségi kategória alapján

Láthatjuk, hogy mind a mediánok (fekete vízszintes vonalak) mind pedig az interkvartilis félterjedelmek (zöld és kék téglalapok) egy jellegzetes „hullámmást” mutatnak a lejtőkitettségek szerint csoportosítva. Tehát az ÉK-i kitettségű lejtőkön a kétféle modellfelület különbsége az egyik legjelentősebb, mégpedig oly módon, hogy az SRTM felülete több mint 10 méterrel alacsonyabb a valóságnál. A másik nagy eltérést a DNy-i lejtőknél tapasztaljuk, főként az erdők esetében.

A szántók és rétek vizsgált magassági értékeinek mind az átlaga, mind a mediánja 2,9 m, azaz elmondható, hogy hozzávetőlegesen ekkora értékkel alacsonyabb az SRTM adatbázis e területen a topográfiai térképek magasságaihoz képest. A mediánok értéke egy kivételével (Ny) pozitív érték. A legnagyobb eltérés az ÉK-i irány esetében figyelhető meg, itt kerekítve 10,8m.

Az erdők jóval nagyobb szórást mutatnak (16,3 m), ez az érték majdnem kétszerese az előbbinek. A mediánok átlaga kerekítve -3,8 m (azaz ennyivel magasabb átlagosan az SRTM). Az égtájakénti eltérések is jóval nagyobbak: a mediánok közül a DNy-i mutatja a

legnagyobb eltérést ami 17,9 m. Az interkvartilis félterjedelmek jóval (háromszor) szélesebbek (20.8m), mint a szántók esetében (7,1 m). Ennek oka valószínűleg az erdők változó átlagos famagassága.

Felmerült, hogy a 8. ábra hullámzását az SRTM adatbázisának hibás georeferálása okozza. Ezért egy kísérlet keretében mind a négy égtáj felé egy pixellel elcsúsztattuk az SRTM adatbázisát és így vontuk ki azt az EOTR alapján készített modell értékeiből. A következőkben minden egyes értéknél megvizsgáltuk, hogy az adott pixel milyen kitettségi kategóriába tartozik, és ennek megfelelően a különbségértékeket a 8 égtájnak megfelelő osztályokba soroltuk. Az eredmények összesítését az 1. táblázat mutatja (külön szedve az elhanyagolható magassági differenciát okozó növényzettel borított, és az erdővel fedett pixeleket).

1. táblázat. Az SRTM adatbázis 4 irányú elcsúsztatásával és azok EOTR-modellből történt kivonásával kapott átlagértékek, kitettség szerint csoportosítva.

	Alacsony növényzetű területek elcsúsztatása:					
	kvartilisek (%)	északra	keletre	délre	nyugatra	nincs mozgítás
É	25	-2.51	1.35	3.01	-1.87	0.91
	50	1.08	5.12	7.74	2.25	2.34
	75	4.32	6.32	10.33	4.56	4.31
ÉK	25	0.07	-0.27	5.81	7.19	3.73
	50	2.61	1.14	9.49	10.53	5.10
	75	3.75	2.20	12.04	13.65	7.13
K	25	3.77	-2.94	2.99	5.84	3.69
	50	5.03	-1.14	3.86	10.21	4.93
	75	6.63	1.76	5.50	12.70	5.86
DK	25	4.77	-0.98	0.82	3.46	3.37
	50	6.52	1.13	2.30	6.03	4.63
	75	8.89	4.23	3.38	11.42	5.87
D	25	3.85	1.14	-2.40	1.73	2.29
	50	6.38	3.66	0.82	3.77	3.52
	75	9.00	5.30	2.90	5.18	5.16
DNy	25	4.14	3.83	-1.73	-1.22	2.21
	50	5.38	7.09	1.04	0.24	3.44
	75	8.01	8.97	3.42	2.56	5.04
Ny	25	0.66	5.55	1.36	-4.72	1.73
	50	2.63	7.15	3.37	-1.98	2.87
	75	4.17	8.80	5.37	2.14	4.13
ÉNy	25	-1.82	6.27	5.25	-3.40	1.84
	50	1.55	7.50	6.92	-0.36	3.88
	75	3.63	11.37	8.70	2.27	4.93

	erdős területek elcsúsztatása:				
	északra	keletre	délre	nyugatra	nincs mozzgatás
É	-22.50	-6.60	0.77	-10.93	-8.50
	-15.18	-2.54	7.38	-5.11	-3.61
	-9.19	3.23	14.73	-0.36	1.03
ÉK	-11.36	-15.85	3.04	2.93	-4.13
	-5.97	-9.19	6.02	7.21	-0.06
	-1.74	-4.13	11.80	12.21	3.79
K	-2.73	-15.68	-4.57	5.99	-2.81
	1.80	-11.52	0.10	10.89	1.09
	4.91	-6.61	4.76	17.35	3.63
DK	4.97	-13.48	-13.35	4.13	-2.49
	9.36	-8.42	-9.40	9.69	0.42
	14.82	-4.04	-4.28	13.56	3.09
D	4.23	-6.24	-17.71	-4.43	-4.15
	10.18	-0.63	-11.90	-0.26	-1.01
	17.81	3.00	-7.44	4.72	2.09
DNy	-0.47	0.61	-15.58	-16.73	-4.70
	4.21	6.42	-10.38	-9.66	-1.66
	10.43	10.93	-3.59	-3.62	1.45
Ny	-10.48	3.08	-8.21	-27.00	-8.57
	-5.89	8.25	-3.35	-17.81	-4.16
	0.65	14.75	1.40	-7.49	-0.61
ÉNy	-18.83	1.04	-0.93	-21.91	-7.93
	-13.42	6.12	4.10	-13.93	-4.97
	-8.36	11.78	7.32	-8.60	-1.50

A táblázat értékeit megfigyelve látható, hogy bár egyes elcsúsztatott értékek esetében csökken a hiba mértéke, összességében mégis az eredeti adatbázisban kapjuk a legkisebb hibaértékeket. Az eredményeket boxplot diagramokon megjelenítve minden elcsúsztatott adatbázisnál azt tapasztaljuk, hogy a téglalapok „kilengenek”, azaz még nagyobb eltéréseket mutatnak mind pozitív mind negatív irányba.

Összegzés

Az SRTM adatbázis pontosságával kapcsolatban az alábbi megállapításokat tehetjük:

- Az adatbázis pixelei megfelelően georeferáltak a vizsgált mintaterületeken, jelentős mértékű X-Y irányú elcsúszást nem figyeltünk meg.
- Az erdők jól kivehetően és statisztikailag kimutathatóan megjelennek az adatbázisban.
- A vizsgált mintaterületek azon részein, ahol nincs erdő, az SRTM átlagosan 2.5m, illetve 2.9m-rel alacsonyabb, mint a topográfiai térkép alapján számított domborzatmodell.

Hivatkozott irodalom

Gyenizse Péter (2004). Eltérő természeti adottságú tájak mezőgazdasági minősítése térinformatikai módszerrel (DK-dunántúli példákkal) - Tájökológiai Lapok, II./2., pp. 349-364.

Internetes hivatkozások:

- 1.: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat/> letöltés: 2009
- 2.: http://www.npagroup.com/catalogue/shop/gtopo30/gtopo30_readme.htm Letöltés: 2009
- 3.: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf Letöltés: 2009

Jakob J van Zyl – 2001. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. In: Acta Astronautica Vol. 48. No. 5-12. Pp: 559-565.

Szabó Szilárd 2004. Talajtulajdonságok szerepének értékelése egy tájérzékenység-vizsgálat példáján. In: Studia Geographica, vol.13. Debrecen. ISBN 963 472 869 3. P.:152.