

ÚJ SZEMLELETŰ VÍZKORMÁNYZÁS AZ ALFÖLDI ERDŐK KLÍMAADAPTÁCIÓS VÍZGAZDÁLKODÁSÁBAN

Tamás János¹ – Kovács Csaba² – Riczu Péter¹ –
Gálya Bernadett¹ – Herdon Miklós³ – Csiha Imre²

¹Debreceni Egyetem, MÉK, Víz-és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

²NAIK, Erdészeti Tudományos Intézet, Püspökladány

³Debreceni Egyetem, GTK, Alkalmazott Informatika és Logisztika Intézet, Üzleti Informatika nem önálló Tanszék, Debrecen

KIVONAT

A térinformatika, távérzékelés technológiájának egyre szélesebb körben történő használata számos hazai és nemzetközi környezet- és természetvédelmi biodiverzitás-monitoring rendszer kiépítéséhez biztosítja a megfelelő adatnyerési, adatfeldolgozási eszközöket. Ezek az eszközrendszerek hatékony adatgyűjtést tesznek lehetővé, amely jelentősen megkönnyíti az erdészek dolgát. Egy nemzetközi projekt keretében (ChangeHabitats2) hagyományos terepi adatfelvételezésen túl, légi lézerszkennert (légi LiDAR) segítségével mértük fel a NAIK ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomás területét. Célunk volt a Farkassziget nagy pontosságú domborzat- és felszínmodelljének előállítását. A szikes erdős terület talajtípusából adódóan szárazodásra hajlamos, melyet az extrém klimatikus jelenségek továbberősítenek. Így a nagy területről gyűjtött digitális adatok hatékonyan segíthetik a terület vízkormányzását, biztosítva az erdő optimális vízgazdálkodását.

Kulcsszavak: távérzékelés, NATURA 2000 területek, légi LiDAR

BEVEZETÉS

Az Európai Unióban mind nemzetközi, mind hazai szinten kiemelten kezelik a természet- és környezetvédelem helyzetét. Az Európai Unió természet- és környezetvédelmi szabályozásainak általános célja a biológiai sokféleség megőrzése, a változások detektálása és nyomon követése, aminek egyik módja a NATURA 2000 európai ökológiai hálózat létrehozása. Az élőhelyek biodiverzitása szempontjából nélkülözhetetlen azok állapotának és változásainak ismerete és monitoringja. A megfelelő távérzékelési módszerek lehetővé teszik a monitoring naprakész, gyors, pontos, olcsó vizsgálatát, a változások nyomon követését (Demeter et al., 2002; Lóki, 1996).

Számos hazai és nemzetközi tanulmány foglalkozik a távérzékelés technológiájának és térinformatika eszközrendszerek alkalmazhatóságának vizsgálatával erdészeti területen. A vizsgálati céltól függően jelentős eszközpalletta áll rendelkezésre. Az adott erdőállomány vegetációs tulajdonságainak vizsgálatát különféle spektrális eszközökkel

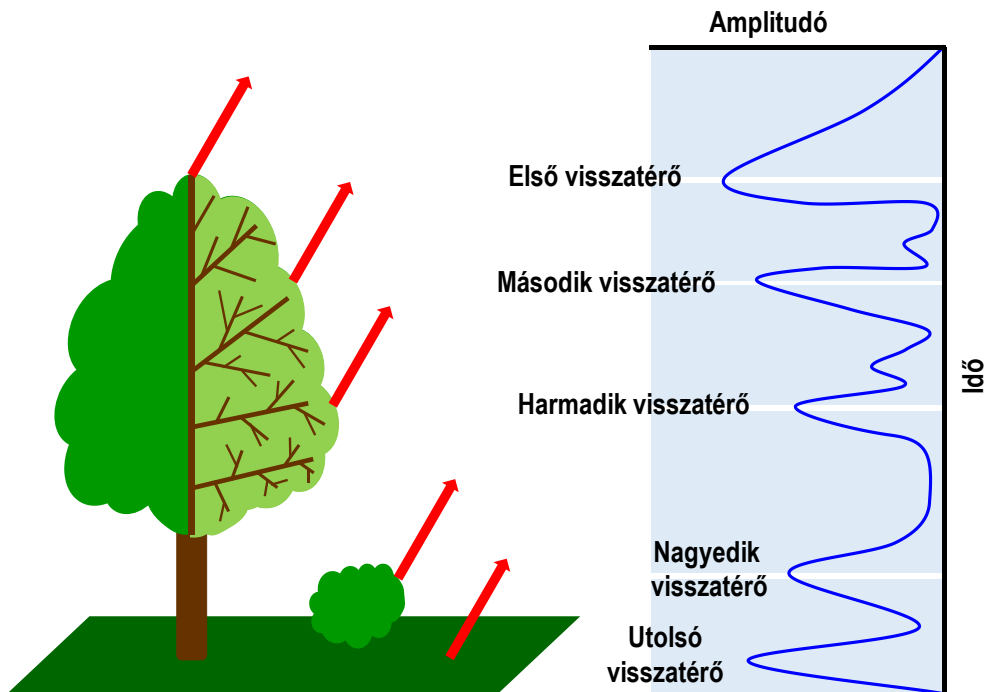
végezhetjük el; amennyiben fajsztűtű elkűlönítést kívánunk végrehajtani, úgy nagy spektrális és térbeli felbontású ún. hiperspektrális kamerák adataira van szükségűnk (Dalponte et al., 2009; Goodenough et al., 2012; Bozsik et al., 2014; Ferreira et al., 2016). Az erdőállomány struktűrájának megismerésének gyors és pontos végrehajtásához nagy felbontású földi vagy légi lézerszkennerekre (LiDAR – Light Detection and Ranging) van szükségűnk. A LiDAR rendszerek többek között alkalmasak a famagasság, a törzsátmérő pontos megmérésére, amely alapján megfelelő módszerrel (esetleg térinformatikai szoftverek segítségével) fatömegszámítás is végezhető (Vosselman és Maas 2010). Maltamo et al. (2007) kutatása rávilágít arra, hogy az adatok 3D-s természetűknél fogva jóval nagyobb potenciállal bírnak, mint a légi vagy űrfelvételek. Ugyanakkor számos modern erdőszeti kutatás kombinálja a lézeres és spektrális technológiát (Kandare et al., 2017; Luo et al., 2017; Sankey et al., 2017).

A légi lézerszkennerek első alkalmazási terűlete a földfelszűn felmérésére irányultak, majd környezeti megfigyeléseket végeztek (Hickman és Hogg 1969; Krabill et al., 1980). A környezeti felmérésekhez szorosan kapcsolódtak az első erdőszeti alkalmazások (Krabill és MacLean 1984).

A légi LiDAR olyan aktív távérzékelési eszköz, amely – felmérésű céltól függően – közeli és közép infravörös, kék-zöld vagy UV tartományű lézerfénnyel pásztázza az adott terűletet. A földfelszűn térképezésére elsősorban közeli infravörös lézerfénnyel használatos (800-1550 nm), annak nagy energiája miatt (Heritage és Large 2009; Vosselman és Maas 2010); ugyanakkor erdőszeti célokra korábban már alkalmaztak ultraibolya tartományban (<380 nm) űzemelő lézerszkennert is (Cuesta et al., 2010). A lézerszkennert műkűdési elve, hogy a műszer kibocsátja a lézerfénnyel, majd egy része elnyelődik (abszorbeálódik), egy része áteresztődik (transzmittálódik), egy része pedig visszaverődik (reflektálódik). A lézerszkennert detektora a visszavert sugárzást méri, így határozza meg az adott objektum, illetve felszűn, műszertől való távolságát, miközben méri a visszaverődés intenzitását is (Shaker és Ashmaw 2012). A légi LiDAR rendszerek esetében gyakran használnak ún. nutáló tűkrűs szkennert (Vosselman és Maas 2010). A rendszer lényege, hogy a lézernyaláb eltérítését végzű tűkrű forgástengelye és a lézersugár iránya 45°-os szűget zár be. A tűkrű és a forgástengelyre merőleges sík által bezárt szűg növeli a fény törésszűget és a fény irányának nutációját eredményezi, így a mérési pontok egy jellegzetes ellipszishez hasonló alakzatban helyezkednek el. Ennek a mérési technológiának az előnye, hogy egyes pontok kétszer kerülnek szkennelésre, így a kalibrálás során is felhasználható (Verőné Wojtaszek, 2010), másrészt a szkennelésű mintázatnak köszönhetően a domborzat, illetve a felszűn felmérése is megtörténik (Wehr és Lohr 1999).

A 3D-s lézeres felmérés a LiDAR technológia fejlődésével egyre több információt biztosít a felhasználók részére. A légi lézeres adatok általános tárolási formátuma (LAS) 2003-ban vált egységessé (ASPRS, 2003), de néhány év alatt a többszűrű visszaverődésből származó többletinformáció is elérhetővé vált (ASPRS, 2013; Chauve et al., 2007). Ezt azt jelenti, hogy a lézerszkennertből kibocsátott lézernyaláb elérve a

földfelszín felett elhelyezkedő objektumot több részre szakad, így egy X és Y koordinátához több magassági érték is tartozhat. Ez gyakorlati szempontból különösen fontos, amikor fával, bokrokkal borított területről történik a felmérés (1. ábra).



1. ábra: A visszatérő lézernyalábok strukturálaja
Forrás: Vosselman és Maas (2010) alapján saját szerk.

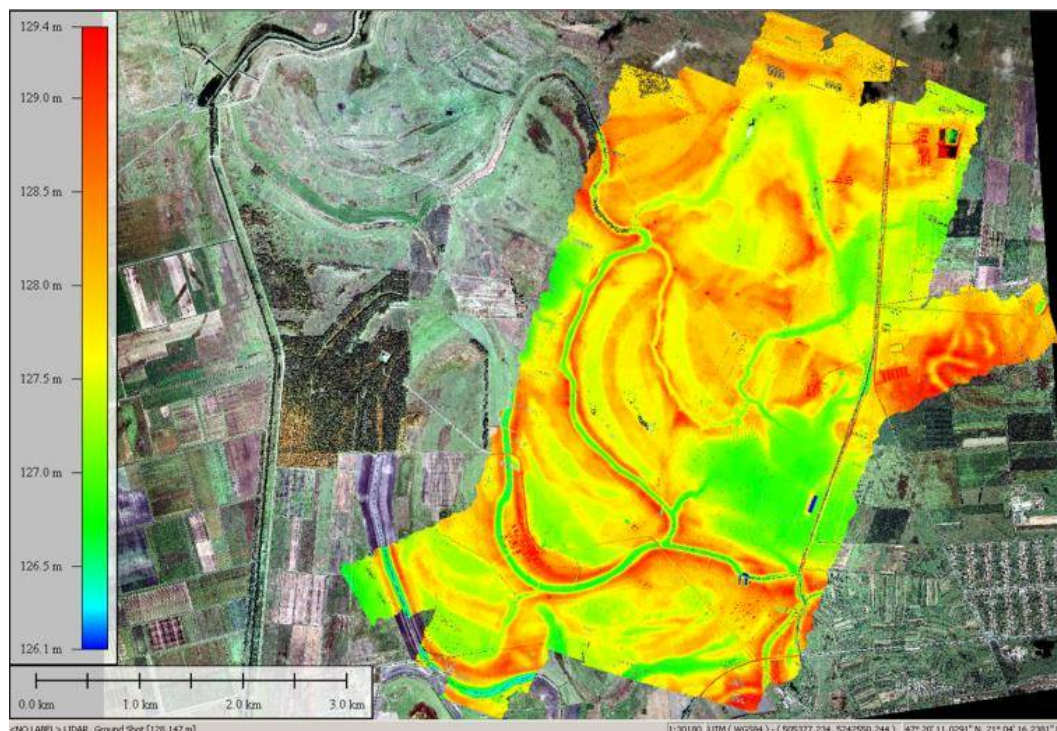
A nagy felbontású LIDAR adatokból származtatható domborzati és felszín adatok hatékony modellezést tesznek lehetővé vegetációval benőtt terület lefolyás-összegyülekezési viszonyainak meghatározására, eróziós és szedimentációs viszonyok modellezésére akár sík területeken is. Ezek a digitális adatok hatékony segítséget nyújthatnak többek között vízgazdálkodási feladatok elvégzésére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A légi lézerekkel két időszakban (nyár eleji és februári felmérés) hajtottuk végre a NAIK Püspökladányi Erdészeti Tudományos Intézetének területén (Farkassziget és Ágota-puszta) egy nemzetközi projekt keretében. Az FP7 Marie Curie ChangeHabitats2

(2011-2014) projekt célja egy – a védett fajok és azok élőhelyeinek a természet megőrzésében fontos szerepet játszó – Natura 2000 területekre irányuló nemzetközi élőhelyvédelmi monitoring rendszer kiépítése.

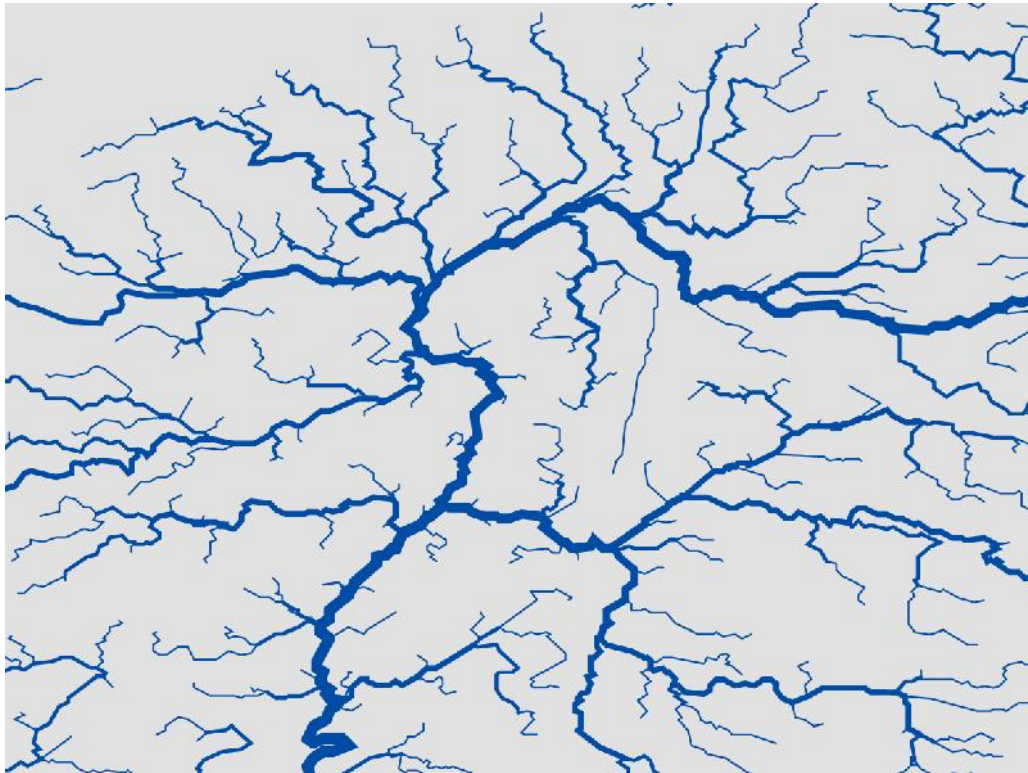
A pontfelhő fotogrammetriai feldolgozása után az adatállományt raszteres adattá alakítottuk át (2. ábra).



2. ábra: A NAIK ERTI Püspökladányi területének domborzati pontfelhője

A detektorba észlelt visszatérési idő alapján a legutolsó visszatérő adatsor a domborzati modell alapja, míg a legelső visszatérő a digitális felszíni borítási raszteres számításának forrása volt. A kettő között további alacsony és magas vegetációs réteg valamint szilárd felszíni objektumok így épületek és utak térbeli elkülönítésére is volt lehetőség. Az alacsony vegetációs pontfelhőből egymásra merőleges irányú irányszűrők segítségével a kidőlt fák helyzete is detektálható volt. A raszteres átalakítás során az átlagos ponttávolság kétszeresét vettük alapul a pixel méret megadásakor. A hidrológia modellezés során általános gyakorlat a 8-32-128 irányú lefolyási értékek számítása után a lefolyási-összegyülekezési vizsgálatok elvégzése. Ehhez a 8 irányú lefolyási számítást szokás használni. Az eljárás sík területen a pixel méretre és annak szomszédossági értékeire nagyon érzékeny. Amennyiben 45°-os forgási értékek mellett a központi pixelnek nem található alacsonyabb értékkel rendelkező szomszédja, ezt egy lefolyástalan katlantként kell kezelnie az algoritmusnak. Sík területen még további hibát

okozhat, hogy az azonos magassági értékek egész zónát fednek le, kvázi „asztal simaságú” területként, amely paralel lefolyási hibát generál. A vizsgálatainkban így egy javított Peuker Douglas – Tarboton algoritmuskombinációt alkalmaztunk, amely a D8 keresés helyett egy végtelen 128 irányú lefolyási szomszédossági vizsgálatot folytat le. Ezzel sikerült a lefolyástalan katlanok hibáit úgy kiküszöbölni, hogy ne kelljen egy mesterséges műterepet létrehozni, hanem a hidrológiailag legvalószínűbb lefolyási mintát hoztuk létre (3. ábra).

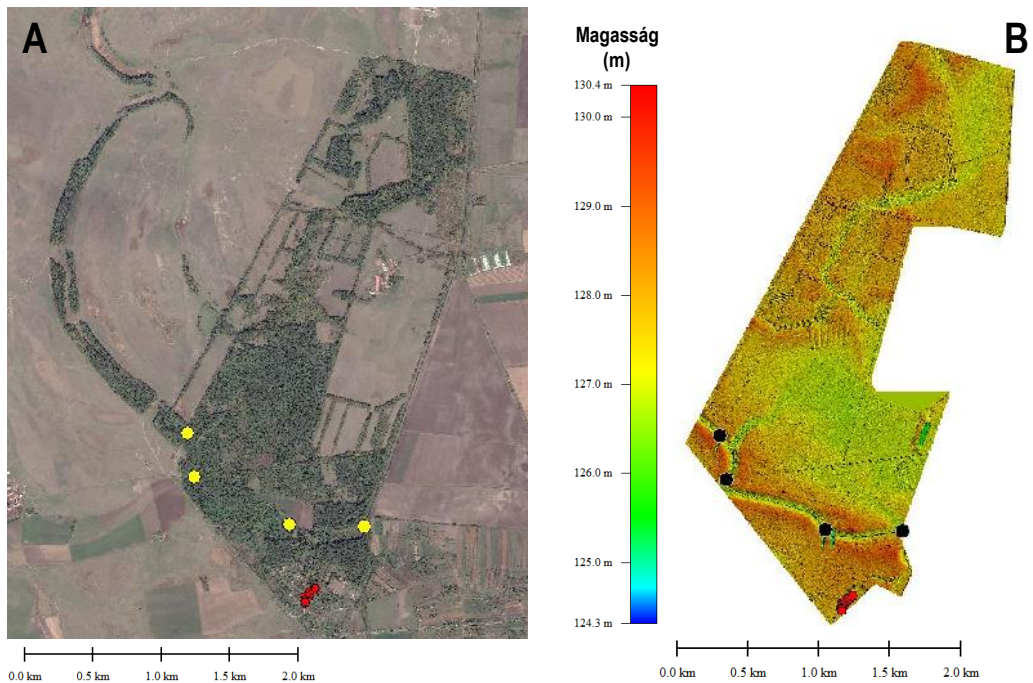


3. ábra: Az erdőrésztlet alatt addig lefolyástalan katlanként értelmezett területen a javított algoritmussal egy a térben jól definiált számított vízhálózatot sikerült létrehozni

EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

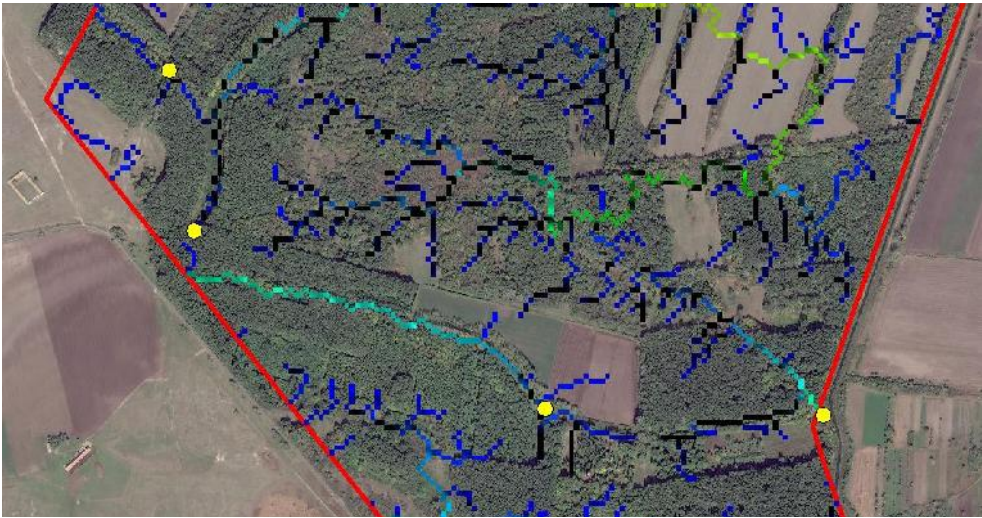
Az előzőekben leírt módszer alapján hidrológiailag modellezett felszínen, a terepen bemért vízszabályzó műtárgyak EOV koordinátáit és küszöbértékeit is raszteresen beégettük. A természetes és mesterséges fakidőlések segítségével tájképileg a környezetébe illeszkedő vízkormányzó eszközökkel is élhettünk, mivel ezeket is az

állománylistában felvételeztük (4. ábra). Ezek pontos helyének áteresztő magassági értékeinek meghatározásához különböző elöntési variációkat lehet szimulálni GIS környezetben.



4. ábra: A vízszabályozó műtárgyak (sárga és fekete színű pontok), valamint a kidőlt fák (piros pontok) pozíciója

A nagy felbontású LiDAR adatok alapján elkészítettük a Farkassziget lefolyás-összegyülekezési viszonyainak térképét (5. ábra), majd a vízszabályozó műtárgyak koordinátáin kvázi mesterséges gátakat hoztunk létre digitális értelemben.



5. ábra: A Farkassziget vizsgált szekciójának összegyűlekezési kivonalazása

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A nagy felbontású légi LiDAR adatok lehetőséget teremtenek a fákkal, illetve bokrokkal benőtt területek domborzatának megismerésére, megfelelő térinformatikai szoftverek alkalmazásával a lefolyási-összegyűlekezési viszonyok pontosan modellezhetők. Ennek megfelelően a lézerszkenneres adatok a konkrét erdészeti alkalmazásokon túl vízgazdálkodási feladatok alapadatául is szolgálhat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a ChangeHabitats2 projekt (Marie Curie - FP7- PEOPLE-2009-IAPP - Grant Agreement Number 251234) támogatásával valósult meg. A publikációban megjelentetett kutatást és annak megjelenését támogatta az EU Leonardo Innovations Transfer “Agroforesterie Formation en Europe - AgroFE” Ref. Number: 2013-1- FR1-LEO05-48937 és az EU Erasmus+ Programme Key Action 2: Strategic Partnership. “Agroforestry – Training – Mediterranean and Mountain” Ref. Number: 2015-1-FR01-KA202-015181 projekt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ASPRS (2013): LAS specification version 1.4 – R13. ASPRS, Bethesda, Maryland. 28 p.
- Bozsik É., Fórián T., Deák B., Riczu P., Fehér J., Heilmeier, H., Tamás J. (2014): Integrált távérzékelési módszerek alkalmazása nagyerdői Natura 2000 területen. *Acta Agraria Debreceniensis*. 55: 19-24.
- Chauve, A., Mallet, C., Bretar, F., Durrieu, S., Pierrot-Deseilligny, M., Puech, W. (2007): Processing fullwaveform lidar data: modellig raw signals. [In: Rönnholm, P., Hyypä, H. – Hyypä, J. (szerk.): *Proceedings of the ISPRS Workshop – Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*]. XXXVI: 3/W52. Espoo, Finland. 102-107.
- Cuesta, J., Chazette, P., Allouis, T., Flamant, P. H., Durrieu, S., Sanak, J., Genau, P., Guyon, D., Loustau, D., Flamant, C. (2010): Observing the forest canopy with a new ultra-violet compact airborne Lidar. *Sensors*. 10 (8): 7386-7403.
- Dalponte, M., Bruzzone, L., Vescovo, L., Gianelle, D. (2009): The role of spectral resolution and classifier complexity in the analysis of hyperspectral images of forest areas. *Remote Sensing of Environment*. 113 (11): 2345-2355.
- Demeter A., Gergely E., Magyar G., Outi A. (2002): Természetvédelem az Európai Unióban [In: Demeter A. (szerk): *Magyarország és a Natura 2000 – I., Natura 2000 – Európai hálózat a természeti értékek megőrzésére.*] ÖKO Rt. Budapest. 12-30.
- Ferreira, M. P., Zorzea, M., Zannotta, D. C., Shimabukuro, Y. E., de Souza Filho, C. R. (2016): Mapping tree species in tropical seasonal semi-deciduous forests with hyperspectral and multispectral data. *Remote Sensing of Environment*. 179: 66-78.
- Goodenough, D. G., Chen, H., Gordon, P., Niemann, K. O., Quinn, G. (2012): Forest applications with hyperspectral imaging. 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. 7309-7312.
- Heritage G. L., Large, A. R. G. (2009): *Laser scanning for the environmental sciences*. Wiley-Blackwell. 288 p.
- Hickman, G. D., Hogg, J. E. (1969): Application of an Airborne Pulsed Laser for Near Shore Bathymetric Measurements. *Remote Sensing of Environment*. 1: 47-58.
- Kandare, K., Ørka, H. O., Dalponte, M., Næsset, E., Gobakken, T. (2017): Individual tree crown approach for predicting site index in boreal forests using airborne laser scanning and hyperspectral data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 60: 72-82.
- Krabill, W. B., Collins, J. G., Swift, R. N., Butler, M. L. (1980): Airborne laser topographic mapping results from initial joint NASA/US Army Corps of Engineers experiment. NASA Technical Memorandum 73287. Wallops Flight Center, Wallops Island, Virginia. 33 p.
- Krabill, W. B., MacLean, G. (1984): Determining forest canopy characteristics using airborne laser data. *Remote Sensing of Environment*. 15 (3): 201-212.
- Lóki J. (1996): *Távérzékelés*. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen. 113 p.
- Luo, S., Wang, C., Xi, X., Pan, F., Peng, D., Zou, J., Nie, S., Qin, H. (2017): Fusion of airborne LiDAR data and hyperspectral imagery for aboveground and belowground forest biomass estimation. *Ecological Indicators*. 73: 378-387.
- Maltamo, M., Packalén, P., Peuhkurien, J., Pesonen, A., Hyypä, H. (2007): Experiences and possibilities of ALS based forest inventory in Finland. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 36 (Part 3/W52). 270-279.
- Sankey, T., Donager, J., McVay, J., Sankey, J. B. (2017): UAV lidar and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA. *Remote Sensing of Environment*. 195: 30-43.
- Tarboton, D. G., Bras, R. L., Rodriguez-Iturbe, I. (1991): On the extraction of channel networks from digital elevation data. *Hydrologic Processes*, 5 (1): 81-100.

- Verőné Wojtaszek M. (2010): Fotointerpretáció és távérzékelés 3. A lézer alapú távérzékelés. Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar. 23 p.
- Vosselman, G., Maas, H. G. (2010): Airborne and terrestrial laser scanning. Whittles Publishing, CRC Press. 336 p.
- Wehr, A., Lohr, U. (1999): Airborne laser scanning: An introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 54 (2-3): 68-82.