

A 3D lézerszkennerek kertészeti alkalmazhatósága

Riczu Péter¹ – Tamás János¹ – Nagy Gábor² –
Nagy Attila¹ – Fórián Tünde¹ – Jancsó Tamás²

¹Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar,
Térinformatika Tanszék, Székesfehérvár
riczu@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az egyre gyorsabb technikai fejlődésnek köszönhetően a távérzékelési eszközök és módszerek egyre korszerűbb alkalmazása mára széles körben elterjedt, vált az élet minden területén (a precíziós mezőgazdaságtól az építészetten keresztül az orvostudományig). A távérzékelési eszközök innovatív fejlődésének vívmányai közül kiemelkedő jelentőséggel bír többek között a 3D lézerszkennerek. A földi lézerszkennerek technológia kertészeti alkalmazhatósága innovációt jelent a precíziós mezőgazdaságban, mivel következtethetünk a fák szerkezetére, az ágak struktúrájára, a lombzat nagyságára, amely számos biofizikai paraméter meghatározásában nyújthat segítséget. A Leica ScanStation C10 földi lézerszkennerekkel a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepen végeztünk méréseket. A cikkben kívánom bemutatni a lézerszkennerek működési elvét, paramétereit, valamint kertészeti alkalmazhatóságát.

Kulcsszavak: lézerszkennerek, LIDAR, precíziós mezőgazdaság, 3D modellezés

SUMMARY

As a result of the technological development, remote sensing instruments and methods have become widespread in all segments of life (from precision agriculture through architecture to medicine). Among the innovative development of remote sensing instruments the 3D laser scanner is overriding importance. The horticulture applicability of terrestrial laser scanning technique is innovation in the precision agriculture, because it could be determine the structure of trees and branches, the canopy extension, which can help to recognize some biophysical parameters. The examination was carried out with Leica ScanStation C10 terrestrial laser scanner in the Study and Regional Research Farm of the University of Debrecen near Pallas. In this article I present the measuring principle, the parameters and horticulture applicability of the terrestrial laser scanner.

Keywords: laser scanning, LIDAR, precision agriculture, 3D modeling

BEVEZETÉS

Napjainkban a gyors információ-technológia fejlődése olyan módszereket ad a kezünkbe, mint a globális helymeghatározás, térinformatika, távérzékelés, amikkel a földfelszín élő- és élettelen részeit gyorsan, pontosan, olcsón és nagy területeken tudjuk vizsgálni (Burai, 2007). Ez a hármas technológia egyre inkább egységes rendszerbe, egymást kiegészítve, integrált módon jelenik meg és rohamosan fejlődik.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A távérzékelés egy olyan robbanásszerűen fejlődő tudományterület, amely magába foglalja azon technikák, módszerek és eszközök összességét, amelyekkel a földfelszín, vagy egy felszíni objektum megfigyelése anélkül történik, hogy a vizsgált objektum és az érzékelő között közvetlen fizikai kapcsolat alakulna ki (Belényesi et al., 2008). Lóki (1996) szerint ugyanakkor a távérzékelés nemcsak a speciális adatgyűjtést jelenti, hanem azok feldolgozását, valamint kiértékelését is. A távérzékeléssel lehetőségünk nyílik a hagyományos pontszerű földi mintavételi adatok mellett/helyett nagy területekről egyidejűleg információt nyerni (Burai, 2007).

A távérzékelés alapelve a fény és az anyag kölcsönhatásain, valamint azok vizsgálatán alapul. Ezeket a gondolatokat Krinov orosz tudós már az 1930-as években megfogalmazta. A távérzékelés alapja, hogy egy tárgyra beeső sugárzás (E_1) egy része visszaverődik (E_r), egy része elnyelődik (E_a), egy része pedig áthalad a tárgyon (E_t). Ezen mennyiségek egymáshoz viszonyított aránya függ a hullámhossztól (λ). Mindezek alapján felírhatjuk a következő egyenletet:

$$E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda) = E_1(\lambda)$$

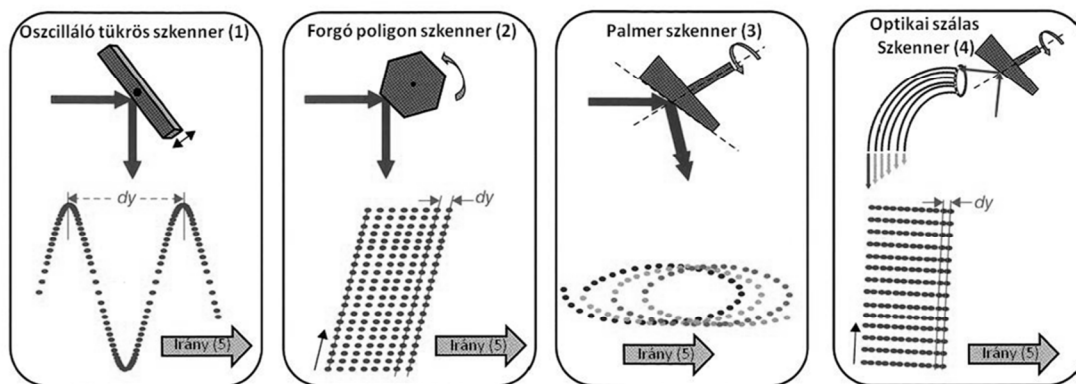
Az egyenletből kitűnik, hogy adott hullámhosszon a visszaverődés, az elnyelődés és az objektumon való áthaladás értékei egyenlők a teljes beeső sugárzás mennyiségével (Aggarwal, 2004). Ezen mennyiségek értéke mindig az adott objektum fizikai jellemzőitől, geometriai szerkezetétől függ. A távérzékelés során a tárgyról visszavert sugárzást (E_r) tudjuk mérni. A távérzékelési eszközök által mért érték alapján tehát közvetve következtethetünk a megfigyelt tárgy fizikai, esetleg kémiai jellemzőire (Molenaar, 1993).

A távérzékelési technikáknak két típusát különböztethetjük meg, úgy mint passzív és aktív távérzékelés. A passzív távérzékelés során a felszínről visszaverődött napsugárzás, vagy az objektumok által kibocsátott sugárzás mennyiségét mérjük (Belényesi et al., 2008). Az aktív távérzékelés során a szenzor maga bocsájt ki elektromágneses sugárzást. A műszerből kisugárzott energiának a vizsgált objektum felszínéről visszaverődött részét mérjük aktív szenzorokkal. Az aktív távérzékeléssel végzett felvételezés napszaktól független. Az aktív távérzékelés elvét már a II. világháborúban is használták, elsősorban radaros (RADAR = Radio Detection And Ranging) felderítésre, amely során a radar-készülék elektromágneses hullámokat generál a mikrohullámú tartományban, amelyeket kisugároz. Ezek a hullámok a földfelszín objektumairól visszave-

rődnek a radarkészülékhez, és a vevő ezeket észleli. Az aktív távérzékelési technikáknak a másik típusa a vizsgált terület lézeres letapogatása (LIDAR = Light Detection And Ranging), amely hasonló a radaros rendszerekhez, csak itt lézerefény pásztázza a felszínt (Belényesi et al., 2008). A lézerszkennerek elemzi a valós világot, illetve az objektum környezetét, miközben adatokat gyűjt a vizsgált tárgy alakjáról, formájáról, esetlegesen külső megjelenéséről (pl. színéről). Az így begyűjtött adatokból tudunk digitális három dimenziós modellt készíteni, ami széles körben nyújt információt számos alkalmazási területen. Óriási előnye a lézerszkenneres felmérésnek a gyors és nagyszámú mért pont, amiből könnyen felépíthető a vizsgált objektum modellje (Lerma García et al., 2008). A 3D modellépítés úgy történhet meg, ha ismerjük a mért pont elhelyezkedését a lézerszkennerekhez viszonyítva. Ezen adott pont távolságának, illetve helyzetének meghatározása három mérési elv alapján történhet:

1. A háromszögelés elve azon alapszik, hogy ismert a lézerekibocsátó és a detektor távolsága, valamint helyzete, továbbá ismert a tárgyra kibocsátott és a tárgyról visszavert lézernyaláb szöge. Így meg lehet határozni a visszaverődés pontos távolságát. Kis hatótávolságú lézerszkennerek esetében alkalmazzák, melyek nagy pontosságúak.
2. A céltárgy távolságát meg lehet határozni a fáziskülönbség mérésével, ami azon alapszik, hogy az objektumra kibocsátott, majd onnan szóródott visszavert fényt begyűjtik, és egy áramkör méri a fáziskülönbséget a küldött és a fogadott hullámok közt.
3. Az időmérés alapján történő lézerszkennelés során a fény állandó sebességgel halad a levegőben. A kibocsátás és a visszaverődés detektálása között eltelt időből határozható meg az objektum távolsága (Lerma García et al., 2008; Vosselman és Hans-Gerd, 2010).

1. ábra: Szkennelési mechanizmusok és az azokból eredő szkennelési mintázat



Forrás: Vosselman és Hans-Gerd, 2010

Figure 1: Scanning mechanisms and resulting ground patterns
Oscillating mirror(1), Rotating polygon(2), Palmer scan(3), Fibre scanner(4), Course(5)

Ahhoz, hogy több pontot tudjunk ugyanabból a mérőállásból felvenni, a lézernyalábot el kell téríteni (1. ábra). A lézer eltérítésére tükröket használnak (Lerma García et al., 2008).

Ahhoz hogy a műszer 3D-s képet alkosson a vizsgált tárgyról, arra van szükség, hogy a vizsgálandó objektumot a műszer több mérőállásból pásztázza, így akár egy több millió pontból álló pontfelhőt kaphatunk eredményként. Az álláspontokat a műszer közös koordináta-rendszerbe helyezi, így alkotja meg a test térbeli helyzetét.

A földi lézerszkennerek kertészetben való használata kevésbé terjedt el. A lézerszkenneres technológia megjelenésétől számított rövid időn belül kezdték a technikát alkalmazni erdészeti alkalmazásokban, míg a kertészeti alkalmazásokban való megjelenése kissé későbbre tehető (Vosselman és Hans-Gerd, 2010). Úgy az erdészeti, mint a kertészeti alkalmazásokban egyaránt a lézerszkenneres technológia segítségével megismerhetővé válik a fa struktúrája, a lombzat nagysága, kiterjedése, amivel számos biofizikai folyamatot képesek vagyunk nyomon követni, a változásokat detektálni (Rosell et al., 2009). A lombzat megismerésével pontos képet alkothatunk a fotoszintézisről, a CO₂-

fluxusról, a növekedés üteméről, a párologtatásról (Li et al., 2002; Pereira et al., 2006; Rosell et al., 2009).

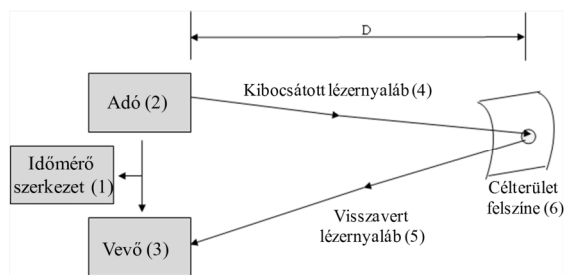
ANYAG ÉS MÓDSZER

A lézerszkenneres méréseket a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepen végeztünk egy jégálmával védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott intenzív almaültetvényben. A Leica ScanStation C10 lézerszkennerek mérési elve (2. ábra) a lézernyaláb repülési idején alapszik: egy adott közegben a fény halad egy véges és konstans sebességgel, a vizsgált objektumot elérő, majd visszajutó fény időkülönbségéből lehet kiszámítani a távolságot.

A mért objektumok pozícióját, gyors meghatározását az akár 50 000 pontmérés biztosítja másodpercenként. A kibocsátott lézerefény 532 nm hullámhosszú. A szkennerekkel – a zöld színű – lézerefénnyel pásztázza a vizsgált objektumot. A lézernyaláb eltérítését egy Smart X-Mirror™ forgó poligon tükrrendszer biztosítja, így készíti el nagy sebességgel a pontfelhőt a műszer. A lézerszkennerekkel maximum 300 m-es távolságig lehet szkennelést végezni, de minél távolabbi

pontot akarunk felmérni, annál nagyobb szkennelési hibával kell számolnunk. A lézertény koherenciája nagy, de a távolság növekedésével a lézernyaláb széttartása is egyre nagyobb. A nagyobb átmérőjű lézernyaláb egyre nagyobb valószínűséggel ütközhet a vizsgált tárgy szélébe. Ez felveti a kevert szélek problémáját, aminek eredménye lehet a távolság meghatározásának pontatlansága. Vegetáció szkennelésénél ez a hiba fokozódik, ugyanis a növényi részek jóval kevesebb síkfelülettel rendelkeznek, mint pl. az épületek. A lézernyaláb széttartása 0,1 mrad; ez azt jelenti, hogy 100 m-en 10 mm-rel növekszik a lézerpont átmérője. Ez az érték – a maximális mérési távolság – 300 m esetén is csupán 3 cm. A Leica ScanStation C10 lézerszkennner fontosabb paramétereit az 1. táblázat mutatja be.

2. ábra: Időmérés elvén működő lézerszkennner sematikus ábrája



Forrás: Lerma García et al., 2008

Figure 2: Time-of-flight laser scanner principle
Clocking electronics(1), Transmitter(2), Receiver(3), Transmitted beam(4), Reflected beam(5), Target surface(6)

1. táblázat

A Leica ScanStation C10 fontosabb műszaki adatai

	Leica ScanStation C10
Szkennelési arány(1)	Max. 50 000 pont/másodperc(2)
Távolság(3)	300 m
Szkennelési optika(4)	Leica Smart X-Mirror automatikusan forgó tükörrendszer(5)
Látómező(6)	270 x 360° FOV
Lézer PRR*(7)	50 kHz
Lézersugár széttartása(8)	0,1 mrad
Mérési elv(9)	Lézernyaláb repülési ideje alapján(10)
Lézersugár színe(11)	Zöld(12) (532 nm)
Pontosság(13)	Pozíció(14): 6 mm; Távolság(15): 4 mm

* PRR – Lézerimpulzusok ismétlési frekvenciája(16) (Pulse Repetition Rate)

Forrás: Leica Geosystems

Table 1: Important product specifications of Leica ScanStation C10
Scan rate(1), Point/sec(2), Range(3), Scanning optics(4), Leica Smart X-Mirror automatically spins mirror-system(5), Field-of-view(6), Laser PRR*(7), Beam divergence(8), Measurement principle(9), Time-of-flight(10), Laser color(11), Green(12), Accuracy(13), Position(14), Distance(15), Pulse Repetition Rate(16)

A lézerszkennner látószöge horizontálisan 360°, vertikálisan 270°. Ez a műszer konstrukciójából adódik, mivel 90°-ban nem lát maga alá a szkennner. A lézer kibocsátó mellett egy integrált digitális kamera is segíti a mérést a pontfelhő kiszínezésében. A beépített 4 megapixeles (1920×1920 pixel) kamera látószöge 17°, így a kupolaszerű, automatikusan térben kiigazított, színes panoráma felvétel 260 képből épül fel (3. ábra).

3. ábra: Az első szkennállás panorámaképe



Figure 3: Panoramic image of the firs scan station

A mérés során 7 szkennállásból mértük fel az intenzív gyümölcsös egy sorát. A vizsgált sor bal oldalán 4 szkennelési pozícióból végeztük el a mérést, ahol a szkennállások kb. 14 m-re voltak egymástól. Ezzel szemben a sor jobb oldalán a 3 szkennállás egymáshoz viszonyított távolsága kb. 24 m volt. A szkennelési területek közötti átfedés biztosította a pontfelhők összeillesztését. Az átfedésekre a pontosság növelése céljából is szükség volt. A felbontás 10 m-en 8 mm volt, ami azt jelenti, hogy a vizsgált sor jobb oldalán is maximum 1 cm-es hibával dolgozott a szkennner.

A pontfelhő feldolgozása a Leica Cyclone 7.1 nevű szoftverrel történt. A szoftverben tisztítottuk a pontfelhőt, de modellezést, valamint mérnöki számításokat is végeztük.

EREDMÉNYEK

A lézerszkennneres felvételezést a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepen végeztünk. A pontfelhő színei jelölik a más-más intenzitási értéket. A pontfelhő tisztítása után kiválasztva a jégálló alatt lévő egy fát, meghatározható annak bizonyos tulajdonságai, úgymint fa- és törzsmagasság, törzsátmérő, lombzat kiterjedése, ág szerkezet megismerése (4. ábra). Az ábrán látható paraméterek a következők: törzsmagasság, a törzs átmérője, felszíne és térfogata.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A lézerszkennneres mérésekkel gyorsan, megbízható, nem destruktív módon megbecsülhetővé válik a vizsgált növény 3D struktúrája. A Leica Cyclone-ban számolható paraméterek segítségével képesek vagyunk meghatározni a fák bizonyos paramétereit, melyek segítséget nyújthatnak a precíziós kertészeti alkalmazásokban. A modellezés során választ kaphatunk a fák

geometriájára, ami befolyásolja a napfény bejutását a fák belsejébe. Az optimális koronaszerkezet kialakítása pedig biztosíthatja a nagyobb terméshozamot.

4. ábra: Egy kiválasztott almafa törzsének modellje és az abból származó paraméterek

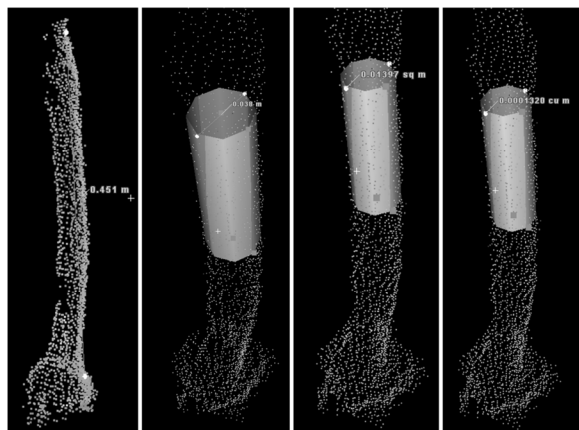


Figure 4: Model of a chosen apple tree's stem and the counting parameters

A továbbiakban mérési módszereket kell kidolgozni a lombzat pontos meghatározására, mivel ha ismer-

jük a lombzat nagyságát, kiterjedését, illetve a levek felületét, úgy a párolgás dinamikájáról kaphatunk pontosabb képet. Mivel a vizsgált pallagi intenzív almaültetvény csepegtető mikroöntöző rendszerrel ellátott, így a továbbiakban lehetőség nyílik egy víz- és energiatakarékos öntözési rendszer kiépítése. Ehhez azonban segítséget nyújthatnak egyéb távérzékelésben használt (pl. hiperspektrális) felvételek (Nagy et al., 2009). A Leica Cyclone lehetővé teszi a fájlok exportálását különböző formátumokban, így más mérnöki szoftverekkel is elvégezhető a modellépítés, ami még pontosabb modellezést és más paraméterek számítását is eredményezheti a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNYÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki Nagy Gábornak és Jancsó Tamásnak, akik Leica ScanStation C10 3D lézerszkennerükkel járultak hozzá a méréshez, valamint Váradi Attilának a Leica Geosystems Hungary Kft. dolgozójának, aki a Leica Cyclone szoftverhez biztosított elérhetőséget. Az itt felsorolt személyek segítették munkánkat a pontfelhők feldolgozásában.

A kutatás a TECH 08-A3/2-2008-0373 és a TECH 08-A4/2-2008-0138 projektek keretében valósult meg.

IRODALOM

- Aggarwal, S. (2004): Principles of remote sensing. [In: Sirakumar, M.V.K. et al. (eds.) Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. World Meteorological Organisation. Geneva. 23–38.
- Belényesi M.–Kristóf D.–Skutai J. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Elméleti jegyzet. Szent István Egyetem. Környezetgazdálkodási Intézet. Gödöllő. 78.
- Burai P. (2007): Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági területeken. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
- Lerma García, J.L.–Van Genechten, B.–Heine, E.–Santana Quintero, M. (2008): Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- Li, F.–Cohen, S.–Naor, A.–Shaozong, K.–Erez, A. (2002): Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. Agricultural Water Management. 55: 1–14.
- Lóki J. (1996): Távérzékelés. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen. 113.
- Molenaar, M. (1993): Remote Sensing as an Earth Viewing system. [In: Buiten, H.J.–Clevers, J.G.P.W. (eds.) Land Observation by Remote Sensing – Theory and Applications.] Overseas Publishers Association. Amsterdam. 27–36.
- Nagy, A.–Tamás, J.–Nagy, I. (2009): Ősziarack ültetvény lombzatának vizsgálata hiperspektrális adatok alapján. [In: Tóth G. (szerk.) LI. Georgikon Napok.] Tudományos Konferencia Kiadvány. Keszthely.
- Pereira, A.–Green, S.–Villa Nova, N. (2006): Penman–Monteith reference evapotranspiration adapted to estimate irrigated tree transpiration. Agricultural Water Management. 83: 153–161.
- Rosell, J.R.–Llorens, J.–Sanz, R.–Arno, J.–Ribes-Dasi, M.–Masip, J.–Escola, A.–Camp, F.–Solanelles, F.–Gracia, F.–Gil, E.–Val, L. (2009): Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2d terrestrial LIDAR scanning. Agricultural and Forest Meteorology. 149: 1505–1515.
- Vosselman, G.–Hans-Gerd, M. (2010): Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Whittles Publishing. CRC Press. 336.