

LÉZERSZKENNER ALAPÚ ALMADETEKTÁLÁS

LASER BASED APPLE FRUIT DETECTION

Riczu Péter^{1*}, Csihon Ádám², Nagy Gábor³, Nagy Attila¹, Tamás János¹

¹ Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

² Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

³ Geoinformatikai Intézet, Alba Regia Műszaki Kar, Óbudai Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

Precíziós kertészet
Intenzív almaültetvény
Lézerszkennelés
Gyümölcsdetektálás

Keywords:

Precision horticulture
Intensive apple plantation
Laser scanning
Fruit detection

Cikktörténet:

Érkezett 2016. január 15.
Átdolgozva 2016. február 28.
Elfogadva 2016. március 31.

Összefoglalás

A minőségi almatermesztés fontos technológiai eleme a gyümölcs betakarítás előtti információk beszerzése, különösen a termés mennyiségének meghatározása, amely alapvetően meghatározhatja a gazdaságosságát és a betakarítását követő, ún. post harvest tevékenységeket (pl. tárolás, logisztika, marketing, stb.). A becslésekre alapozott termésmennyiség meghatározása sokszor igen nagy hibákkal terhelt a kertészeti gyakorlatban. Az informatikai rendszerek fejlődése mára lehetővé teszi a gyümölcsök detektálását. Kutatásaink során a betakarítást megelőzően, 3D lézerszkennel segítségével mértük fel egy intenzív almaültetvény egy részét a Debreceni Egyetem, ATK, Debreceni Tangazdasága és Tájékutató Intézete, Pallagi Génbank és Gyakorlólhelyén. A nagy pontosságú lézeres adatok lehetővé tették a gyümölcsök pozíciójának és mértének megismerését.

Abstract

An important technological element of the high quality fruit growing is acquiring information of pre-harvest features, especially to determine the potential yield mass, which is very important in the post-harvest activities (such as storing, logistic, marketing, etc.). Yield estimation is sometimes affected by errors in the horticultural practice. Nowadays, IT systems can be useful for detecting fruits. In our experiment, an intensive apple orchard was surveyed by a 3D laser scanner before harvest at the Study and Regional Research Farm of the University of Debrecen, nearby Pallag before harvesting. The high accuracy laser data was suitable for identifying the position and the size of fruits.

1. Bevezetés

A minőségi kertészeti termékek előállítása szakszerű termesztéstechnológia hiányában nehezen megvalósítható. Ennek ellenére számos kertészetben a hagyományos fajtaszervezet alkalmazása mellett, termesztéstechnológiai és piaci információhiány is megfigyelhető. Az

* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36-52/508-444/88275; fax: +36-52/508-456
E-mail cím: riczu@agr.unideb.hu

almatermesztés versenyképességének fokozásához, az újabb precíziós kertészeti rendszerek hatékonyságának növeléséhez számos új információt kell felhasználni. Az információk az ültetvényben zajló folyamatok egyre részletesebb tér- és időbeli ismeretét szolgáltatják, így biztosítanak alapadatokat a gyümölcsfák növekedésdinamikai változásainak nyomonkövetéséhez és a termesztéstechnológia optimalizálásához. Az információtechnológia fejlődésének eredményeként ma már olyan eszközök érhetőek el, amelyek alkalmazásával számos olyan téradat gyűjthető egy gyümölcsültetvényben, ami eddig nem volt lehetséges. Ezek a távérzékelési szenzorok nemcsak az ültetvényről, de akár fa szinten is komplex adatgyűjtést végeznek [1; 2], miközben pontos adatokat kaphatunk az ültetvény környezetének (pl. domborzati viszonyok, gyomboritottság) jellemzőiről [3; 4].

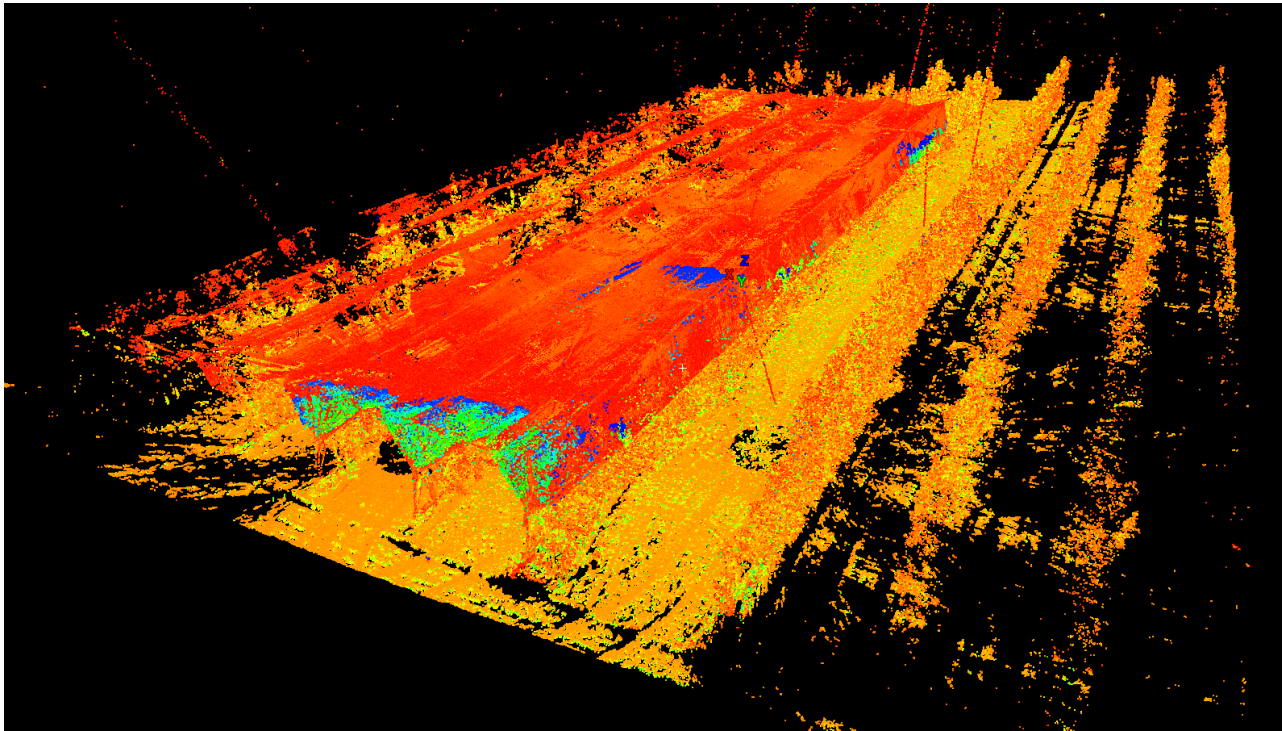
A kertészeti és mezőgazdasági növénytermesztés egyik legjelentősebb információja a mindenkori termés mennyisége és minősége, hiszen ez nagymértékben meghatározza az adott év jövedelmezőségét. A kertészeti gyakorlatban a gazdák tapasztalati úton becsülik meg a termés nagyságát [5], gyakran igen nagy bizonytalansággal. A fejlett távérzékelési eszközök lehetővé teszik a hozamtérképek elkészülését a szántóföldi mezőgazdasági termesztésben [6; 7], viszont a kereskedelmi forgalomban elérhető kertészeti hozamtérképezők ma még fejlesztési fázisban vannak [4]. Linker és Kelman, mesterséges fényforrás használatával, éjszakai méréseik során vizsgálták az almagyümölcsöket [8]. A visszaverődött fény térbeli eloszlását elemezve becsülték meg a tesztfákon a gyümölcsök számát. A gyümölcsök, levelektől vagy ágaktól való elkülönítése hatékonyabb módon végezhető el, ha alakra vonatkozó információkat is hordoznak és/vagy kiegészülnek a távérzékelési adatok [9; 10]. A szín, illetve színárnyalat, valamint az alakinformációk kombinálásával nemcsak a gömb vagy ahhoz hasonló „ideális” alakú (pl. narancs, alma, citrom, dinnye, stb.), hanem az összetettebb formájú gyümölcsök azonosítására, lokalizációjára is van lehetőség [11]. Napjainkban egyre inkább a gyümölcsösökben is terjedőben vannak a 3D lézerszkennerek, melyek segítségével akár térbeli adatok gyűjthetők az ültetvényről, illetve annak környezetéről [1; 12]. A lézerszkennerek elemzi a valós világot, illetve az objektum környezetét, miközben adatokat gyűjt a gyümölcsfák alakjáról, formájáról, esetlegesen külső megjelenéséről (pl. színéről), a gyümölcsfákon található gyümölcsök méretéről és pozíciójáról. Az így begyűjtött adatokból digitális 3 dimenziós modellt készít a szkennerek, így széles körben nyújthat információt a kertészet számos területén. Óriási előnye a lézerszkenneres felmérésnek a gyors és nagy számú mért pont, amiből könnyen felépíthető a vizsgált objektum modellje [13]. A másodpercenként akár több tízezer méréshez elvégzéséhez – a műszer konstrukciójától függően – egy nagy precizitású tükörrendszer segíti a lézernyaláb eltérítését. Ahhoz hogy a műszer 3D-s képet alkosson a vizsgálat tárgyáról, arra van szükség, hogy a vizsgálandó objektumot a műszer több mérőállásból lepásztázza, így akár egy több millió pontból álló pontfelhőt kaphatunk eredményként. Az álláspontokat a műszer közös koordináta-rendszerbe helyezi, így alkotja meg a gyümölcsfák térbeli helyzetét. Jiménez et al., lézer alapú gyümölcs felismerési módszert dolgoztak ki [14].

Kutatásunk célja az volt, megvizsgáljuk a 3D lézerszkennerek kertészeti alkalmazhatóságát, különös tekintettel a termésetektálási területén.

2. Anyag és módszer

Kísérletünket a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep, jégfalóval védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott intenzív almaültetvényben végeztük el, ahol gyümölcsdetektálási feladatot hajtottunk végre. A felmérés két időpontban történt meg. Az előzetes vizsgálatokra 2013 június közepén került sor, majd pedig közvetlenül betakarítás előtt végeztük el az érett gyümölcsök lézeres detektálását a Leica ScanStation C10 3D lézerszkennerekkel. A lézerszkennerek távmérési elve a lézernyaláb repülési idején (Time-of-flight) alapszik. A Leica ScanStation C10 esetében egy zöld színű (532 nm-es hullámhosszúságú) lézertény halad véges és konstans sebességgel. A vizsgált objektumot elérő, majd visszajutó fény időkülönbségéből kalkulálja ki a műszer egyetlen mért pont távolságát. A műszer másodpercenként akár 50 000 pontméréssel biztosítja a vizsgált objektumok pozíciójának gyors meghatározását. Ehhez a lézernyalábot egy speciális Smart X-Mirror™ forgó poligon tükörrendszerrel kell eltéríteni, így készíti el nagy sebességgel az akár több millió pontból álló pontfelhőt a műszer.

A felérések során több szkennállásból mértük fel az ültetvény egy-egy kisebb szegmensét. Az előzetes – június közepén – elvégzett földi lézerszkeneres felmérés során vizsgáltuk meg a műszer kertészeti alkalmazhatóságát. A felmérés során törekedtünk az ültetvény minél nagyobb felületen való felmérésére, így több, mint 1300 nm-en 5 sort mértünk fel, ahol a sorok 50 folyóméter hosszúságúak. Az lézerszkeneres adatállomány több, mint 100 millió lézeres pontmérésből állt (1. ábra).



1. ábra. A lézerszkeneres felmérés során keletkezett pontfelhő modell a vizsgált területről

Az ábrán látható térbeli kivágat színei jelzik lézernyaláb adott felületről való visszaérkezési intenzitásának sajátosságait. A vörös színű terület a jégfaló, melynek anyagi sajátossága révén erősen elnyeli a zöld lézernyalábot és csak viszonylag kisebb mértékben jut vissza a szkener detektorába. A citromsárga és narancssárga színek jelölik a talajt és a növényzetet (gyomnövény és gyümölcsfák).

A betakarítást megelőző felmérés alkalmával 52 gyümölcsöt választottunk ki az elemzések céljából. Elsősorban olyan gyümölcsök kerültek kiválasztásra, amelyek kisebb-nagyobb csoportokban helyezkedtek el. A gyümölcsök tömegét és sűrűségét laboratóriumi körülmények között mértük meg. A sűrűség meghatározása a vízkiszorítás elve alapján történt. A gyümölcsöket egy 2 liter űrtartalmú mérőhengerbe helyeztük, majd törekedtünk arra, hogy a víz teljesen ellepje a gyümölcsöt. A mérőhengerben megemelkedett vízszint alapján határoztuk meg a gyümölcsök sűrűségét.

A digitális úton reprodukált gyümölcsök tömegének meghatározása az utófeldolgozó szoftverekben használható illesztési algoritmus – a legkisebb négyzetek – módszerével történik. Ez a módszer az adott geometriai alak rekonstrukciója során az eltérések négyzetösszegét minimalizálja. A gömb, mint a pontfelhő görbületére legjobban illeszkedő alakzat segítségével meghatároztam a gyümölcsöket szimuláló gömbi térfogatot, majd a számított sűrűségi értékek alapján számítottam ki a tömeget. Több esetben a pontfelhő térsűrűsége jelentősen eltért a levelek és az ágak takarása miatt. Ennek ellenére a pontfelhő görbülete alapján is képesek az alkalmazott programok (Leica Cyclone, Geomagic) az alakzatillesztést elvégezni, még akkor is, ha a pontfelhő nagy része hiányos.

3. Eredmények és azok értékelése

A lézerszkenneres adatok előzetes feldolgozása a műszer saját szoftverében, a Leica Cyclone-ban történt meg. A pontfelhő tisztítása, a gyümölcsfák leválogatása és a gyümölcsök modellezése is itt történt meg (2. ábra). A szoftverekben egy-egy gömböt illesztettünk a gyümölcsök pontfelhőire, melyek térfogatát kiszámoltuk. A modellezett gyümölcsök átlagos térfogata $23,44 \text{ cm}^3$.



2. ábra. Az egyik kiválasztott almafán található gyümölcsök modellezése

Második felmérésünk során hagyományos és lézerszkenneres adatok felhasználásával végeztük el a begyűjtött 52 gyümölcsminta tömegének, illetve térfogatának meghatározását, majd 3D lézerszkenneres adatokkal vetettük össze az eredményeket. A terepi mérés során kiválasztott gyümölcsöket a lézeres pontfelhőből manuális úton különítettük el Leica Cyclone 7.1 szoftverkörnyezetben, majd a további alakzatillesztési feladatok elvégzését a Geomagic Studio 12 utófeldolgozó szoftverekben hajtottuk végre. Az alakzatillesztés, majd térfogat és sűrűség számítás után kiszámoltuk a begyűjtött gyümölcsök tömegét, majd összehasonlítottuk az analitikai mérlegen lement gyümölcsök tömegével. Az eredményekből megállapítható, hogy hagyományosan mért tömeg és a lézerszkennertől meghatározott tömeg között szoros ($r=0,89$) korreláció áll fenn. Az alakzatillesztés azokban az esetekben volt a legpontosabb, amikor több oldalról történt a lézernyalábbal való pásztázás, így a levelek, illetve ágak általi takarás minimalizálódott. Ennek ellenére voltak olyan esetek, ahol csak nagyobb bizonytalansággal, vagy egyáltalán nem tudtuk a lézerszkennelt adatokból meghatározni a tömeget, illetve a térfogatot. A hagyományos úton megmért 52 gyümölcsből mindössze 41-et tudtunk a pontfelhőből detektálni. A lézeres pontfelhő adatai alapján kalkulált „virtuális gyümölcsök” tömege 5,67%-kal volt nagyobb, mint mért gyümölcsöké.

4. Következtetések

A lézerszkenneres technológia kertészeti területen ma még ritkán alkalmazott távérzékelési eszköz, ugyanakkor a technológia akár milliméter pontos adatokat szolgálhat a

gazdák/felhasználók számára. Méréseink során vizsgáltuk, a műszer kertészeti alkalmazhatóságát, elsősorban gyümölcstömeg-becslés során. Térbeli gömbfelület-illesztési algoritmusok alkalmazásával detektáltuk a gyümölcsöket, majd laboratóriumi méréseink során validáltuk a lézerszkeneres adatokat. Az így kidolgozott félautomata technológia további kalibrációval termésbecslési eljárásokra is alkalmas lehet a jövőben. Kísérleteink megalapozhatják az almaültetvényekben a robotizált betakarítást.

Eredményeim alapján megállapítható, hogy a gyümölcsök térbeli modellezésén túl a fák lombszerkezeti sajátosságainak gyors és pontos megismerése akár termésbecslési alapinformációként szolgálhat a termelők számára.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- [1] 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 (9): 1505-1515.
- [2] Kim, Y., Glenn, D. M., Park, J., Lehman, B. L. (2010): Hyperspectral image analysis for plant stress detection. ASABE Annual International Meeting. Convention Center Pittsburgh, Pennsylvania. Paper No. 1009114. 1-12.
- [3] Tamás J., Fórián T., Nagy A., Nyéki J., Soltész M., Szabó Z. (2010): Pilot study for irrigation modelling of a pear plantation. *International Journal of Horticultural Science*. 16 (3): 81-84.
- [4] Usha, K., Singh, B. (2013): Potential applications of remote sensing in horticulture – A review. *Scientia Horticulturae*. 153: 71-83.
- [5] Simon B. (1974): A termésbecslés módszerei. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 380 p.
- [6] Johannsen, C. J., Carter, P. G., Morris, D. K., Erickson, B., Ross, K. (1999): Potential Applications of Remote Sensing. Site-Specific Management Guidelines SSMG-22. Potash & Phosphate Institute. 1-4 p.
- [7] Ferencz Cs., Bognár P., Lichtenberger J., Hamar D., Tarcsai Gy., Timár G., Molnár G., Pásztor Sz., Steinbach P., Székely B., Ferencz O. E., Ferencz-Árkos I. (2004): Crop yield estimation by satellite remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. 25 (20): 4113-4149.
- [8] Linker, R., Kelman, E. (2015): Apple detection in nighttime tree images using the geometry of light patches around highlights. *Computers and Electronics in Agriculture*. 114: 154-162.
- [9] Plá. F., Juste, F., Ferri, F. (1993): Feature extraction of spherical objects in image analysis: an application to robotic citrus harvesting. *Computers and Electronics in Agriculture*. 8 (1): 57-72.
- [10] Wachs, J., Stern, H., Burks, T., Alchanatis, V. (2010): Low and high-level visual feature based apple detection from multi-modal images. *Precision Agriculture*. 11 (6): 717-735.
- [11] Kapach, K., Barnea, E., Mairon, R., Edan, Y., Ben-Shahar, O. (2012): Computer vision for fruit harvesting robots – state of the art and challenges ahead. *International Journal of Computational Vision and Robotics*. 3 (1/2): 4-34.
- [12] Sanz, R., Rosell, J. R., Llorens, J., Gil, E., Planas, S. (2013): Relationship between tree row LIDAR-volume and leaf area density for fruit orchards and vineyards obtained with a LIDAR 3D Dynamic Measurement System. *Agricultural and Forest Meteorology*. 171-172: 153-162.
- [13] 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, Spain. 261 p.
- [14] Jiménez, A. R., Jain, A. K., Ceres, R., Pons, J. L. (1999): Automatic fruit recognition: a survey and new results using range/attenuation images. *Pattern Recognition*. 32 (10): 1719-1736.