

Tecnologia LiDAR en Agricultura de Precisió

Una de les tecnologies que més ha avançat en els darrers anys és la que es basa en el principi de funcionament **LiDAR**, una sigla anglesa per a *Light Detection And Ranging* o, en català, detecció i mesura de distàncies amb llum. D'una manera equivalent a la tecnologia radar i sonar, on es fan servir ones de ràdio i so, respectivament, la tecnologia LiDAR fa servir llum per a detectar objectes i per a estimar la distància entre ells i el sensor.

Bàsicament, els sensors basats en LiDAR emeten polsos de llum i esperen a que els retorni part de l'energia emesa després de rebotar en els objectes del seu voltant. A partir d'aquí el sensor estima a quina distància i en quin angle es troba l'objecte en qüestió. A partir de les dades d'aquests sensors es poden reconstruir les escenes mesurades. Tanmateix, per a fer-ho ens cal integrar aquests sensors en sistemes que inclouen altres components com receptors SSNG, unitats inercials de mesura (IMU), sistemes d'adquisició i altres components. Aquests sistemes se solen anomenar escàners làser donat que la llum que solen fer servir és una llum làser amb una longitud d'ona situada a la zona de l'infraroig proper.

Classificació de sensors basats en LiDAR

En funció del vehicle que s'utilitzi per a desplaçar aquests sistemes, podem parlar d'escàners làser aeris o d'escàners làser terrestres. Els primers poden anar embarcats en drons, avionetes, helicòpter i, fins i tot, en satèl·lits (gedi.umd.edu). Els terrestres poden ser estacionaris, portàtils, quan són transportats per persones, i mòbils, quan són transportats per vehicles.

Pel que fa, concretament, als sensors basats en LiDAR, aquest component dels escàners làser es poden classificar en 1D, 2D i 3D segons el tipus de dades que generen.

Els sensors 1D són aquells que realitzen mesures puntuals de distància o bé de distància i angle. En aquest cas, l'usuari apunta a un lloc concret i el sensor estima la distància. Les mesures obtingudes per aquest tipus de sensors seran una llista de punts i la seva distància i, opcionalment, també l'angle.

Els sensors 2D acostumen a tenir un emissor de llum únic i un mirall rotatiu que el fa sortir en diverses direccions d'un mateix pla d'escaneig. Aquest pla dependrà de la posició del sensor, podent ser vertical, horitzontal o estar inclinat en un determinat grau. Si es mesurar tota una escena, caldrà

Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022



desplaçar el sensor 2D per tal de generar la tercera dimensió i obtenir dades tridimensionals que permetin reconstruir l'escena digitalment. Les mesures obtingudes amb un sensor 2D treballant en estàtic seran les coordenades polars (angle i distància de cada feix de llum) dels punts situats al pla d'escaneig. En cas de desplaçar el sensor integrant-lo en un sistema d'escaneig làser, caldrà determinar la posició del sensor a cada moment per tal d'anar situant cada pla d'escaneig a la seva posició real (**Figura 1**).

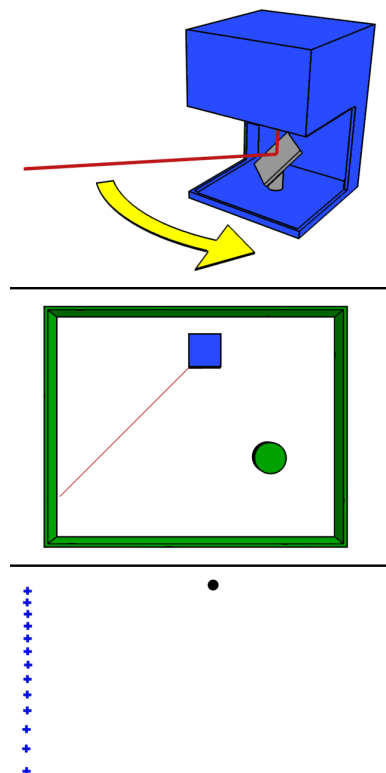


Figura 1. Animació d'un sensor basat en LiDAR. A dalt, vista en perspectiva del sensor. Al mig, vista en planta del sensor i l'escena escanejada. A baix, vista en planta de les mesures obtingudes en un pla d'escaneig (Autoria: Mike1024 a commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3688414).

Finalment, els sensors 3D generen per sí sols dades tridimensionals. Hi ha diferents tecnologies que ho permeten. Una d'elles és que el sensor LiDAR disposi de 2 miralls rotatius per a dirigir un únic feix de llum en diferents direccions de l'espai 3D. Una altra opció és que hi hagi un sol feix de llum amb un sol mirall rotatiu i que sigui el capçal del sensor els que roti per tal de generar diversos plans d'escaneig. Una altra opció és que hi hagi un sol feix de llum que sigui emès en direccions diferents per a generar diversos plans d'escaneig. També hi ha sensors que, en lloc de tenir 1 sol feix de llum en tenen més (actualment, entre 16 i 128) que realitzin mesures simultànies en



senyals plans d'escaneig. Al mercat també hi ha sensors d'estat sòlid que no contenen elements mòbils i que permeten estimar distàncies en una matriu de punts rectangular. En generar mesures tridimensionals, alguns d'aquests sensors es fan servir de forma estacionària. Aquests sensors acostumen a ser els més exactes i precisos. Tanmateix, si es vol mesurar una escena gran o amb racons amagats, caldrà escanejar des de diferents estacions per a tenir tota l'escena capturada i registrar les mesures en un sol sistema de coordenades de referència. Alternativament, altres sensors 3D s'integren en sistemes d'escaneig mòbils, cosa que els permet escanejar escenes més grans de manera més còmoda. Això fa que perdin una mica d'exactitud i precisió respecte dels sistemes estàtics.

Dades dels escàners làser i informació obtinguda

El resultat obtingut després d'un escaneig són una col·lecció de distàncies i angles, coordenades de receptors SSNG i rotacions d'unitats inercials que caldrà processar convenientment per a obtenir el producte final, que, habitualment, és un núvol de punts tridimensional que recrea l'escena escanejada en un espai 3D digital.

En Agricultura de Precisió, les dades obtingues es poden fer servir per a obtenir les dimensions i la geometria del dosser foliar tant de cultius baixos com de cultius arboris (alçades, amplades, seccions transversals i volums). A més, a partir de les mesures LiDAR també es poden obtenir paràmetres estructurals com la porositat del cultiu, l'ocupació de l'espai o la superfície foliar, entre d'altres. Per a determinar alguns d'aquests paràmetres cal establir relacions empíriques amb els paràmetres obtinguts amb mètodes convencionals.

El desenvolupament dels algorismes d'extracció d'informació, dels índex derivats de les dades i la seva aplicació encara estan en fase de desenvolupament però l'ús d'aquest tipus d'informació és molt prometedor en Agricultura i Fructicultura de Precisió.

Aplicacions de les dades 3D a l'Agricultura de Precisió

El resultat del processament de les dades LiDAR pot ser informació del dosser foliar per cada arbre, en plantacions en vas, o bé cada pocs centímetres al llarg de les files, en cultius en línia. Les dades obtingudes es poden fer servir en temps real (*on-the-go*) o bé en Agricultura de Precisió en base a mapes. En aquest darrer cas, donat que tota la informació està georeferenciada, fàcilment es poden crear mapes de la distribució espacial d'algun dels paràmetres obtinguts.



Les aplicacions d'aquestes dades tridimensionals són les següents:

- Estimació dels volum de vegetació d'una manera molt més acurada.
- Detecció i quantificació de la variabilitat en el desenvolupament dels cultius per a la detecció de problemes.
- Estimació del creixement de la biomassa entre 2 dates.
- Ajust de la dosificació de recursos agrícoles a les dimensions del dosser foliar: productes fitosanitaris, fertilitzants, regs, etc.
- Localització d'àrees amb risc potencial de malalties o afectacions.
- Maneig de la capçada amb operacions de poda.
- Estimació de la càrrega de fruits i de les seves dimensions.
- Noves aplicacions que es podran desenvolupar ara que aquest tipus de dades està disponible a un cost raonable.

Al [Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió](#), una de les seves línies de recerca és generar i aplicar dades 3D dins del marc de l'Agricultura de Precisió. A la **Figura 2** es mostra un exemple de dos mapes ràster de volum de vegetació. La seva diferència, píxel a píxel, indica el creixement de la vegetació.

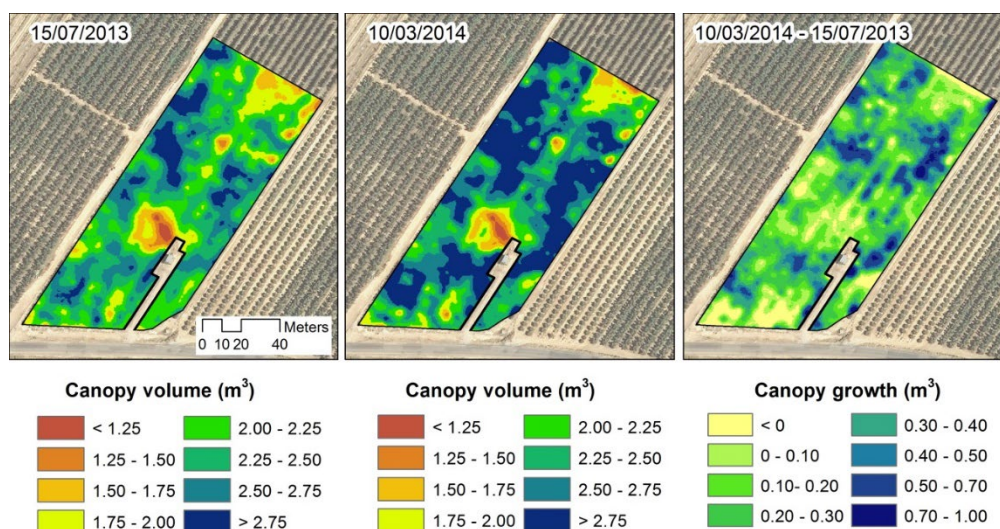


Figura 2. Mapes de volum de vegetació en una plantació d'olivers superintentius en dos dates diferents (esquerra i centre) i mapa de creixement (dreta). Font: [Precision Agriculture 18\(1\), 111-132. DOI: 10.1007/s11119-016-9474-5](#).

Altres tecnologies per a l'obtenció de dades 3D de cultius

La tecnologia LiDAR no és l'única disponible per a obtenir dades 3D de cultius i dels seu entorn. Actualment, també és possible utilitzar càmeres RGB convencionals conjuntament amb tècniques fotogramètriques per a reconstruir escenes agrícola tant des de l'aire (amb drons) com des del terra.





Al mercat també hi ha les anomenades càmeres RGB-D, que a més de generar imatges digitals en color (RGB), a cada píxel li assignen la distància a la que es troba de la càmera.

Tota aquesta oferta convida a pensar que en un futur proper aquestes dades seran fàcilment i econòmicament a l'abast d'agricultors i tècnics.

Fabricants de sensors i de sistemes d'escaneig

A continuació hi ha una llista no exhaustiva ni prioritzada de fabricants de sensors basats en tecnologia LiDAR:

- Sick: www.sick.com
- Hokuyo: www.hokuyo-aut.jp
- Velodyne: velodynelidar.com
- Leica: leica-geosystems.com/es-es/products/laser-scanners
- Ouster: ouster.com
- Riegl: www.riegl.com
- Teledyne: www.teledyneoptech.com
- Trimble: geospatial.trimble.com/products-and-solutions/laser-scanning
- Topcon: www.topconpositioning.com/es/topograf%C3%ADa/escaneig
- Altres

A continuació hi ha una llista no exhaustiva ni prioritzada de fabricants de sistemes d'escaneig portàtils i mòbils:

- Terrestres:
 - Viametris: viametris.com
 - Leica: leica-geosystems.com/es-es/products/mobile-mapping-systems/capture-platforms
 - GreenValley International: www.greenvalleyintl.com
 - Altres
- Aeris:
 - Leica: leica-geosystems.com/es-es/products/airborne-systems ; leica-geosystems.com/es-es/products/laser-scanners/autonomous-reality-capture
 - GreenValley International: www.greenvalleyintl.com/LiAirV70
 - YellowScan: www.yellowscan-lidar.com
 - Riegl: www.riegl.com/products/unmanned-scanning
 - LidarUSA: www.lidarusa.com
 - Altres





Més informació a:

Publicacions científiques del Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió: <http://www.grap.udl.cat/ca/publicacions/Publicacions-cientifiques>

Referències

Libre Sensing Approaches for Precision Agriculture:

Gregorio E, Llorens J. 2021. Chapter 3. Sensing crop geometry and structure.
A: Kerry R & Escolà A (eds). *Sensing Approaches for Precision Agriculture*. Cham, Suïssa. Springer Cham. p. 59-92. ISBN 978-3-030-78430-0.

L'autoria d'aquest document és del Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió i ha estat elaborat per Àlex Escolà amb el suport de Carla Román.



Aquesta obra està sota una llicència de Creative Commons Reconeixement-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022

