

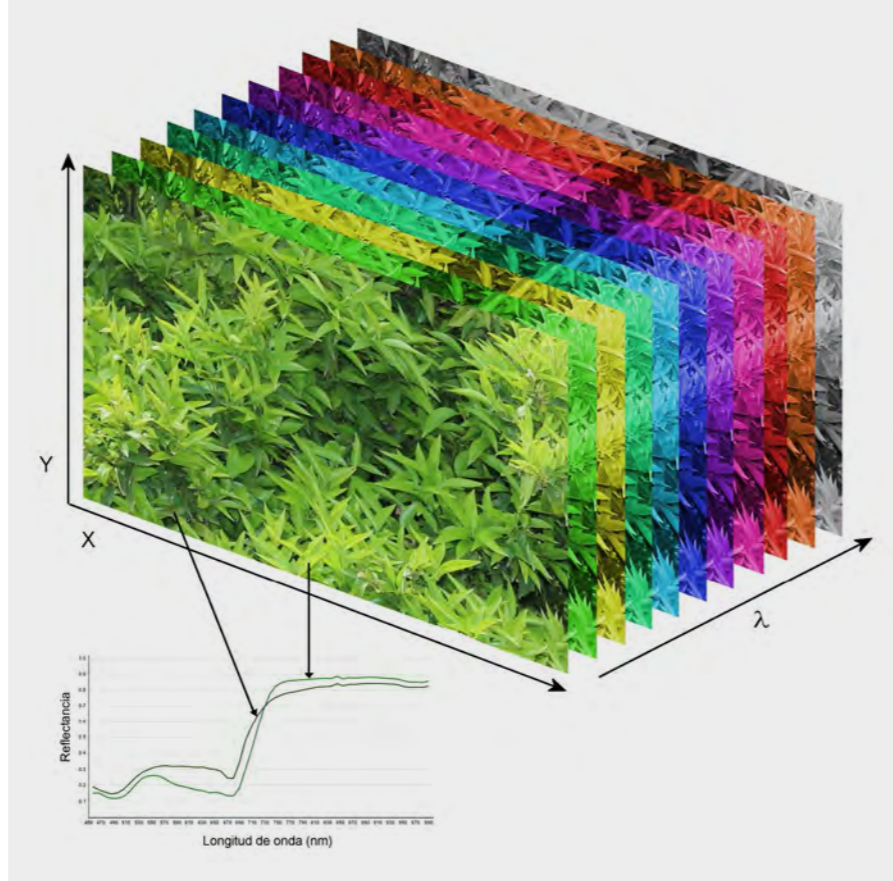
DIGITALITZACIÓ

Intel·ligència artificial i robots al servei del camp valencià

ROBOTS EN EL CAMP

Quan imaginem un robot agrícola no sabem ben bé com imaginar-lo. En la indústria, existeixen robots que automatitzen accions de manera ràpida, idèntica i constant, seguint trajectòries programades i senyalitzades. És relativament senzill programar les tasques en un entorn tan controlat, i la probabilitat que sorgisquen imprevistos és relativament baixa. En canvi, el camp és un entorn complex i imprevisible on no existeixen referències, els objectes estan en qualsevol lloc i a més es mouen, la il·luminació canvia i el terreny és irregular. Per això, els robots agrícoles es dissenyen específicament depenent del cultiu, l'entorn i la tasca que hagen de realitzar.

Existeixen robots amb capacitat de navegació autònoma, capaços de moure's sense supervisió humana. Es programen amb un pla de navegació i empenen sistemes de geoposicionament global (GPS) per a dur-lo a terme. A més, disposen de sensors per a reconèixer l'entorn, detectar el camí i evitar obstacles. En general, es dissenyen i programen per a moure's per cultius



determinats, relativament grans i estructurats, com els extensius, els hortícoles i la vinya. Com alternativa, hi ha d'altres que es piloten per control remot i no necessiten sensors ni algorismes de navegació, la qual cosa redueix el seu cost i complexitat. S'adapten amb major facilitat a qualsevol cultiu i poden fer maniobres més complexes, la qual cosa els fa més versàtils. Per contra, necessiten la intervenció d'un operari que els manege.

Es pot distingir entre els que recopilen informació del cultiu i els que són dissenyats per a automatitzar tasques agrícoles. Els primers recorren el camp recollint informació del cultiu mitjançant uns sensors específics. Les dades recollides es processen i es converteixen en informació útil perquè l'agricultor prengui decisions informades de la forma més anticipada possible. Entre altres coses, permeten detectar plagues o malalties en els primers moments d'infecció, detectar deficiències hídriques o nutricionals de plantes individuals, determinar l'estat de la collita o predir l'aforament amb l'anticipació suficient per a planificar la campanya. Aquesta informació es presenta a l'agricultor en forma de mapes que mostren gràficament com és el seu cultiu i la

variabilitat dins de la parcel·la, i així actuar de manera ràpida i eficaç.

Uns altres robots estan dissenyats per a executar accions específiques de manera automàtica i autònoma, com recol·lectar, birbar, polvoritzar, etc. Utilitzen la informació que arregen els sensors per a observar l'entorn, prendre decisions i aconseguir objectius, com fruites que recol·lectar, herbes que eliminar o plantes que tractar. A més, la seua intel·ligència els permet prendre decisions com, per exemple, determinar si la fruita està madura i llesta per a recol·lectar o establir la quantitat de tractament fitosanitari en funció del volum i l'àrea foliar de la planta. Ambdós tipus tenen en comú els sensors. Els robots deuen percebre l'entorn i per això disposen de sensors de visió artificial, de captació de sons i ultrasons o, fins i tot, de tacte.

Imatge superior. Esquema d'imatge hiperespectral de cítrics que mostra diferents bandes i l'espectre obtingut per a dos tipus diferents de fulles.

ELS SENTITS DELS ROBOTS: PERCEPCIÓ DIGITAL

Els sensors són la forma que els robots tenen d'observar el que els envolta. Es tracta de dispositius electrònics que, generalment, tracten d'imitar els sentits humans. Existeixen sensors capaços de capturar radiació visible i infraroja, incloent-hi radiació tèrmica. Les plantes emeten o reflecteixen aquest tipus d'energia, i la manera com ho fan depèn de components estructurals i bioquímics, com l'àrea foliar, la porositat, la clorofil·la, el contingut d'aigua o la concentració de nutrients. Per això, l'energia emesa per les plantes sanes i malaltes pot ser diferent i es pot detectar mitjançant sensors. Uns altres sensors són capaços de percebre i processar sons, sentir el tacte... I n'hi ha d'altres que capturen informació sobre la seua posició. Els robots utilitzen aquests sensors per a moure's pel camp de manera segura, per a obtenir informació de les plantes que monitoren i per a interactuar amb l'entorn fent operacions agrícoles. Aquests sensors capturen les dades del cultiu mentre el robot avança, georeferenciant cada dada amb la posició aconseguida mitjançant un receptor GPS.



SENSORS QUE PROPORCIONEN INFORMACIÓ EN 2D

CÀMERES DE COLOR

Perceben les escenes i formen imatges combinant els tres colors primaris (roig, verd i blau), imitant l'ull humà. El processament d'aquestes imatges permet diferenciar objectes per forma o color.

CÀMERES MULTIESPECTRALS I HIPERESPECTRALS

Aconsegueixen imatges en rangs espectrals o longituds d'ona específiques, fins i tot fora de la part visible de l'espectre electromagnètic, les quals es poden associar a compostos bioquímics de les plantes.

CÀMERES TÈRMiques

Proporcionen imatges infraroges en les quals cada píxel representa un valor de la temperatura de l'objecte, la qual cosa resulta útil per a detectar situacions d'estrés en les plantes.

SENSORS QUE PROPORCIONEN INFORMACIÓ EN 3D

CÀMERES ESTEREOSCÒPIQUES

Obtenen la distància a un objecte comparant-ne la posició relativa en dues imatges capturades simultàniament amb una certa distància

CÀMERES DE TEMPS DE VOL

Emeten matrius de polsos de llum infraroja que reboten en els objectes i tornen a la càmera. El temps que transcorre entre que s'emeta i rep cadascun dels polsos determina la distància entre la càmera i el punt on ha rebotat, aconseguint així un perfil en 3D de l'escena observada.

ESCÀNERS LÀSER O LIDAR

Aconsegueixen reconstruccions en 3D molt precises emetent polsos d'un feix làser i calculant el temps de retorn del senyal reflectit. El sensor emet un escombratge vertical de polsos i es va aconseguint el perfil 3D de l'escena observada a mesura que el robot avança. Els equips més recents emeten diversos feixos en angles diferents per a augmentar la precisió.

SENSORS DE SONS I ULTRASONS

Emeten un so que es reflecteix en un objecte. El sensor rep el ressò produït i mesura el temps transcorregut entre l'emissió i la recepció. Són especialment útils per a detectar obstacles o masses foliars.

Imatges de dos caquis obtingudes amb diferents càmeres. D'esquerra a dreta, amb càmera de color, d'índex NDVI i tèrmica.





INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I PRESA DE DECISIONS

Ja hi ha robots capaços d'optimitzar els tractaments contra les plagues; de triar el moment òptim de la recol·lecció d'acord amb la maduració, el preu o el temps, i de determinar un adobament personalitzat per a cada planta.

Un dels patrimonis més preuats de la nostra agricultura és l'experiència i els coneixements adquirits al llarg dels anys pels agricultors. Els robots no disposen d'aqueixa experiència, però tenen al seu abast diversos tipus d'eines per a prendre decisions, com una elevada velocitat de càlcul per a actuar en temps real i la possibilitat de percebre coses que les persones no podem, com sentir ultrasons o veure en zones de l'espectre invisibles a l'ull humà, com la ultraviolada o la infraroja. Fins i tot són capaços de «veure» temperatura.

Les imatges i dades capturades pels sensors es processen amb algorismes que busquen característiques concretes. Una alternativa són els algorismes d'intel·ligència artificial (IA). El gran avantatge de la IA aplicada a l'agricultura és que s'alimenta amb dades recollides in situ en el camp, però també amb dades provinents d'altres fonts i d'experiències passades per a resoldre un determinat problema, fer prediccions i actuar en conseqüència.

Els sistemes basats en IA aprenen de les dades que processen per a predir comportaments, detectar anomalies i prendre decisions òptimes. Aquests algorismes poden identificar patrons complexos entre grans quantitats de dades, inferint les seues pròpies regles per a detectar patrons similars en nous conjunts de dades. Actualment, s'està posant molt esforç, a escala mundial, en la investigació i el desenvolupament de sistemes IA específics per a resoldre afers agrícoles. Alguns exemples del potencial avançat d'aquests algorismes, en els quals ja es treballa, són la creació de robots capaços de (i) optimitzar tractaments en funció de les característiques de la planta o de la probabilitat d'incidència de plaga, (ii) decidir recol·lectar cada fruit en funció de la seua maduresa comercial, però també de la predicció del temps o del preu que pot aconseguir en el mercat o (iii) realitzar un diagnòstic nutricional de cada arbre de manera que s'adobe segons les necessitats de cada planta.



Imatge superior. Imatge de color separada en les seues bandes verda i blava per a segmentar la vegetació (fulles) de la resta de la imatge mitjançant l'histograma.

Fig. 1. Reconstrucció 3D d'un cultiu de caqui.

ENLLAÇOS WEB

Fig. 2. Robot per al monitoratge de cultius hortícoles desenvolupat en el Centre d'Agroenginyeria (IVIA). La imatge mostra la primera versió del robot.

Fig. 3. Robot per al monitoratge de cultius llenyosos desenvolupat en el Centre d'Agroenginyeria (IVIA).



TRANSMISSIÓ DE LA INFORMACIÓ

Els robots s'han de comunicar per a transmetre dades o informar de situacions anòmales. Les transmissions dels robots en camp poden ser mitjançant xarxes sense fils wifi, xarxes de baixa potència i àrea àmplia LPWAN o sistemes de comunicacions 4G/5G. Cadascun té les seues característiques i limitacions, però existeixen àrees agrícoles sense cobertura i no sempre poden comunicar-se i transmetre dades, per la qual cosa estan equipats amb sistemes d'emmagatzematge de dades. En aquests casos, en finalitzar una missió, les dades recopilades es poden enviar per wifi a un servidor que centralitza les dades i els processa per a extraure la informació útil i posar-la a la disposició de l'agricultor mitjançant informes interactius, recomanacions o mapes on es representa visualment l'estat del seu cultiu. Una vegada analitzada, la informació es pot facilitar a l'usuari a través d'internet de manera que la pugui consultar en el seu ordinador, tauleta o telèfon mòbil.

El futur de les tecnologies de comunicació d'alta velocitat, com les basades en xarxes 5G, ajudarà al fet que unes certes labors es realitzen en temps real, processant gran quantitat de dades obtingudes pels sensors en potents servidors remots localitzats en el núvol i rebent la informació necessària per a l'actuació.

ROBOTS EN L'AGRICULTURA VALENCIANA

Els nostres competidors estan adoptant ràpidament aquestes tecnologies en la seua producció agrícola. Els principals fabricants mundials de robots agrícoles són estrangers, principalment del Japó, els Estats Units, Austràlia, França, Alemanya i Holanda, per la qual cosa molts robots comercials estan dissenyats per a les condicions i necessitats dels cultius d'aquests països. No obstant això, les nostres explotacions i condicions de cultiu són molt diferents. Un dels majors problemes a l'hora d'introduir tecnologia robotitzada a la Comunitat Valenciana deriva de les característiques de les nostres parcel·les, generalment de molt xicoteta grandària i amb marcs de plantació estrets que compliquen l'ús de maquinària.

Per això, necessitem solucions adaptades a les nostres condicions de cultiu, creant tecnologia local. L'Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA) ha apostat per aquestes tecnologies, liderant diversos projectes relacionats amb la robòtica i la transició digital i ecològica, com «Robot elèctric autònom intel·ligent per a una agricultura digital i sostenible a la Comunitat Valenciana (AgriSmartRobot)» i «Tecnologia intel·ligent per a una agricultura digital, sostenible i precisa a la Comunitat Valenciana (AgrIntel·ligència-CV)». Ja s'han desenvolupat dos robots agrícoles elèctrics i de xicoteta grandària; un per a monitorar cultius hortícoles (Figura 2) i un altre per a cultius llenyosos (Figura

3). I s'està desenvolupant un tercer robot autònom. Aquests robots s'alimenten amb bateries i disposen de tots els sensors necessaris. Inicialment, es van fer per a la detecció precoç de plagues i malalties. En l'actualitat, el seu ús s'està estenent cap a l'anàlisi de sòls, la predicció de l'aforament (cítrics) o el diagnòstic nutricional en cultius com els cítrics, el caqui o l'alvocat. A més, s'està treballant en el desenvolupament d'un nou robot per a recopilar dades dels cultius amb navegació autònoma, de tecnologia valenciana i adaptat a les nostres condicions de cultiu.

AGRAÏMENTS

Aquest treball és part dels projectes «Smart autonomous electrical robot for a digital and sustainable agriculture in the Valencian Community (AgriSmartRobot)», cofinançat per MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (ED2021-130117B-C31) i per UE NextGenerationEU/PRTR, i «Tecnologia intel·ligent per a una agricultura digital, sostenible i precisa a la Comunitat Valenciana (AgrIntel·ligència-CV)», cofinançat per la Generalitat Valenciana-IVIA (52204) i FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

>Autors de l'article:

Jose Blasco, Enrique Aguilar, Carlos Ruiz-Catalá i Sergio Cubero
Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), Centre d'Agroenginyeria.
blasco_josiva@gva.es