



GROPERBOT - SISTEMA ROBÒTIC AUTÒNOM PER A L'APLICACIÓ DE GEORADAR AL SÒL AGRÍCOLA

Juny 2023

Fitxa final

INFOGRAFIA



RESUM

L'activitat demostrativa proposada consisteix en prototipatge i validació d'un sistema robòtic autònom per la detecció i monitoratge de la humitat del sòl, tant a nivell de superfície com de subsòl. L'objectiu principal és transferir al camp les tecnologies de robòtica mòbil i d'inspecció autònoma del terreny agrícola.

Per assolir l'objectiu, el sistema planteja la integració, en un únic prototip, de diferents tecnologies ja provades: la robòtica mòbil autònoma, el radar de subsòl o GPR, el reconeixement i classificació automàtics amb *machine learning*, i la presa de decisions autònoma basada en les dades sensorials. Aquest prototip serà el validador d'aquestes aplicacions en agricultura.

Com a resultat s'obindrà un sistema autònom que ofereix a l'agricultor/gestor/tècnic control sobre on i quan recollir les dades per optimitzar els recursos hídrics. La tecnologia és escalable a diferents extensions, cultius i terrenys, i es demostrarà en un entorn real de camp. Els resultats es difondran a la comunitat i als sectors de l'àmbit, i s'identificaran altres aplicacions potencials, com poden ser: identificació de l'estat de maduresa i salut de tubercles i plantes, mapatge de cultius i d'arrels d'arbres i caracterització del subsòl, identificant zones contaminades, fondària al nivell freàtic, tipus de sòl, localització del substrat rocós, etc.

S'espera que la tecnologia tingui un elevat impacte per una gestió més racional de l'aigua de reg, i també en futures aplicacions del GPR autònom a altres aspectes de l'agricultura. D'altra banda, el projecte contribuirà a la digitalització, automatització i electrificació del camp, reduint costos, impacte i temps en els processos d'inspecció del subsòl, incrementant la qualitat laboral i la productivitat.

1. Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és demostrar l'aplicabilitat de sistemes autònoms de detecció electromagnètica a la identificació de propietats del sòl agrícola, en particular a la detecció de la humitat del sòl a diferents profunditats. Aquest objectiu es realitzarà mitjançant la creació d'un prototip de robot autònom d'inspecció del terreny, basat en la convergència de tecnologies de radar de subsòl, *machine learning*, navegació autònoma i disseny de robots mòbils. Es tracta, d'un projecte de transferència de tecnologia a l'entorn agrícola en un ús que pot beneficiar una gran varietat de sectors agrícoles.

El sistema integrat es proposa com una eina per a l'agricultura de precisió, per assolir un estalvi de recursos i una major eficiència a la producció agrícola. En particular, el sistema de GPR robòtic mòbil ha de ser capaç de planificar la inspecció d'un terreny, de navegar de manera autònoma, d'obtenir informació del subsòl amb el radar, i de processar-la de manera síncrona per aconseguir identificar patrons i incorporar les dades obtingudes a la navegació. Aquesta navegació contindrà una fusió de dades de superfície i de subsòl, que li permetrà mapar i emmagatzemar les característiques del sòl en grans extensions de terreny.

A diferència d'altres eines existents, el nostre sistema realitzarà una identificació uniforme de la propietat desitjada, sense la necessitat de fer assajos extractius, minimitzant així el cost, el temps i també l'impacte sobre l'ecosistema. Com a demostració de la tecnologia, es proposa aplicar el robot a la detecció i quantificació d'aigua al subsòl a diferents profunditats, en terrenys amb cultius hortícoles. El projecte es proposa demostrar que aquesta tecnologia és viable per a la seva aplicació agrícola, i recaptar informació per analitzar els

beneficis i les limitacions per a la incorporació de la tecnologia a les explotacions agrícoles.

<https://www.cdei.upc.edu/en/groperbot-ing/>

2. Descripció de les actuacions

Tasques realitzades en les diferents fases del projecte:

- 1) Treballs per adaptar el robot i la navegació al camp de conreu.
- 2) Navegació (LiDAR, GPR i IMU) i fusió de dades de navegació.
- 3) Assajos de laboratori amb GPR.
- 4) Assajos de camp amb GPR.
- 5) Definició de models de terreny per l'obtenció de radargrames sintètics.
- 6) Desenvolupament i entrenament de la intel·ligència artificial.

1. Adaptació del robot.

El xassis del robot es dimensiona considerant els elements que s'han d'incloure: bateries pel robot i pel GPR que tinguin suficient autonomia considerant unes quatre hores d'estudi al camp; una antena de radar amb freqüència central 500 MHz, que té unes dimensions de 0.50x0.30x0.16m i pesa 5 kg; una unitat de control del GPR, de dimensions 32.5 x 22.2 x 4.2 cm i pes 1.9 kg; un monitor de dimensions 0.060x0.22x0.05m con un pes de 6 kg; sensors de



posicionament LiDAR i GPS. S'estan acabant els plànols i s'han proposat opcions per muntar l'antena al robot. El desplaçament del robot es farà amb un model de rodes tractores i roda boja, amb un diàmetre que s'ha escollit en funció de l'alçada requerida pel millor desplaçament per terrenys de cultiu. A la **Figura 1** es pot veure el prototip de robot sobre el qual s'està treballant per l'adaptació.



Figura 1. Prototip del robot autònom (foto: Alba Pérez)

2. Navegació i fusió de dades de navegació.

El robot autònom necessita uns elements de navegació robusts. L'objectiu és el desplaçament amb els diferents sensors per camps de conreu que tenen les seves característiques particulars. S'ha considerat en una primera opció les vinyes per començar les proves. A la **Figura 2** es pot veure el sistema de LiDAR, de la marca Ouster i el de GPR utilitzats en una de les proves de camp. Els resultats van mostrar que el LiDAR proporcionava un núvol de punts que permetien definir els conreus i estructures, obtenint un mapa en tres dimensions del camp amb una precisió de centímetres. L'algoritme utilitzat és *LIO-SAM*, desenvolupat per Tixiao Shan et al. (2020). Les proves amb el GPS també es van realitzar en vinyes, obtenint una precisió de entre 1 i 2 cm. S'ha considerat que el sistema podria funcionar correctament captant com a mínim 4 satèl·lits.



El assajos han mostrat

Figura 2. Dispositiu LiDAR utilitzat per proves juntament amb una antena de GPR i adquisició de dades en una vinya experimental per avaluar el funcionament dels dispositius (foto: Alba Pérez)



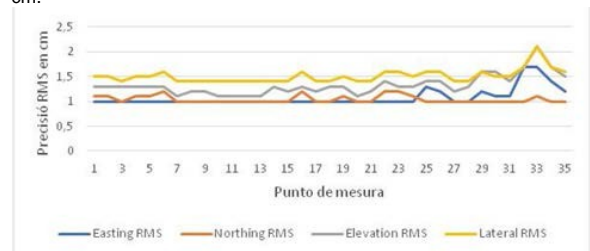
que es capten senyals de fins a 40 satèl·lits de les constel·lacions GPS, GLONASS, GALILEO i BEIDOU, obtenint correccions mitjançant Wifi i protocol NTRIP. La **Figura 3** mostra la gràfica amb la precisió obtinguda a diferents punts.

S'ha fet servir, com a tercer sistema de navegació, un *Inertial Measurement Unit* (IMU).

Les dades dels tres sistemes s'han integrat per obtenir un mapa de precisió que permeti la navegació del robot autònom.

Com a resum, s'han estudiat algorismes de percepció de files de vinyes i cultius amb lidar 2D per traçar el *path planning* del robot. S'ha

Figura 3. Als diferents punts de mesura la precisió és de entre 1 i 2 cm.



implementat un algorisme i se n'ha avaluat l'actuació en interiors. S'ha fet una revisió d'especificacions necessàries de Lidars 3D del mercat per usar en el projecte. S'ha fet recerca d'algorismes de l'estat de l'art de SLAM amb Lidars 3D, realitzant-se diferents proves amb dades recollides en diferents escenaris i s'ha implementat una odometria amb fusió de sensors Lidar + IMU + GPS.

El resultat de la integració de dades ha estat l'obtenció d'un mapa tridimensional que mostra la percepció del sistema d'elements laterals a la trajectòria del robot.

3. Assajos de laboratori amb GPR

La prospecció no destructiva permet una estimació de la humitat en medis. En el cas de sòl agrícola, alguns estudis, indiquen la possibilitat d'identificar canvis en el contingut d'aigua analitzant principalment l'amplitud (per exemple, Zhang et al., 2021) i els canvis en la velocitat de propagació dels senyals (per exemple, Shamir et al., 2016). Per avaluar els paràmetres més adients i per comparar els resultats amb models matemàtics, s'han planificat diferents assajos de laboratori que consisteixen en l'adquisició de dades en mesures estàtiques, sobre un sòl amb diferents quantitats d'humitat, i també mesures dinàmiques, on



es simulen zones amb un alt

contingut d'aigua, que es creuen amb les línies d'adquisició de dades de radar. La Taula 1 mostra els paràmetres de les mostres de sòl en un dels assajos.

Taula 1. Propietats de les mostres utilitzades a un dels assajos.

Samples	Soil properties			Measurements (thickness of soil at each test, in cm)											
	Φ	%S	ω	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
1	0.52	0.15	0.08	10	19	30	36	42	56						
2	0.52	0.34	0.18	8	14	21	28	33	37						
3	0.52	0.58	0.30	10	20	30	37	45	56						
4	0.52	0.73	0.38	10	17	25	30	46	52						
5	0.41	0.27	0.11	10	15	19	25	30	35						
6	0.41	0.36	0.15	8	10	14	21	28	33	37	42	50			56
7	0.41	0.52	0.21	11	16	20	28	35	46	52	55				
8	0.41	0.69	0.28	10	20	30	37	40	45	50	55				
9	0.41	0.79	0.32	10	16	21	25	32	37	42	51	54			
10	0.41	0.91	0.37	10	15	20	27	31	34	39	45	50			
11	0.32	0.12	0.04	9	18	31	40	52							
12	0.32	0.24	0.08	10	20	32	38	50							
13	0.32	0.39	0.12	11	21	29	40	52							
14	0.32	0.51	0.16	9	25	37	42	49							
15	0.32	0.60	0.19	10	27	38	50								
16	0.32	0.84	0.27	10	26	37	48								

Figura 4. Variacions en l'amplitud del senyal, el temps de propagació i el contingut freqüencial per les diferent mostres de la taula 1.

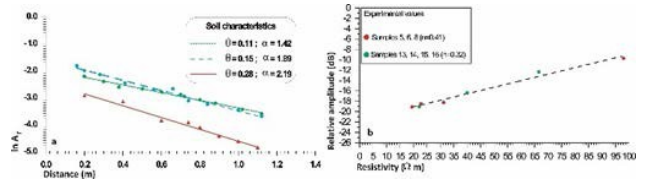


Figura 5. Estimació experimental de l'atenuació del senyal, relacionada amb el contingut d'aigua del medi.

També s'han comparat els resultats amb models matemàtics (Figura 6), mostrant la viabilitat de fer servir aquests models per una predicció de la humitat del terreny, coneguts els paràmetres electromagnètics que mesurarà el robot autònom.

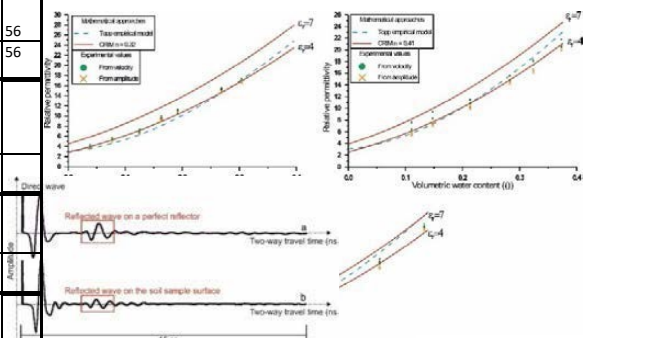


Figura 6. Resultats experimentals com matemàtic CRIM i el model experimental d

Amb les dades s'han analitzat variacions en l'amplitud, el temps de propagació i el contingut freqüencial (Figura 4).

Els resultats han permès definir relacions experimentals (Figura 5), que relacionen les mesures amb el contingut d'aigua al subsòl.

Els resultats experimentals han de servir en una fase posterior per entrenar la IA que permetrà fer una anàlisi del contingut d'aigua al terreny, identificant patrons en els paràmetres del senyal electromagnètic.

4. Assajos de camp amb GPR.

S'han dissenyat assajos de camp. L'objectiu és comprovar amb dades de camp les observacions fetes al laboratori i també obtenir dades per l'entrenament de la IA. Fins ara, s'han realitzat assajos en dos emplaçaments diferents: el primer a Barcelona, en una zona travessada per una riera subterrània, i el segon en uns cultius experimentals de l'Agròpolis. La Figura 7 mostra la ubicació d'alguns perfils en Barcelona, i la Figura 8 l'adquisició de dades a la vinya d'Agròpolis.

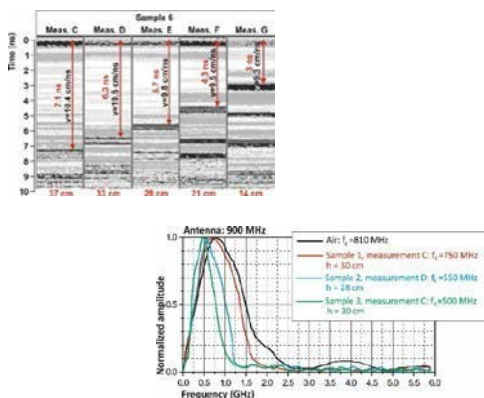


Figura 7. Posició d'alguns dels perfils de camp a Barcelona.

Canvis en el contingut d'aigua al subsòl i canvis en la compactació del terreny es van observar com un increment de l'amplitud del soroll de fons del senyal i variacions en la velocitat de propagació de l'ona. Es va poder detectar clarament el nivell freàtic.



5. Definició de models de terreny per la obtenció de radargrames sintètics.

Per obtenir registres sintètics, es va modelar l'antena utilitzada en camp i en laboratori. La **Figura 9** mostra la imatge del model d'antena de 1.5 GHz utilitzada en assajos de laboratori.

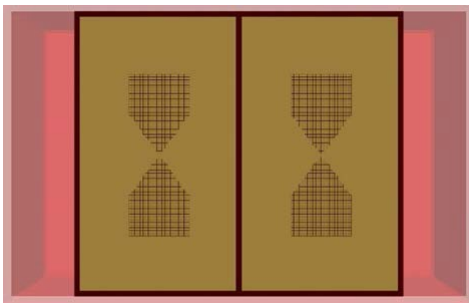


Figura 9. Model d'antena de 1.5 GHz apantallada, formada per dos dipòls bow-tie.

Donat que el terreny d'estudi pot presentar nombroses permutacions de condicions diferents, s'ha elaborat un sòl compost d'una combinació heterogènia de materials, pel que cada cop que el robot pren una mesura en la simulació, està



estudiant un cas completament diferent. En la **Figura 10** es veu el model numèric de sòl que s'utilitza en les simulacions per a la presa de dades sintètiques.

També, per ajustar la dispersió que pugui generar un terreny irregular (els camps no són completament llisos), s'ha construït el model amb una seqüència de

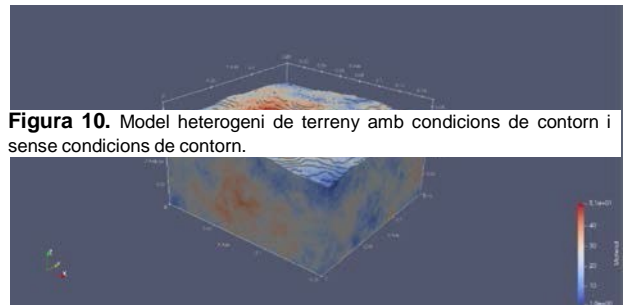
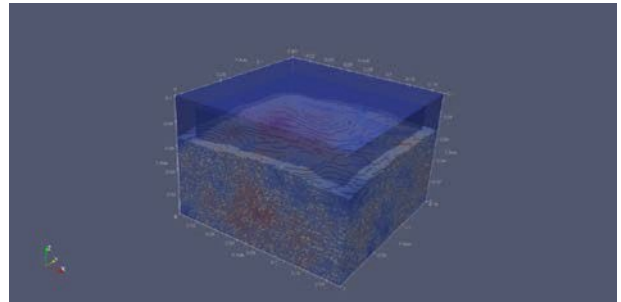


Figura 10. Model heterogeni de terreny amb condicions de contorn i sense condicions de contorn.

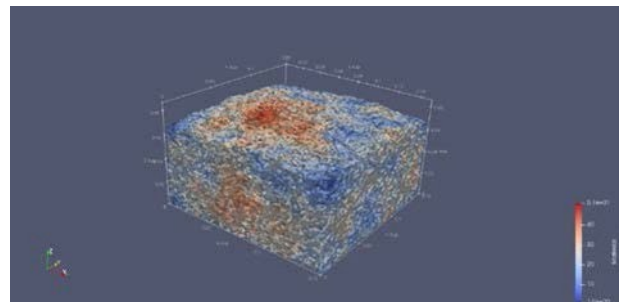


Figura 11. Model amb una seqüència de fractals per simular sots, pedres i altres irregularitats del terreny.

6. Simulació de dades, desenvolupament i entrenament de la intel·ligència artificial.

En aquest apartat del projecte s'estudia la generació de dades sintètiques a partir de simulacions d'anàlisi de sòl amb georadar. Aquestes dades serviran posteriorment per a l'elaboració de la intel·ligència artificial, la qual també s'inclou en aquesta part. En la part referent a l'antena de georadar, hem pres contacte amb el software de generació de dades "GPR Max". Aquest recurs ens permet simular el comportament de les propietats electromagnètiques en un medi. A partir de dites dades s'obtenen una sèrie de paràmetres electromagnètics que s'utilitzaran posteriorment per a definir el contingut d'aigua de la parcel·la analitzada. Les simulacions es duen a terme variant els diferents paràmetres electromagnètics sobre un model numèric de sòl que prèviament hem elaborat. Per al disseny digital, hem elaborat un model de terreny cercant condicions d'un medi trifàsic. El sistema consta d'aigua i aire (free space) com a elements principals, mentre que el tercer component és una combinació de materials que es poden trobar en nombrosos tipus de sòl agrícola (argila, sorra de diferents granulometries, entre d'altres). D'aquesta manera, es crea un conjunt de material anisotròpic que proporciona dades molt variades, fet que comporta la diversitat de cada simulació, maximitzant la seva eficiència i prioritant no només l'obtenció de dades, sinó també evitar la sobresaturació de la memòria de l'ordinador. Per a l'elaboració d'aquest medi també hem adaptat les propietats dielèctriques dels materials que formen el tercer component, de manera que la dispersió numèrica dels resultats de la simulació sigui la menor possible. Actualment, s'ha pogut reduir fins al 0.41028, davant el 0.8743 que presenten els models convencionals. Dins del software GPR Max, també hem dissenyat diversos models digitals d'antena de georadar (**Figura 9**). La configuració d'aquests models permet establir la manera amb què es propaguen i es reben el senyal de camp elèctric i electromagnètic. També condiciona l'espai que comprèn, encara que amb el model numèric no afecta la dispersió. Per a comparar les dades amb cada tipus d'antena hem modelat una antena de 1.5GHz, una de 800GHz i una de 200GHz, de manera que si en algun moment s'hagués de mesurar una extensió diferent de la convencional, el dispositiu pogués dur-ho a terme sense problema. A l'hora de fer les simulacions, un cop iniciades, imiten el procediment que se segueix amb una antena convencional, analitzen les diferents traces de terreny i enviant les dades sobre Figura 1: Model numèric de sòl la parcel·la de terreny estudiada. Aquesta anàlisi singular s'anomena *A-scan*. La seqüència d'*A-scans* que es reben al finalitzar la simulació, estudiant totes les traces del model, conformen el conjunt de dades totals del sòl, anomenades *B-scan*. Adaptant-se a aquesta metodologia, el model elaborat permet que amb el sòl proposat es pugui prendre dades de multitud de

models diferents amb cada simulació, ja que per cada *A-scan* pren unes propietats dielèctriques diferents, i per tant és com si es tractés d'un model completament diferent a cada traça. D'aquesta manera obtenim més dades amb menys simulacions, estalviant memòria de l'ordinador (cada una exigeix molt de rendiment). La possible reducció en l'exactitud de les dades es sufraguen amb l'ajust de la dispersió, de manera que s'aconsegueixen menys dades però més exactes. A partir d'aquestes simulacions s'obtenen com a output arxius ASCII, els quals transcriuen les dades obtingudes sobre les propietats dielèctriques a cada traça. Aquests arxius serviran posteriorment per a definir l'entrenament de la intel·ligència artificial que regirà el robot. Tanmateix, si només introduïssin les dades generades per les simulacions en l'entrenament de la intel·ligència artificial, tots els resultats es basarien únicament en una estimació, ja que tot seria hipotètic, basat en paràmetres irreals. Per això, hem volgut afegir-hi també dades extretes d'anàlisis en situacions reals. Prenent dades in situ amb l'equipament de la universitat, hem pogut realitzar diversos assajos físics amb els quals, a més d'aprendre de primera mà el funcionament d'aquest tipus de dispositius, hem pogut recaptar dades reals de continguts d'aigua en diferents medis. Aquestes dades seran la referència que es prendrà amb les dades simulades per a ajustar-les el màxim possible a la realitat, de manera que la precisió de les mesures del robot sigui la màxima possible. Pel que fa a la intel·ligència artificial, hem estat estudiant diferents algoritmes aplicables a la programació del robot. També s'està valorant la possibilitat d'implementar una xarxa neuronal, considerant diferents propostes com UNED, YoLo o CNN, entre d'altres. El problema que ens estem trobant és que cap s'ajusta exactament al que necessitem, per al que s'està pensant a elaborar una xarxa neuronal pròpia i única, capaç d'adaptar-se exactament a les necessitats del projecte per a poder obtenir una precisió encara més elevada. Finalment, l'objectiu més proper és dirigir tota l'atenció a la creació de la intel·ligència artificial. Tota la part de càlcul per calcular el procediment que seguirà el robot per definir el percentatge d'humitat a partir de les dades generades està completa. S'estima que al llarg del pròxim mes de juny s'acabarà de definir l'algoritme més adequat, provant diferents configuracions per a trobar la seqüència que permeti executar la funció del robot amb la màxima precisió possible. Això seria per la part de programació. Es vol començar a definir i provar l'algoritme per poder anar corregint-lo amb el temps, per tal d'obtenir una base sòlida sobre la qual anar treballant i expandint les capacitats de la intel·ligència artificial. Pel que fa a la part del GPR, tot el que s'havia plantejat fer està complet, és a dir, tot el necessari per a córrer les simulacions i començar a generar la màxima quantitat de dades possibles. En els pròxims mesos es planteja continuar millorant les

simulacions, tant la seva precisió en les mesures com la seva durada. També s'està estudiant la forma de reduir la càrrega gràfica sobre l'ordinador, ja que actualment cada simulació triga al voltant de 13 hores (60 A-scans). Per a millorar la precisió, s'està estudiant la implementació d'un nou tipus d'antena, però a generar dades més específiques en zones amb un contingut d'aigua molt concret.

També es planteja la possibilitat de recaptar la major quantitat de dades reals possibles, per la qual cosa continuarem assajant a l'Agròpolis, a l'EEBE, i en altres oportunitats que se'ns presentin.

Tasques pendents o en procés de realització:

1. Adaptació de l'antena de GPR al robot.
2. Finalitzar els algorismes de la IA.
3. Dues campanyes d'adquisició de dades en camp.
4. Entrenament de la IA amb les dades de laboratori, de camp i sintètiques. Reconeixement automàtic dels patrons identificats.
5. Integració de les dades de navegació amb les dades GPR.
6. Demostracions de funcionament.

03. Impacte sectorial i/o territorial

El monitoratge i l'adquisició de noves dades per a les quals no existia tecnologia, suposen un increment en el coneixement de l'entorn agrícola, que es pot aplicar per fer els processos productius més eficients i més sostenibles. Entre els factors amb una influència clau als resultats de l'activitat agrícola, en destaquem la gestió de l'aigua.

L'impacte del nostre projecte se centra a disposar dels mitjans per a la determinació precisa del moment i la quantitat d'aigua a aplicar. El sistema que volem assolir té unes quantes característiques que defineixen el seu impacte, i que passem a detallar.

Les dades obtingudes pel sistema són tridimensionals i també es poden obtenir amb facilitat a diferents moments de temps. Permeten una caracterització de l'estat d'humitat a la superfície i en profunditat, i de les variacions temporals. Aquest nivell de coneixement no existeix en l'actualitat, i pot suposar un canvi en la planificació de la irrigació, amb els corresponents estalvis d'aigua.

El sistema presenta unes característiques d'escalabilitat i adaptabilitat que incrementen la capacitat de decisió de l'agricultor; el mateix sistema serveix per explotacions de diferents mides i diferents terrenys, i és senzill per a l'usuari transportar d'un punt a un altre, d'un camp al

següent, sense necessitat de modificacions o suport tècnic. Aquesta escalabilitat pot arribar a un nivell que els usuaris decideixin irrigar una àrea particular d'un terreny, en comptes de tota l'extensió, amb el corresponent estalvi d'aigua i l'òptim creixement del cultiu.

L'ús del GPR mòbil autònom permet obtenir la informació del terreny de manera senzilla, en comparació a estudis de sondeig, per tant, la tendència a adoptar la tecnologia pot ser major. Un cop l'agricultor es familiaritza amb l'adquisició i anàlisi de dades automàtiques, és probable que sigui més receptiu a incorporar altres tecnologies o altres usos de la mateixa tecnologia. Per tant, amb aquest projecte, es pot també assolir un impacte en l'adopció de tecnologia per part del sector.

Finalment, pot tenir un impacte transversal en la transferència de coneixement i tecnologia de l'àrea de la detecció autònoma cap al sector agroalimentari. Per una banda, pot impulsar l'ús del radar de subsòl per altres aplicacions a l'agricultura, i l'ús de vehicles autònoms amb altres tipus de sensor que també requereixin planificació de trajectòries combinada.

En l'àmbit territorial, amb un 29% de terreny agrícola a Catalunya, els regadius suposen aproximadament un 70% de l'aigua gestionada. D'acord amb [Girona 2017], existeix un ampli marge de millora en l'eficiència productiva de l'aigua, i aquesta possibilitat de millora s'observa al llarg del territori i per tots tipus de cultiu, independentment de l'aigua de la qual disposin. S'identifica com un dels factors clau per a la gestió sostenible de l'aigua agrícola conèixer les demandes reals d'aigua dels conreus, a nivell de parcel·la, de finca i de col·lectivitat de regants. La solució proposada és la integració de tecnologia i coneixement. Ara bé, aquesta tecnologia ha de ser sostenible des dels punts de vista ambiental, energètic, social i econòmic.

En aquest sentit, el fet que es faci servir un robot mòbil de petites dimensions és avantatjós respecte a l'ús de maquinària agrícola més pesada, permetent reduir les emissions i el consum d'energia, encara que un balanç més acurat serà necessari, i és part de la demostració, treballar en l'avaluació de l'impacte ambiental i energètic, que no té dades de comparació en tractar-se d'una activitat que no s'està realitzant en l'actualitat.

Pel que fa a la sostenibilitat social i econòmica, la tecnificació del camp sembla un factor principal, que pot enfortir i estabilitzar la població dedicada a activitats agrícoles. El nostre projecte serveix com una eina de difusió de la tecnologia autònoma al sector, i pot tenir l'impacte d'incrementar la predisposició dels agricultors a adquirir i fer servir aquestes tecnologies.

Per finalitzar, volem destacar l'impacte de futures aplicacions de la mateixa tecnologia a altres aspectes de l'agricultura. El radar de subsòl té moltes més aplicacions; és possible que aquesta demostració de la tecnologia inspire el sector per trobar altres necessitats, com la caracterització del

tipus de sòl, la identificació de contaminants o la detecció i localització d'arrels, tubercles, etc.

Referències

Shan, T., Englot, B., Meyers, D., Wang, W., Ratti, C., & Rus, D. (2020, October). *Lio-sam: Tightly-coupled lidar inertial odometry via smoothing and mapping*. In 2020 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS) (pp. 5135-5142). IEEE.

Zhang, S., Zhang, L., Ling, T., Fu, G., & Guo, Y. (2021). *Experimental research on evaluation of soil water content using ground penetrating radar and wavelet packet-based energy analysis*. Remote Sensing, 13(24), 5047.

Shamir, O., Goldshleger, N., Basson, U., & Reshef, M. (2016). *Mapping spatial moisture content of unsaturated agricultural soils with ground-penetrating radar*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 41.

CENTRE DE RECERCA

Nom: Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona Tech

Web: www.upc.edu

Dades de contacte: Vega Pérez Gracia (vega.perez@upc.edu) 680486632- 934137333
Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



PRESSUPOST

Pressupost total de l'activitat: 49.956,02 €

Contribució de la UE al pressupost (43% del pressupost total): 21.481,09 €

DIFUSIÓ DE L'ACTIVITAT

1. La difusió de l'activitat s'ha iniciat durant aquest període amb la descripció del projecte i objectius a les pàgines web entre les que es troben les del CDEI i d'Agrotech:

- <https://www.industriambiente.com/noticias/20230125/groperbot-un-robot-autonomo-para-detectar-la-humedad-del-suelo>
- <https://cit.upc.edu/ca/portfolio-item/robot-autonom-per-detectar-la-humitat-del-sol-agricola-amb-tecnologia-georadar/>
- <https://www.cdei.upc.edu/en/groperbot-ing/>
- https://www.linkedin.com/posts/cdei-upc_groperbot-agraeipolis-demospatt-activity-7070352383137972225-pWQj?utm_source=share&utm_medium=member_android

2. Participació i presentació al Forum BioEnginy (Figura 12)



D'altra banda, els resultats dels primers assaigs amb GPR en laboratori, per definir paràmetres que permetin detectar la humitat del terreny, s'han enviat al congrés 12th International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR), que tindrà lloc a Lisboa del 5 al 7 de juliol de 2023, i la publicació està acceptada:

V. Perez-Gracia. *GPR tests in agricultural soils*. Proceedings of the 12th IWAGPR, 5th-7th of July, 2023

Figura 12. Presentació al Forum BioEnginy (Foto: David Caballero)

3. Finalment, s'estan desenvolupant dos treballs de fi d'estudis a l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est i a l'Escola Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, relacionat amb diferents tasques del projecte:

- a) Avaluació del contingut d'aigua en medis materials mitjançant GPR
Estudiant: Ruben Bellido Navarro
Titulació: Enginyeria Mecànica

Descripció del treball: Assaigs de laboratori i Georadar per determinar els paràmetres de les ones registrades que mostren les variacions en el contingut d'aigua en medis materials. L'estudi s'emmarca dins del projecte de transferència tecnològica del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2022 (PDR 2014-2022), del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, Generalitat de Catalunya, que té com a objectiu l'adaptació d'un robot autònom i unes antenes de GPR a tasques agrícoles, principalment a l'anàlisi d'aigua en el terreny. En el treball de fi de grau s'analitzaran medis en laboratori i posteriorment s'estudiaran dades de camp. En aquest TFE es desenvoluparan les següents tasques: estudi de treballs previs (tasca finalitzada); planificació dels assaigs de laboratori (tasca finalitzada); obtenció de dades experimentals en laboratori (en procés); anàlisi temporal i freqüencial de dades sintètiques i experimentals (amplituds, temps de propagació i freqüències) (en procés); comparació amb models matemàtics (tasca finalitzada); obtenció si s'escau, de relacions empíriques associades als terrenys analitzats (per fer); planificació de campanyes de camp (dues finalitzades, una en procés); anàlisi de les dades de camp (en procés); redacció de la memòria (per fer).

- b) Definició e implementació del sistema GNSS per a la navegació d'un robot agrícola autònom (EM).
Estudiant: Juan Pablo Rodriguez Marín
Titulació: Enginyeria en Tecnologies Industrials

Descripció del treball: En el projecte s'analitzaran els diferents components comercials de sistemes de posicionament per satèl·lit (Global Navigation Satellite System, GNSS). Amb l'objectiu que el robot sigui capaç de navegar i fer mapes de forma autònoma per terrenys desconeguts agrícoles. Un altre punt clau serà definir e implementar el hardware que es farà servir en un robot real al que li faran proves per avaluar la capacitat per evitar obstacles, per determinar la seva robustesa, la seva precisió i la seva eficiència sobre diferent tipus

d'ambients i condicions.

Activitats de difusió previstes:

- 1) Presentació el 14 de juny de 2023 en la Jornada d'Innovació en el sector hortícola.
- 2) Activitats demostratives als sectors d'interès organitzades o proposades per Agrotech.
- 3) Presentació de resultats al congrés: 2023 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications(Genoa, Italy, November 15-17, 2023).
- 4) Publicació de resultats en pàgines web.
- 5) Publicació de resultats i propostes en una revista especialitzada en agricultura (per exemple:
- 6) Agricultural & Environmental Letters, International Journal of Environmental and Agriculture Research o similars).
- 6) Presentació en congressos especialitzats en agricultura i en les tecnologies desenvolupades.

Amb el finançament de:



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**



**Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals

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

