



Datum: 20.9.2023

GRADIVO – SKLOP E. Robotizacija v kmetijstvu

Gradivo pripravili:

- Doc. dr. Jurij Rakun
- Doc. dr. Peter Vindiš
- Izr. prof. dr. Miran Lakota
- Dr. Damijan Kelc
- Erik Rihter, mag.

TEORETIČNI DEL (4 ure)

V gradivu so opisane osnove delovanja kmetijskih robotov, senzorski sistemi, programske rešitve in izzivi, s katerimi se srečujejo razvijalci kmetijskih robotov.

Demonstracije omogočijo, da na lastne oči vidi delovanje različnih kmetijskih robotov in njihovih sklopov ter izkusi, kako se ti sistemi uporabljajo v praksi. Ob tem imajo udeleženci priložnost, da izpostavijo svoja vprašanja in sodelujejo v razpravah, kar dodatno pripomore k njihovem razumevanju delovanja kmetijskih robotov ter potreb in izzivov, s katerimi se srečujejo kmetje in razvijalci kmetijskih robotov.

Cilj usposabljanja in tega gradiva je spodbuditi zanimanje udeležencev za kmetijske robote in jim omogočiti pridobivanje novih znanj in veščin, ki bodo pripomogle k njihovi nadaljnji profesionalni rasti in razvoju. Hkrati pa je namen usposabljanja spodbuditi razvoj kmetijskih robotov v Sloveniji ter prispevati k zmanjšanju uporabe kemičnih pripravkov in ohranjanju okolja v naši državi.



Vsebinski sklopi teoretičnega dela so sestavljeni iz naslednjih vsebin:

- Uvodnega predavanja s predstavitvijo teme in razlogi za uvedbo robotov v kmetijstvu: Roboti postajajo vse bolj pomembni v kmetijstvu. Razlogi za njihovo uvedbo vključujejo povečanje produktivnosti, zmanjšanje stroškov dela, izboljšanje količine in kakovosti pridelkov, zmanjšanje človeških napak in povečanje trajnosti. Nekatere prihajajoče robotske tehnologije v kmetijstvu vključujejo avtonomne traktorje, robote za sajenje, spravilo in sortiranje pridelkov ter robote za nadzor nad rastjo rastlin. Ti roboti lahko pomagajo pri zmanjševanju časa in stroškov, povečanju produktivnosti in izboljšanju kakovosti pridelka v kmetijstvu.
- Predstavitev izbranih komercialnih in prototipnih robotskih sistemov za kmetijstvo: Na trgu je vse več robotskih sistemov namenjenih za kmetijstvo, ki se vse bolj uveljavljajo, saj lahko prinašajo številne prednosti. Nekateri izbrani primeri takšni sistemov so denimo: Blue River Technology, Harvest Automation, John Deere, Naio Technologies, AGCO Fendt, Ecorobotix in drugi.
- Analiza primernosti / rentabilnosti / prednosti uporabe robotov: Uporaba robotov v kmetijstvu je lahko primerna in donosna možnost za kmetovalce, ki se soočajo s številnimi izzivi, kot so pomanjkanje delovne sile, visoki stroški dela, nihanje cen in pritisk na povečanje učinkovitosti. Roboti lahko izboljšajo proizvodnjo in kakovost pridelkov ter zmanjšajo stroške dela in povečajo donosnost. Rentabilnost uporabe robotov je odvisna od več dejavnikov, kot so vrsta nalog, ki jih robot opravlja, velikost kmetije, stroški pridobitve in vzdrževanja robota ter cena pridelka. V nekaterih primerih lahko stroški pridobitve in vzdrževanja robota presegajo prihranke pri delovnih stroških.
- Potrebna teoretična znanja za razumevanje delovanja robotov: Poznavanje osnov robotike omogoča razumevanje, kako delujejo robotski sistemi in kako so sestavljeni. Mehatronika se osredotoča na integracijo mehanskih, elektronskih in programskih komponent v robota, elektronika pa na razumevanje elektronskih vezij in komponent, ki jih roboti uporabljajo.
 - Predstavitev izzivov razvoja in uporabe robotov: Različni izzivi, kot so prilagoditev različnim okoljskim pogojem, zagotavljanje natančnosti pri opravljanju nalog, upravljanje z energijo, zanesljivost delovanja in varnost.
 - Predstavitev posameznih sklopov: kmetijski roboti so sestavljeni iz različnih sklopov, kot so aktuatorji, senzorji, programska oprema, napajanje in

- mobilnost, ki omogočajo premikanje, zaznavanje in spremljanje okolja, obdelavo podatkov ter opravljanje različnih nalog.

1. Splošni del o zgradbi robotov in različnih vrstah robotov

- Aktuatorji na robotih (elektronski, pnevmatskih in hidravlični): So naprave, ki pretvarjajo energijo v mehansko gibanje robota. Elektronski so natančni in zanesljivi, pnevmatski so močni in učinkoviti, hidravlični pa so primerni za zelo velike obremenitve. Izbor je odvisen od specifičnih zahtev robota.
- Senzorski sistemi (od preprostih, do sofisticiranih sistemov): senzorski sistemi so ključni del robotov v kmetijstvu, saj omogočajo, da roboti zaznajo, razumejo in odzovejo na okolje ter na podlagi tega izvajajo različne naloge. Senzorji lahko merijo različne parametre, kot so temperatura, vlaga, pH vrednost, osvetljenost, pritisk, hitrost in smer gibanja, ter tako zagotavljajo podatke, ki so potrebni za nadzor in upravljanje kmetijskih procesov. Senzorski sistemi se uporabljajo pri različnih vrstah kmetijskih robotov. Na primer, senzorski sistemi lahko pomagajo robotski kosilnici, da zazna ovire na poti in se jim izogne ter natančno sledi konturam zemljišča. Napredni senzorski sistemi, ki vključujejo kamere, laserske skenerje, radarje in druge senzorje, omogočajo še bolj natančno zaznavanje okolja ter povečujejo učinkovitost in varnost delovanja kmetijskih robotov.
- Programska oprema in razvoj novih naprednih algoritmov: Programska oprema je ključna za delovanje kmetijskih robotov, saj omogoča nadzor nad njihovimi funkcijami ter izvajanje nalog. Programska oprema lahko vključuje različne algoritme, ki omogočajo različne naloge, kot so navigacija, zaznavanje ovir, obdelava podatkov iz senzorjev in krmiljenje aktuatorjev. Razvoj novih naprednih algoritmov pa omogoča izboljšanje zmogljivosti kmetijskih robotov ter njihove prilagoditve specifičnim potrebam in okolju, v katerem delujejo. Napredni algoritmi lahko omogočajo bolj natančno zaznavanje ovir, večjo učinkovitost pri opravljanju nalog in povečanje varnosti delovanja. Razvoj novih naprednih algoritmov se izvaja s pomočjo različnih pristopov, kot so strojno učenje, umetna inteligenca, globoko učenje in podobno. Te tehnologije omogočajo analizo podatkov, prilagajanje delovanja robotov ter izboljšanje njihove uspešnosti in učinkovitosti.

2. Predstavitev posameznih podpornih tehnologij: IoT, mobilne aplikacije

- Umeščanje robotskih rešitev in regionalne specifikke slovenskega kmetijstva: Ker ima Slovenija različne podnebne in geografske značilnosti, je treba pri uvajanju robotskih rešitev upoštevati specifične potrebe kmetijstva v posameznih regijah. Na primer, na območjih z manjšimi kmetijskimi površinami bi bile učinkovitejše manjše in bolj

prilagodljive robotske rešitve, medtem ko bi na območjih z večjimi površinami kmetijskih zemljišč lahko uporabili večje in bolj zmogljive robotske sisteme. Prav tako bi bilo treba upoštevati specifične pridelovalne prakse v različnih regijah ter prilagoditi robote za opravljanje specifičnih nalog, kot so obiranje sadja, spremljanje rasti rastlin, namakanje in obdelava tal.

- Predstavitev izbranih robotskih rešitev (več informacij v praktičnem delu):
 - Manjši poljedelski robot FarmBeast
 - Brezpilotni letalniki in možnosti uporabe v kmetijstvu (pregled površin, tretiranje,...).
 - Večja vinogradniška robota Rovitis in Rovitis 4.0
 - Brezpilotni letalniki in nizkocenovne multispektralne rešitve
 - Primer robotizacije / avtomatizacije obstoječega pršilnika

- 3. **Predvidene vsebine pomenijo pomemben korak za razvoj sodobnega kmetijstva, saj naslavlja izzive sodobnega kmetijstva in okolijsko naravnost**
 - Reševanje okoljskih problemov – zmanjševanje uporabe kemičnih pripravkov, ob doseganju enakega učinka:
 - Raba obnovljivih virov energije – uporaba električno gnanih platform, napajanih z uporabo obnovljivih virov energije (fotovoltaika, bioplin).
 - Uporaba manj robustnih strojev, ki bistveno zmanjšajo porabo energije na enoto proizvodnje in zmanjševanje toplogrednih izpustov.
 - Odgovor na podnebne spremembe – hitro / pravočasno zaznavanje sprememb na rastlinah, ko te še niso vidne s prostim očesom in ustrezno reagiranje na spremembe.
 - Povečanje storilnosti – uporaba delno oz popolno avtonomnih robotskih rešitev, ki zmanjšujejo potrebo bo fizičnem delu in ustvarjajo novo obliko, boljše ovrednotenih delovnih mest.
 - Večja ekonomska učinkovitost– precizno in pravočasno opravljeno delo obljublja večji in kvalitetnejši pridelek na račun avtonomnih robotskih tehnologij, kot potencialni odgovor za povečanje konkurenčnosti lokalnih pridelovalcev.
 - Demografski izzivi – reševanje težav z zagotavljanjem. delovne sile s katerim se soočajo razvitejše države.

PRAKTIČNI DEL (2 uri)

Praktični del usposabljanja zajema predstavitve različnih robotskih sistemov in predstavlja razširitev teoretičnih vsebin v smislu praktičnih prikazov/ demonstracij delovanja:

Udeleženci prihajajočega usposabljanja bodo imeli priložnost, da se poglobijo v raznolike robotske rešitve, ki bodo v naslednjih letih igrale ključno vlogo v kmetijskem sektorju. Usposabljanje jim bo omogočilo, da ne le teoretično razumejo, ampak tudi praktično spoznajo delovanje teh robotskih sistemov.

S svojo aktivno udeležbo bodo imeli možnost pridobiti nekaj praktičnih izkušenj, ki se nanašajo na uporabo robotskih sistemov v kmetijstvu. Spoznali bodo, kako te tehnologije lahko izboljšajo kakovost pridelave, zmanjšajo stroške in povečajo produktivnost.

Med predstavitvami različnih robotskih sistemov se bodo udeleženci seznanili z raznovrstnimi robotskimi orodji, senzorskimi sistemi, aktuatorji in drugimi bistvenimi komponentami, ki so ključne za optimalno delovanje robotskih rešitev v kmetijstvu. Poleg tega bodo spoznali tudi posebne tehnologije, kot je uporaba brezpilotnih letalnikov za upravljanje različnih kmetijskih nalog, vključno z zaznavanjem škodljivcev, sledenjem zdravju rastlin ter številnimi drugimi dejavnostmi.

Vse informacije in izkušnje, pridobljene med usposabljanjem, bodo udeležencem pomagale bolje razumeti obsežne možnosti, ki jih prinašajo robotski sistemi v kontekstu kmetijstva. Tako bodo lahko tehnologije uspešno integrirali v svoje kmetijske operacije, kar lahko posredno vodi do povečane učinkovitosti, zmanjšanja stroškov in povečanja produktivnosti na njihovih kmetijah. Praktični del usposabljanja bo tako služil kot ključno orodje za pridobivanje konkretnih znanj in izkušenj, ki jih bodo lahko takoj uporabili v svojem vsakdanjem delu.



1. Prikaz zajema prikaz avtonomnega delovanja oziroma navigacije po polju, prikaz zaznave in tretiranja (sistem za zaznavo in tretiranje plevela, sistem za natančen nanos kemičnih pripravkov).

FarmBeast (slika 1) je manjši prototipni robot, ki je nastal pod vodstvom Katedre za biosistemsko inženirstvo kot plod interdisciplinarnega sodelovanja študentov več študijskih smeri. Študenti so razvili sistem ekološko sprejemljivejšega, avtonomnega odkrivanja in odstranjevanja plevelov na tri različne načine; mehanično, termično in s pomočjo kemičnih pripravkov.

V jedru robota FarmBeast sta računalnik Raspberry Pi 4 in Intel NUC, ki omogočata visoko zmogljivost ter obdelavo podatkov v realnem času. Za navigacijo in usmerjanje po terenu je bil razvit prilagojen algoritem, ki temelji na podatkih, pridobljenih iz senzorskih sistemov Velodyne in inercialnega merilnika (IMU). Ta kompleksen algoritem omogoča robotu natančno gibanje in usmerjanje, kar je ključno za učinkovito delovanje na raznolikih terenih.

FarmBeast nakazuje prihodnost kmetijske avtomatizacije in trajnostnega upravljanja plevelov. Njegova sposobnost, da združuje različne metode odstranjevanja plevelov, pomeni, da lahko kmetovalcem pomaga zmanjšati uporabo kemikalij, kar prispeva k bolj ekološko sprejemljivemu kmetovanju. To je odličen primer, kako interdisciplinarno sodelovanje študentov in napredne tehnologije lahko prinesejo inovacije v kmetijski sektor.



Slika 1 Prikaz delovanja naprave FarmBeast.

Javno naročilo »Izvedba demonstracijskih projektov - digitalizacija na kmetijah«
Projektna naloga, št. 430-64/2022



Slika 2: Prikaz robota FarmBeast v pokritem rastlinjaku.



Slika 3: Delo z robotom FarmBeast.



2. Prikaz delovanja brezpilotnega letalnika

Prikaz zajema prikaz zajema posnetkov obdelovalnih površin, za namene kasnejše obdelave podatkov (slika 2).



Slika 4: Brezpilotni letalnik na katerega se namestijo kamere.

Tehnologija brezpilotnih letalnikov se je začela razvijati zaradi vojaških interesov. V času prve svetovne vojne je bil izdelan prvi brezpilotni letalnik, imenovan »Kattering Aerial Torpedo«. Ob koncu prve svetovne vojne je bil nekajkrat uspešno testiran, nikoli pa ni bil uporabljen v bitki. Vodilna podjetja danes v svetu so DJI, 3DRobotics in Parrot.

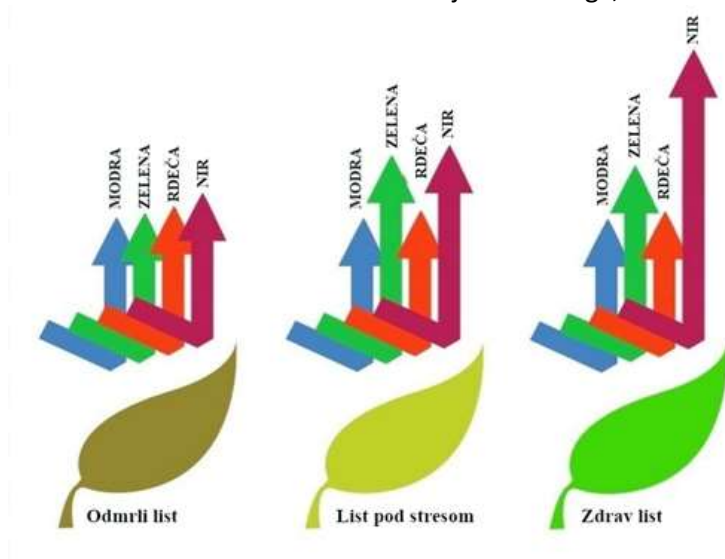
Brepilotni letalniki so sestavljeni iz lahkih materialov, najpogosteje iz plastične mase in kompozitnih materialov. Lažji kot je letalnik, manj vzgonske sile potrebuje za vzlet in letenje. Sestavni elementi brezpilotnega letalnika so:

- Propelerji (različni materiali in oblika)
- Motorji (»Out-runner« je brezkrtačni enosmerni motor, ki se danes najpogosteje uporablja na dronih).

- Elektronski nadzor hitrosti (ESC) (vezje regulira vrtljaje motorja, enosmerni tok iz baterije pretvarja v trifazni izmenični tok.)
- Baterije (Li-ion, Li-polimer, Li-železov sulfat)
- Regulator letenja (ang. *Flight Controller*) so možgani multi-kopterja, saj nadzoruje vse elektronske komponente na brezpilotnem letalniku. Gre za mikro-krmilnik s procesorjem in raznimi drugimi dodatnimi komponentami.
- Sprejemnik omogoča brezžično povezavo med brezpilotnim letalnikom in operaterjem. Sprejemnik prejme vhodne signale večkanalnega daljinca ali pametnega telefona in jih posreduje brezpilotnemu letalniku. Preko daljinca lahko operater vnese ukaze in brezpilotni letalnik ročno pilotira.
- Elektronski stabilizator kamere (ang. *Gimball*) je opsijska komponenta brezpilotnega letalnika. Praviloma so elektronski stabilizatorji prisotni na vseh brezpilotnih letalnikih od srednjega cenovnega razreda dalje. Funkcija je zmanjšati vibracije s pomočjo treh brezkrtačnih elektromotorjev.

Skupina brezpilotnih letalnikov lahko v nekaj minutah zajema površino večjo od 10.000 hektarov in pridobi posnetke visoke ločljivosti za točno določene namene, kot so odkrivanje bolezni, škodljivcev, stanje vode in hranil v listih rastlin itd... S pomočjo brezpilotnih letalnikov in topografskih kart vegetacijskih indeksov ocenjujejo stanje pšenice, vzorec rasti sadik, formacijo biomase, vsebnost klorofila v listih in donosa zrnja. Posnetki so uporabni pri oceni potrebnega dušika in vodnega stresa ter posledično pri nanosu gnojil in intenziteti namakanja. S posnetki lahko lažje ugotovimo prezimitev rastlin na enem kvadratnem metru. Na tej podlagi lahko izračunamo povprečno vrednost prezimitev za vso njivo. Še posebej so brezpilotna letala pomembna pri odkrivanju bolezni, sploh na območjih kot so velike ravnine, kjer se pšenica prideluje na milijonih hektarjev. Večja območja potrebujejo večkratne obhode in preglede, ki zagotavljajo optimalno spremljanje ob suši, bolezni in drugih naravnih dejavnikih. Zagotovimo si lahko podatek o pojavu škodljivcev ali bolezni. Z nizkim preletom lahko pridobimo posnetke z visoko ločljivostjo, ki se lahko uporabijo za razlikovanje plevela in pšenice na polju. S tehnologijo brezpilotnih letalnikov se je ocenil genotip pšenice v Evropi. Strokovnjaki za pšenico so preučevali pojave genotipov pšenice in jih s pomočjo uporabe senzorjev multispektralne kamere uspešno ločevali.

Zdrava rastlina bo absorbirala modro in rdečo svetlobo ter odsevala zeleno, kar je tudi razlog, da rastline pretežno vidimo v zeleni barvi. Poleg vidne svetlobe rastline odsevajo tudi NIR ali bližnjo infrardečo svetlobo, ki je nevidna za človeško oko. Rastline svetlobe NIR ne uporabljajo za proces fotosinteze in bolj kot je zdrava rastlina, bolj se svetloba NIR odbija. Ko rastlina postane obremenjena, bodisi zaradi bolezni oziroma motnje v hrani ali zaradi posledic naravnih ujm, se gobasto tkivo rastline zruši in posledično listi odsevajo manj svetlobe NIR. Delež vidne svetlobe pa se odraža na enaki ravni. Slika 3 prikazuje stanje rastlin na podlagi odsevanja svetlobe NIR.



Slika 5: Odražanje rastlin na podlagi odsevanja (NIR) infrardeče svetlobe.

Z analizo podatkov spektralnih snemanj iz signalov v posameznih valovnih pasovih izračunamo njihova razmerja. Na tak način pridobimo vegetacijske indekse, ki odražajo stanje vegetacije na zemeljskem površju. Indeksi so sestavljeni iz dveh ali več izbranih spektralnih pasov. Navadno so valovne dolžine okoli 700 nm, kar ponazarja rdeči spekter, ki ga rastline uporabijo v procesu fotosinteze. Rastline na splošno dobro absorbirajo svetlobo 400–700 nm, nad 700 nm pa se absorpcija bistveno zmanjša. V območju od 700 nm do 1,1 μm vegetacija močno odbija svetlobo NIR.

Uporaba brezpilotnih letalnikov in multispektralnih kamer v kmetijstvu omogoča kmetom bolj informirane odločitve o upravljanju kmetijskih površin in pridelavi pridelkov. Brezpilotni letalniki s kamerami omogočajo zaznavanje različnih ravni rasti rastlin ter zgodnje odkrivanje bolezni in škodljivcev. To lahko pripomore k boljši kakovosti pridelka ter manjši porabi sredstev za zaščito rastlin. Brezpilotne letalnike uporabljamo v najrazličnejše namene. Digitalne karte z informacijami o stanju rastlin v fazi vegetacije lahko izdelamo z njihovo uporabo.

Digitalne karte združujejo podatke o lokaciji in o lastnostih pridelka kot so sorta, vlaga, količina, hranilne vrednosti tal, itd. Na tej osnovi imamo jasen pregled nad količino pridelka glede na lokacijo, založenost hranil v tleh, vlažnostjo tal, ipd. Karte pa v povezavi z navigacijskimi sistemi omogočajo delo v slabših delovnih pogojih, npr. nočno delo, delo v dežju, snegu ali v megli.

Na osnovi kart pridelkov, ki jih izdelamo ob žetvi, nato z uporabo ustrezne mehanizacije izvedemo selektivno gnojenje ali posejemo rastline različno gosto po površini. Za pridelovalca so zelo pomembni podatki o stanju (bolezni in napadi škodljivcev) rastlin na kmetijskih površinah. Ob napadu bolezni so proizvodne sposobnosti zmanjšane.

Če želimo selektivno tretirati bolezenska stanja in tako prihraniti na račun delovne sile, škropiv in goriva, moramo pravočasno zaznati razne spremembe na polju.

Brezpilotne letalnike se uspešno uporablja za daljinsko zaznavanje. Iz pridobljenih posnetkov je možno razbrati določena stanja rastlin (poleglost) in objektov v bližini. Z naraščanjem zmogljivosti kamere (večja ločljivost) pridobimo na obsegu informacij o stanju rastlin. Aerofotografije, posnete z brezpilotnimi letalniki, imajo večjo ločljivost kot tiste, zajete s sateliti.

Kmetovalec si lahko sam pridobi ustrezna dovoljenja za opravljanje letov, na trgu kupi brezpilotni letalnik in opravlja aerofotografiranje svojih površin za opravljanje nadzora in tako pridobi ustrezne informacije o stanju rastlin na njegovih površinah. Predpostavljamo pa, da bodo te storitve kmetovalcem na terenu v bodoče nudili ustrezni servisi.

Z uporabo različnih vegetacijskih indeksov lahko spremljamo stanje pšenice v obdobju rasti. Indeksa NDVI in GNDVI sta ponudila največ informacij glede listne mase, ugotavljanja zdravstvenega stanja rastlin in absorpcije svetlobe. Indeks GNDVI je občutljivejši na vsebnost koncentracije klorofila in je primernejši za spremljanje stresa rastlin pri določenih pogojih. Vrednosti indeksa NDRE so bolj natančnejše v poznejših fazah pšenice, saj pas rdečega roba zagotavlja meritev, ki ni tako močno absorbirana samo z zgornjimi plastmi listov. MCARI pa se uporablja za natančnejšo meritev klorofila.

Multispektralna kamera uporabljena za namen zajema posnetkov je prikazana na sliki 4.



Slika 6: Primer multispektralne kamere.

3. Video prikaz delovanja večjega robota, razvitega v okviru projekta Rovitis 4.0

Kmetijski roboti so naprave, ki se v kmetijskem sektorju v zadnjih letih uporabljajo za avtomatizacijo različnih nalog in opravil ter imajo v prihodnosti velik potencial za preoblikovanje sektorja. Roboti lahko pomagajo kmetom pri povečanju učinkovitosti, zmanjšanju potrebe po ročnem delu in zmanjšanju porabe kemičnih sredstev. Slednje pomembna ciljna točka za izboljšanje trajnosti in varovanje okolja, saj lahko s pretirano uporabo količin pesticidov, herbicidov in drugih kemičnih sredstev negativno vplivamo na okolje, zdravje ljudi in na dolgoročno produktivnost. Na omenjene izzive smo se osredotočali z italijanskimi partnerji v projektu EIP AGRI ROVITIS 4.0 (slika 5), kjer je Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede skupaj s podjetjem AMPS s.p. poskrbela za razvoj programske opreme. S skupnimi močmi smo tako izdelali avtonomni kmetijski robot večjih dimenzij namenjen resni uporabi za nanos fitofarmaceutskih sredstev (FFS) v vinogradih. Poglavitna funkcija sistema je avtonomnost, saj deluje ob podpori fuzije senzorskih sistemov za potrebe natančnega lokaliziranja v prostoru.

Rovitis 4.0 je sicer zgrajen na bazi daljinsko vodenega goseničarja. Temu je dodana posebej zanj razvita računalniška enota, ki skrbi za osnovo funkcionalnost robota in višje nivojska računalniška enota, ki skrbi za procesiranje meritev iz različnih senzorjev, ki omogočajo, da se robot v nekontroliranem naravnem okolju ustrezno odzove na izzive in naloge pred njim.

To dosegamo s fuzijo meritev in oporo naslednjih senzorskih sistemov:

- LIDAR (Light Detection and Ranging), ki deluje po principu oddajanja laserskih žarkov in merjenja časa, ki ga ti žarki potrebujejo, da se odbijejo od objektov v okolju ter se vrnejo nazaj k senzorju. Ta tehnika omogoča pridobivanje natančnih tridimenzionalnih podatkov o okolju;
- RTK-GPS, ki temelji na spremljanju signalov iz več satelitov in omogoča zelo natančno določitev položaja, pogosto z natančnostjo do nekaj cm;
- IMU (Inercialni merilniki enot), ki merijo pospešek in kotno hitrost, uporabljajo se za določanje sprememb položaja, stabilizacijo, ocenjevanje nagibov in hitrosti robota;
- Odometrija, meri število obratov koles in spremembo kota, kar pripomore k določanju spremembe položaja in premikanja robota.

Javno naročilo »Izvedba demonstracijskih projektov - digitalizacija na kmetijah«
Projektna naloga, št. 430-64/2022

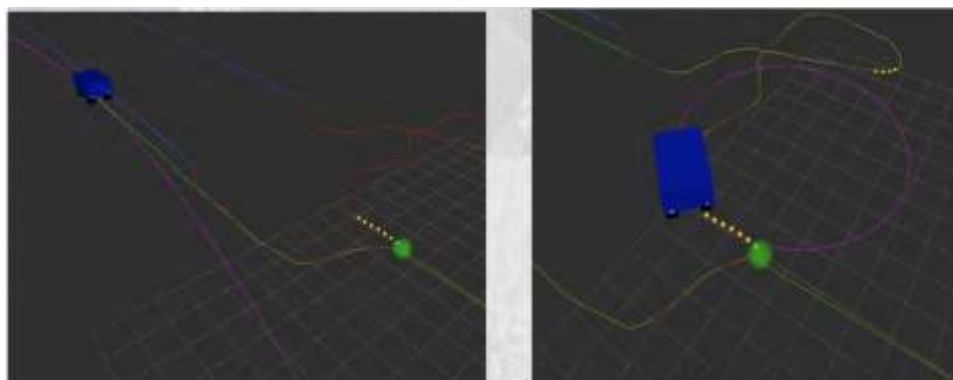


Slika 7: Robotski sistem Rovitis 4.0.

Robot je sposoben avtonomnega delovanja po principu "Teach and Repeat", kar pomeni, da robotu najprej priučimo (posnamemo) vožnjo iz garaže do vinograda, kjer s pomočjo nameščenega pršilnika nanese fitofarmaceutvska sredstva, nato pa ga vodimo nazaj do garaže. To napravimo le enkrat, saj v naslednjih obhodih robot delo opravi popolnoma sam, ne glede na spreminjajoče se pogoje.

Primer večstopenjskega ponavljajočega se dejanja (slika 6).

- Sledenje vrsti (LiDAR), obračanje v vrstah (LiDAR, lokalizacija);
- Sledenje poti (LiDAR, lokalizacija);
- Garaža (LiDAR).



Slika 8: Večstopenjsko ponavljajoče se premikanje Rovitisa 4.0.



4. Prikaz delovanja naprednih senzorskih sistemov

Prikaz robotizacije / avtomatizacije pršilnega sistema, ki omogoča prihranke do 50%, odvisno od karakteristik izbranega vinograda / sadovnjaka.

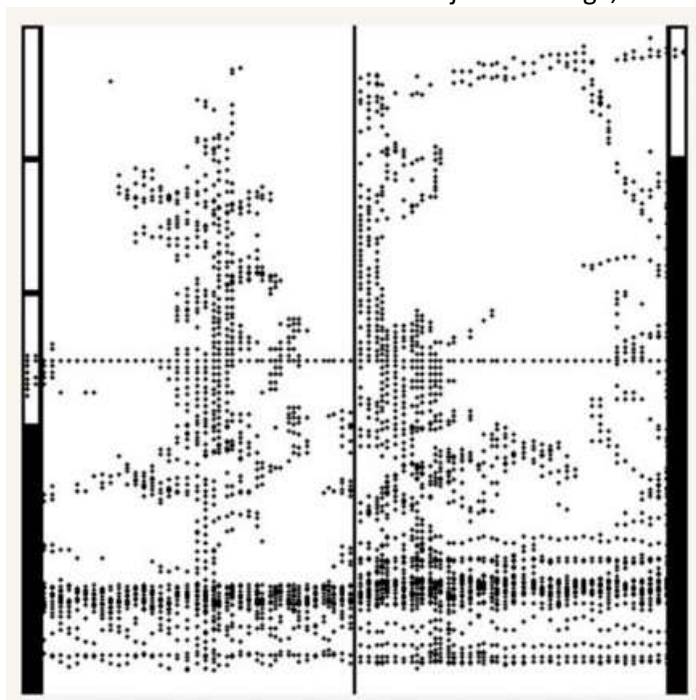
Senzorski sistem, imenovan SACS (Spraying Application Control System), uporablja algoritem FieldSLAM za lokalizacijo in dva LiDAR senzorja za določanje prisotnosti krošenj in položaja sistema (slika 7). Vgrajen je na pršilniku z nastavljivi izstopnimi cevmi z elektromagnetnimi ventili (slika 8, 9 in 10).

Glavna prednost nadgrajenega sistema je, da je bolj učinkovit, avtomatiziran in enostaven za uporabo, s čimer izpolnjuje cilje v smislu trajnostnih kmetijskih praks. Sistem je bil nadgrajen in pripravljen v okviru projekta Interreg Central Europe Transfarm 4.0 v pilotni akciji 2 – daljinsko in proksimalno zaznavanje. SACS uporablja napredne senzorske sisteme, ki omogočajo natančen nanos brozge, saj zaznavajo prisotnost oziroma odsotnost rastlinskih krošenj in omogočajo ustrezen odziv glede na pokritost. Torej sistem deluje po načelu, da škropi tam, kjer je to potrebno in preneha tam, kjer delov rastlin ne zazna. SACS za izvajanje svojih nalog uporablja več elektromehanskih komponent, vključno z dvema senzorjema TIM510 LiDAR, 10 elektromagnetnimi ventili, 16 releji in procesorsko enoto Raspberry PI 4.

V sistem SACS je vgrajen tudi algoritem FieldSLAM. To zagotavlja edinstveno prednost sistemu, saj omogoča delovanje v naravnem okolju. Ker šob in senzorja ni mogoče postaviti eno poleg druge, ne da bi škropljenje vplivalo na zajem podatkov, je lokalizacija izjemnega pomena; vedeti, kje so bili odčitani podatki o prisotnosti krošnje rastlin in katere naloge so bile shranjene na trenutni lokaciji šob. Primer lokalizacije in rekonstrukcije odčitkov je prikazan na sliki 7. Glavne prednosti nadgrajenega sistema SACS so, da uporablja dva tipala LiDAR (model TIM510) namesto kompleksnih in dragih metod, kot je RTK GPS. Prvi, navpično postavljen, zajema podatke, potrebne za ugotavljanje prisotnosti rastlinskih krošenj, drugi, vodoravno postavljen LiDAR, pa pomaga določiti položaj sistema.



Javno naročilo »Izvedba demonstracijskih projektov - digitalizacija na kmetijah«
Projektna naloga, št. 430-64/2022



Slika 9: Rekonstrukcija dreves (krošenj) in aktuatorjev (šob) ob straneh.



Slika 10: Pršilnik z nastavljimi izstopnimi cevmi nagrajen s senzorskim sistemom.



Javno naročilo »Izvedba demonstracijskih projektov - digitalizacija na kmetijah«
Projektna naloga, št. 430-64/2022



Slika 11: Pršilnik z nastavljivimi izstopnimi cevmi nagrajen s senzorskim sistemom na delovni operaciji v vinogradu.



Slika 12: Pršilnik z nastavljivimi izstopnimi cevmi nagrajen s senzorskim sistemom na delovni operaciji v vinogradu.



Udeleženci bodo v toku predstavitve lahko postavljali vprašanja in želje po dodatnih obrazložitvah in tudi preizkusili delovanje in od blizu spoznali učinke.

Reference izvajalca:

Področje robotizacije je razvojna usmeritev, ki jo na KGZS Ptuj in UM FKBV želimo uvajati na kmetijah, ki iščejo rešitve z uporabo sodobnih možnosti.

Člani projektne skupine Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede se aktivno ukvarjajo z digitalizacijo, avtonomizacijo in robotizacijo v kmetijstvu ter uvajanjem novih tehnologij, kar dokazujejo z številnimi projekti na tem področju (Intereg Transfarm 4.0, Rovitis, EIP projekti, razni študentski projekti in drugo). Svoja znanja na tem področju prenašajo uspešno v prakso, prav tako pa tudi na študente v okviru študijskega procesa. Eden izmed pomembnejših projektov je tudi razvoj manjšega poljskega robota, s katerim študentje vsakoletno tekmujejo na študentskih tekmovanjih v raznih disciplinah, ter ga vsakoletno izpolnjujejo in dopolnjujejo in dosegajo zelo dobre rezultate na mednarodnem nivoju.

Člani projektne skupine so že sodelovali pri predstavitvi vsebin, praks in novih tehnologij širši javnosti in jim je tak pristop predstavitve novih aktualnih vsebin končnim uporabnikom poznan. Zato lahko z svojim znanjem vsi aktivno sodelujejo pri pripravi vsebin in pri prenosu znanja v prakso. Nenazadnje svoje reference dokazujejo z bogato bibliografijo na tem področju.

