

PRAKTIČNI VODIČ

ZA UPOTREBU INFORMACIJSKIH I KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA (IKT)
U POLJOPRIVREDI I OBRAZOVANJU U POLJOPRIVREDI (AET)



Opća upotreba IKT tehnologije u poljoprivredi – UVOD

Informacijska i komunikacijska tehnologija u poljoprivredi (IKT u poljoprivredi), poznata i kao e-poljoprivreda ili pametna poljoprivreda, usredotočena je na upotrebu različitih IKT tehnologija, proizvoda i usluga u cilju unapređenja ovog važne ekonomske grane. Primjena IKT-a u poljoprivredi je vrlo širok pojam i za sada nema precizne definicije.



Montenegrin Association for
New Technologies (MANT)
Mant.me@gmail.com

RADOVAN STOJANOVIĆ
PROF. DR.



Primjene IKT-a u kontekstu poljoprivrede nude ogromne mogućnosti za sigurnost hrane i održivost, ali ne postoji univerzalni pristup zbog čega još postoje razni izazovi.

Poljoprivreda je uvijek bila obilježena velikom potražnjom za informacijama i komunikacijama. Poljoprivrednici i drugi sudionici u proizvodnji koristili su razna sredstva tijekom povijesti u odgovoru na ovaj zahtjev. Mezopotamijski farmeri koristili su glinene table sa uputama za zalijevanje usjeva prije 3.500 godina. Stoljećima kasnije, poljoprivredne novine i knjige postaju popularne i pristupačne. Također telegraf, radio i TV programi tada postaju dostupni i pružaju dragocjene informacije potrebne poljoprivrednom sektoru. Ovi tradicionalni oblici informacija i komunikacije imaju ograničenja, ali su i dalje popularni. Jednosmjerna komunikacija smatra se glavnim nedostatkom emitiranih medija kao što su TV, radio i novine. Uz to, većina informacija koje poljoprivrednici žele vrlo je specifična za određenu

Posljednjih decenija pojavile su se i druge nove tehnologije, pored komunikacije, koje su imale potencijal da odgovore na potrebe poljoprivrednih proizvođača, kako u razvijenom svijetu tako i u državama u razvoju. Istraživanje i tehnološki napredak u oblastima velikih podataka, satelitskih sistema, računarske snage i (daljinskog) mjerenja, vještačke inteligencije i drugih značajno doprinose IKT revoluciji

Osobni IKT uređaji poput računala, pametnih telefona i drugih elektroničkih uređaja mogu biti vrlo korisni za poljoprivrednike i ostale krajnje korisnike u e-poljoprivredi. Zahvaljujući brzom padu cijena povezivosti i alata, osobni IKT uređaji, posebno mobilni telefoni, koriste se širom svijeta, čak i u većini ruralnih Afričkih sela. Prema ITU (2017.), 3,6 milijardi ljudi koristilo je internet 2017. godine, od čega 2,6 milijardi u državama u razvoju; 4,3 milijarde je pretplaćeno na širokopojasnu mrežu, a najviše stope rasta dolaze iz najmanje razvijenih zemalja. Tablica 1 prikazuje svojstva i učinke povezivosti za većinu država zapadnog Balkana obzirom na različite pokazatelje/tehnologiju, kao i usporedbu s prosjekom EU (prosječna vrijednost u EU) [2]. Brzo širenje IKT uređaja dovelo je do snažnog interesa javnog i privatnog sektora za razvoj IKT aplikacija za poljoprivrednike i zajednicu za pristup ulaznim podacima, uslugama i tržištima, za podršku upravljanju farmama kao i u donošenju odluka. Konačno, upotreba ICT-a neizbježna je u lancu opskrbe poljoprivrednim proizvodima, u obrazovanju i marketingu. Lokaciju i mnoge od ovih tehnologija ne udovoljavaju ovom zahtjevu proizvođača.

INDICATOR	EU AVG	AL	BA	ME	MK	RS	TR	XK
INDICATORS FOR WHICH DATA AVAILABLE								
		8	1	8	7	9	5	8
1A.1 Fixed BB Coverage %	97%	13%		90%	98%	72%		100%
1A.2 Fixed BB Take-up %	76%	12%	18%	81%	66%	62%	56%	18%
1B.2 4G Coverage % TK	91%	87%		97%	100%	96%	87%	89%
1B.2 Mobile BB Take-up (per 100 pop)	90	65		75	69	83	75	92
1C.1 NGA Coverage %	80%	14%		71%	50%	68%		97%
1C.2 Fast BB Take-up	34%	4%		52%	21%	44%	9%	33%
1D.1 Ultrafast BB Coverage	57%	0%		61%		67%		9%
1D.2 Ultrafast BB Take-up %	15%	1%		5%	1%	2%	0%	
1E.1 Broadband Price Index	87					57		5

Posljednjih desetljeća pojavile su se i druge nove tehnologije, pored komunikacije, koje su imale potencijal odgovoriti na potrebe poljoprivrednih proizvođača, kako u razvijenom svijetu tako i u zemljama u razvoju. Istraživanje i tehnološki napredak u oblastima velikih podataka, satelitskih sustava, računalne snage i (daljinskog) mjerenja, vještačke inteligencije i drugih značajno doprinose IKT revoluciji.

S tehničkog gledišta, informacijske i komunikacijske tehnologije (IKT) su uređaji, mreže i aplikacije za prikupljanje, pohranu, upotrebu i slanje podataka elektroničkim putem. IKT primjene IKT-a u kontekstu poljoprivrede nude ogromne mogućnosti za sigurnost hrane i održivost, ali ne postoji univerzalni pristup te razni izazovi ostaju.

Uz to, IKT aplikacije imaju potencijal rješavanja specifičnih zadataka u poljoprivredi. Uključuju različite vrste rizika, koji mogu postati izraženiji s klimatskim promjenama: sezonalnost i prostorna raspodjela poljoprivrede, visoki transakcijski troškovi, informacijska asimetrija i potreba za znanjem u upravljanju koje je ovisno od lokacije. Zdravlje usjeva može se pratiti intenzivno i precizno.

PODRUČJA PRIMJENE

IKT se može primijeniti u cijelom lancu vrijednosti poljoprivrede, kao što se vidi na slici 1. Mogu se koristiti za upravljanje osnovnim činiteljima proizvodnje (zemljište, rad, kapital itd.), pristup ulaznim materijalima i uslugama, uključujući usluge proširenja te kako bi se olakšala prerada i stavljanje u promet. Također se primjenjuju na razini potrošača (slika 1).

U novom se sadržaju, IKT u poljoprivredi, primjenjuje u naprednim područjima kao što su: lanac opskrbe, usluge Industrije 4.0, Industrije 5.0, Obrazovanje, Istraživanjima i srodnim područjima. Internet, posebno u obrazovanju i istraživanju, postaje vrlo moćno sredstvo primjene novih tehnologija. Vrlo je intenzivna primjena IKT-a u praćenju ekoloških uvjeta u poljoprivredi (vremenski parametri, mikro i makro klima, klimatske promjene itd.).

U posljednje vrijeme, situacija zahtijeva hitan rad na razvoju IKT sustava za upravljanje katastrofama kao što su poplave, požari, bolesti, pandemija COVID-19 i drugi.

Jednom riječju, nema dijela poljoprivrede u kome se IKT ne primjenjuje.

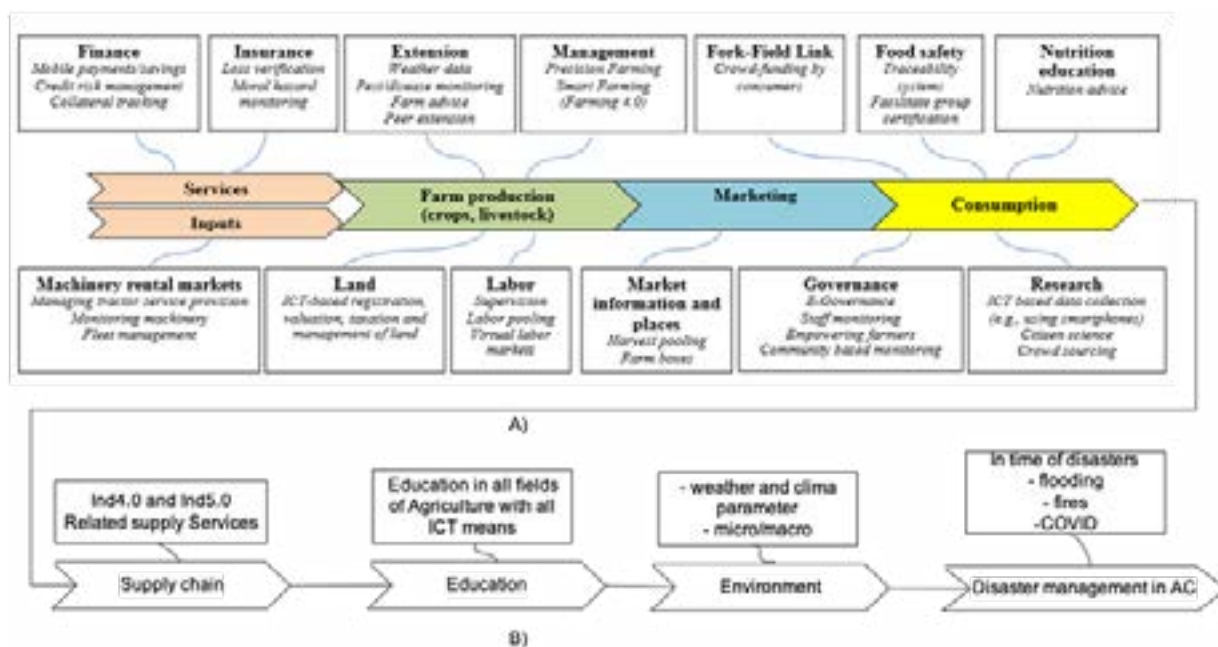
PODRUČJA PRIMJENE

IKT se može primijeniti u cijelom poljoprivrednom lancu, kao što je prikazano u slika 1. Oni se mogu koristiti za bolje upravljanje osnovnim faktorima proizvodnje (zemljište, rad, kapital itd), za pristup ulaznim materijalima i uslugama, uključujući usluge proširenja i kako bi se olakšala prerada i stavljanje u robe promet. Oni se takođe mogu primijeniti na nivou potrošača, slika 1.

U novom sadržaju, IKT u poljoprivredi se primjenjuje u naprednim oblastima kao što su: lanac snadbijevanja, Industrija 4.0, Usluge 5.0, Obrazovanje, Istraživanje i srodna područja. Internet, posebno u obrazovanju i istraživanju, postaje vrlo moćno sredstvo primjene novih tehnologija. Postoji vrlo intenzivna primjena IKT-a u praćenju ekoloških uslova uspjevanja u poljoprivredi (vremenski parametri, mikro i makro klima, klimatske promjene itd.).

Od skoro, situacija zahtijeva hitan rad na razvoju IKT sistema za upravljanje katastrofama kao što su poplave, požari, bolesti, pandemija COVID-19 i drugi.

Jednom riječju, nema dijela poljoprivrede u kome se IKT ne primjenjuje.



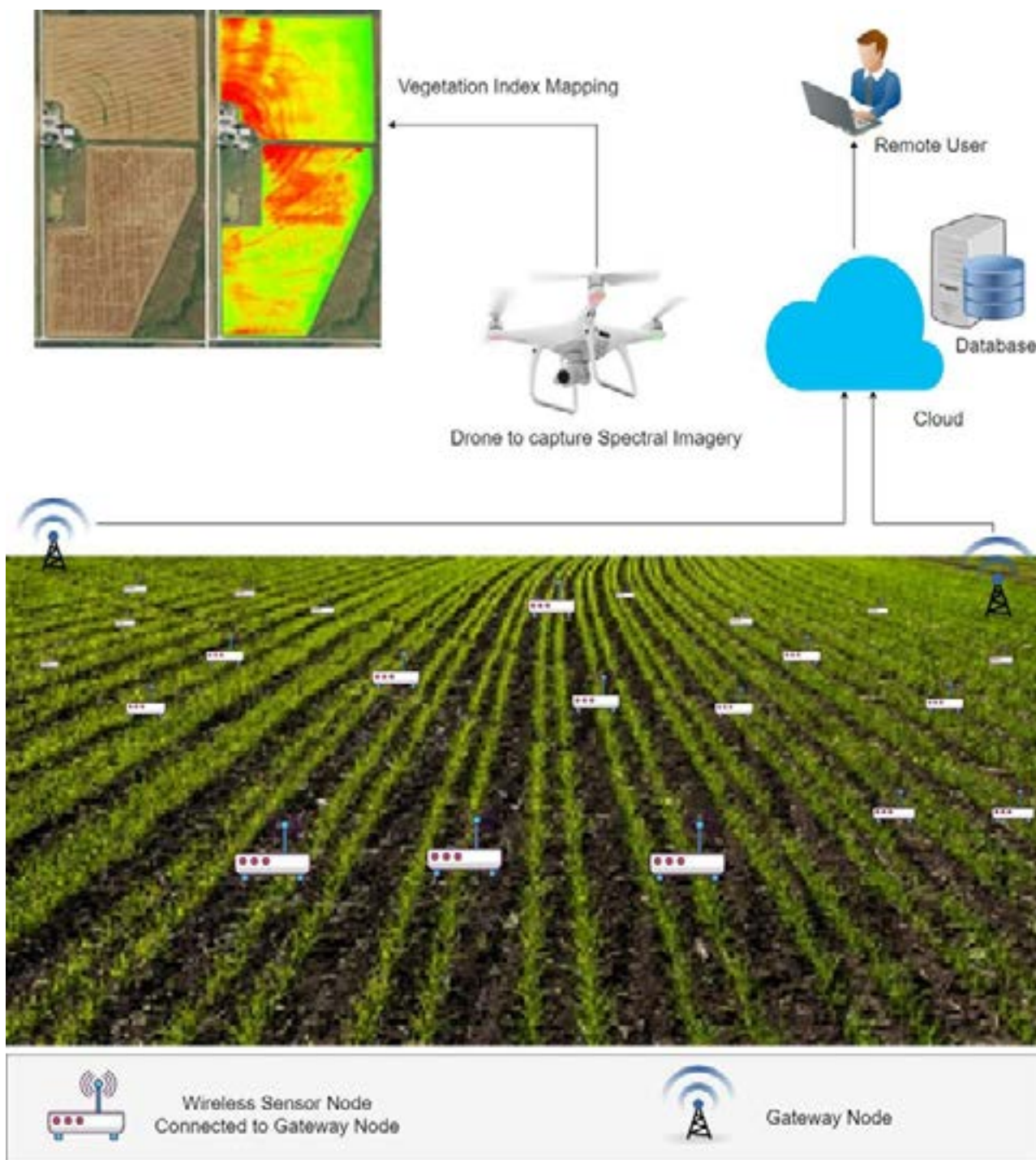
Slika 1. Primjeri IKT aplikacija u lancu poljoprivredne proizvodnje

PODRUČJA PRIMJENE

Za razvoj odgovarajućeg sustava IKT u poljoprivredi, potrebno je poznavati osnovne zadatke i principe koji odgovaraju takvom izazovu u dizajnu. Rijetko je pametna poljoprivreda u modi odnosno trend među proizvođačima. Neće svako IKT rješenje za poljoprivredu odgovarati potrebama. Pametna rješenja se prilagođavaju korisnicima.

Prvo je potrebno definirati potrebe i želje. Ponekad možete izgubiti vrijeme i novac jer ne znate što želite. Važno je imati na umu da je vrijeme “neobnovljivi” resurs. Optimizacija je nikad riješen problem, ali trebali bismo se potruditi doći što bliže optimalnom rješenju. Sveukupna ideja je pronaći rješenje koje udovoljava potrebama, uz minimalne troškove.

Kao primjer, slika 2 prikazuje suvremeni IKT sustav za praćenje parametara odabrane biljne vrste u polju. Kao što je vidljivo, korišteni su: senzori, senzorske mreže, komunikacijski protokoli, oblak, server, baza podataka, klijenti itd. Dron se može koristiti za hvatanje spektralnih slika ili drugih signala. Ciljana primjena može biti indeksiranje vegetacije. Kao što se vidi, ovo je vrlo složen zadatak zahtijeva znanje, tehnologiju i resurse, i može se riješiti na različite načine, a svi oni primjenjuju IKT tehnologiju.



Slika 2. Moderni sistem u preciznoj poljoprivrednoj proizvodnji

Obično, u praksi, postoje različiti načini rješavanja jednog problema vezanog uz poljoprivrednu proizvodnju? Razmotrimo primjer, određivanje parametara dušika u usjevima. Osnovni princip temeljen je na detekciji boje usjeva. To je moguće učiniti ručno, pomoću predloška u boji listova koji košta 5 EUR. U ovom su slučaju oči senzor, a mozak računalo za obradu. Druga metoda je korištenje ručnog brojila, primjerice Minolta SPAD 502, koje košta oko 1000 EUR. Možemo obaviti isti zadatak pomoću pametnog telefona (Android ili iPhone), koji odgovara odgovarajućoj aplikaciji po cijeni od 600 EUR. A najnovija je tehnologija dron u cijeni 5000 EUR. Cijene se kreću od 5 do 5000 EUR. Najčešće rješenje je korištenje pametnog telefona jer je optimalno, a i koristi se u mnoge svrhe. Osim što je najjeftiniji, ovaj pristup omogućuje nam pohranu, slanje i primanje podataka.

KORACI U RAZVOJU SUSTAVA E-POLJOPRIVREDE

Važno je pratiti metodološke korake u procesu dizajniranja i razvoja sustava e-poljoprivrede:

1. Analizirati potrebe za sustavom e-poljoprivrede za namjensku primjenu. SWOT analiza može se koristiti kao alat za ukazivanje na snage, slabosti, mogućnosti i prijetnje povezane sa poslovnom konkurencijom ili planiranjem projekta.
2. Definiranje ciljeva i svrha. Svaka proizvodnja ima prioritete. Ako je proizvodnja u području sa sušnom području, praćenje vlage u tlu mogao bi biti primarni cilj na tom mjestu. Ključni ciljevi koje treba postići na kraju će odrediti ostatak projekta – od senzorske strukture do softverske arhitekture. Poželjno je započeti s jednim prioritetom.
3. Odlučiti se o tehnologiji prijenosa podataka. Prijenos automatski ili ručno, sirovi podaci ili rijetki podaci, blizu ili daleko, iznutra ili izvana. Koju tehnologiju koristiti za prijenos podataka, sa serijskog na WPLAN sa žičane na bežičnu mrežu.
4. Odredite izvore napajanja. Udaljenost prijenosa podataka je također važna, jer izravno utječe na vijek trajanja baterije senzora. Potrošnjom energije moguće je upravljati reguliranjem učestalosti prijenosa podataka ili prijenosom manje količine podataka. Na ovaj ili onaj način. Potrošnja energije i izvori energije zahtijevat će preliminarne procjene.
5. Procijenite učestalost prikupljanja podataka. Potrošnja energije i vijek trajanja senzora također će ovisiti o učestalosti prikupljanja podataka. Koliko često treba prikupiti potrebne podatke da bi se postigla vrijednost?
6. Proučite specifikaciju senzora. Odaberite odgovarajući senzor. Izbor senzora vrlo je stručan posao od raspona do kućišta. Uzeti u obzir da je većina mjerenja “fiziološka“.
7. Razmislite o samo-kalibraciji. Obično dizajn preskače ovu tačku, ali kako ćete znati da vaš senzor šalje odgovarajuću vrijednost. Kao primjer, mjerenje pH.
8. Napraviti mini model i testirati sustav. Obično u laboratoriji ili “mini vrtu“ trebate napraviti mini test sustav. Sustav bi trebao raditi na modelima.
9. Instalirati sustav na licu mjesta. To je zahtjevan posao, ne samo elektronika ili IKT, trebaju vam strojarstvo, građevinarstvo, majstori.
10. Probni rad na licu mjesta. Izvršite postupke ispitivanja. Ne preskačite test “najgoreg slučaja“.

Optimalan i izvodljiv sadržaj poslovanja i vremena



Iako je precizna poljoprivreda izazovni posao, ona bi trebala stvoriti optimalan i izvediv poslovni i vremenski dizajn. To zahtjeva znanje iz ekonomije, agronomije, računalstva i kvalitete života.

Dobro je imati na umu:

“Stvarno je teško dizajnirati proizvode po fokusnim grupama. Puno puta ljudi ne znaju šta žele dok im to ne pokažete.“ – Steve Jobs

LITERATURA

[1] Thomas Daum, ICT applications in Agriculture, accessible at https://www.researchgate.net/publication/327006624_ICT_Applications_in_Agriculture

[2] Monitoring the digital economy and electronic communications services in the Western Balkans and Turkey, <https://rcc.int/files/user/docs/3%20-%20DESI%202019.pdf>

[3] Uferah Shafi et al., Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications, Sensors 2019, 19, 3796; doi:10.3390/s19173796



Manually



By hand held meter



By smart phone application



By drone

Slika 3.
Različite tehnike i dizajnerski pristupi za mjerenje parametara azota u usjevima



Upotreba robotike u poljoprivredi

Tijekom posljednjih nekoliko godina vidjeli smo mnogo novih zanimljivih robotskih projekata s obećavajućim rješenjima namijenjenim poljoprivredi. Razlozi za to leže u povećanju svijesti javnosti koja se odražava u strateškim dokumentima, poput strategija specijalizacije koje uključuju aspekte poput Industrije 4.0, digitalizacije u poljoprivredi, precizne poljoprivrede, korištenja ICT-a i drugih. Drugi je razlog promjena paradigme razmišljanja za nove poljoprivrednike koji preuzimaju poljoprivrednu proizvodnju i žele je učiniti održivom, imajući na umu zatvoreno gospodarstvo i prepoznajući potencijal novih načina poljoprivrede. To uključuje male, jeftinije grupe autonomnih strojeva, umjesto posjedovanja jednog velikog stroja, kojim upravljaju ljudi. Ovo može ići korak dalje, umjesto posjedovanja mogućnost unajmljivanja ili dijeljenja između poduzeća, čineći veći broj manjih subjekata jednim, većim i jačim subjektom koji će se lakše natjecati na tržištu [1].

U sljedećem pododjeljku istražujemo različite vrste robota. S jedne strane predstavljamo robote napravljene za rad u zatvorenom okruženju, poput robota za staklenike. Zatim istražujemo status robota koji bi trebali raditi vani, na otvorenom, roboti za polje, a dijelimo ih temeljem veličine, namjene, senzornih sustava koje podržavaju i tehnologije na kojoj se temelje; motora s unutarnjim izgaranjem, električnih ili hibridnih rješenja.

ROBOTIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Proizvodnja u zaštićenim prostorima intenzivna je metoda proizvodnje s visokim investicijskim i operativnim troškovima, stoga dopušta samo proizvodnju usjeva voća i povrća visoke vrijednosti poput rajčice, slatke paprike i krastavca, cvijeća poput ruža, krizantema i gerbera te mnogih vrsta biljaka u saksiji. U proteklim desetljećima, u zapadnim se društvima ova vrsta proizvodnje suočavala s povećanim troškovima rada i sve većim problemima s dostupnošću dovoljno kvalificirane radne snage, zdravstvenim problemima zaposlenih zbog teških i ponavljajućih zadataka i rastućom konkurencijom na nacionalnom i međunarodnom tržištu.



University of Maribor
denis.stajanko@um.si

DENIS STAJANKO
PROF. DR.



University of Maribor
jurij.rakun@um.si

JURIJ RAKUN
DOC. DR.



University of Maribor
erik.rihter2@um.si

ERIK RIHTER
MR

Tipični ciklus uzgajanja u zaštićenom prostoru uključuje mnogo koraka ili operacija kao što su:

1. Sjetva, cijepljenje, ožiljavanje
2. Transport biljaka u zaštićeni prostor
3. Posađivanje
4. Operacije održavanja biljaka:
 - a. Vezanje biljaka na žicu ili potporanj
 - b. Postavljanje armature ili žice
 - c. Uklanjanje bočnih izdanaka
 - d. Uklanjanje korova/ prorjeđivanje biljaka
 - e. Prorjeđivanje plodova/ cvjetova
 - f. Uklanjanje listova
 - g. Spuštanje biljaka, podešavanje visine biljke
 - h. Zaštita/ tretiranje usjeva
 - i. Berba (jednokratna/ višekratna)
5. Unutarnji prijevoz biljaka ili ubranih proizvoda
6. Klasiranje
7. Pakiranje
8. Uklanjanje biljaka i čišćenje

U zaštićenim prostorima rastu usjevi koji imaju jednu ili više berbi. Prva skupina usjeva (salata ili krizantema) prolazi sve proizvodne korake samo jednom, a cjelokupni postupak obično traje samo nekoliko tjedana. Tu je prikladnije primijeniti postupke automatizacije i robote nego u usjevima s više berbi/žetvi (rajčica ili ruža), koje imaju dulji proizvodni ciklus (godinu dana za rajčicu i do pet godina za ružu).

Trenutno, posljednja riječ tehnologije u mehaniziranoj proizvodnji u zaštićenim prostorima pokazala je postojanje komercijalno dostupnih rješenja za sjetvu, ožiljavanje, cijepljenje, presađivanje, transport, sortiranje, pakiranje i uklanjanje biljnih ostataka. Sastoje se od automatiziranih sustava uglavnom temeljenih na rješenjima strojarskog inženjerstva, često nefleksibilnih prema promjenama uvjeta rada, s malim brojem senzora i ne puno "inteligencije". Razlog je jednostavan. Zadaci tijekom ovih faza jednostavni su i usredotočuju se na dobro definirane ciljeve u smislu mjesta, veličine, oblika i boje [2].

Budući složeno radno okruženje predstavlja značajan izazov za robotiku, u praksi se koriste dva smjera u razvoju i istraživanju: 1) unapređenje robotske tehnologije i 2) modificiranje okoline radi pojednostavljivanja zadatka. Uvijek se mora imati na umu da robotika za zaštićeni uzgoj nije samo razvoj prikladne tehnologije. Na samom kraju razvoja, strojevi bi trebali biti usko uklopljeni u proizvodni proces u zaštićenom prostoru. Štoviše, robotika u zaštićenim prostorima suočena je s malim i vrlo rastrkanim tržištem.

Održavanje biljaka obuhvaća dosta složenih operacija, iz razloga što se mora voditi računa o porastu, obliku, veličini i boji biljaka unutar nestrukturiranog usjeva. Oni zahtijevaju specifičan tretman na razini cjelovitih biljaka, a čak i češće, samo na određenim dijelovima biljaka (plodovi, cvjetovi). Specifični tretmani također ovise o specifičnostima ploda ili cvijeta, kao i o specifičnim promjenama zahtjeva tržišta. Nadalje, dio je usjeva zaklonjen, s ograničenom vidljivošću i dostupnošću.

Stoga se uspješno izvršavanje operacija održavanja biljaka snažno oslanja na ljudske vještine kao što su inteligencija, sposobnost donošenja odluka, prilagodbe i učenja te na vrlo učinkovitu koordinaciju oko-ruka. Međutim, zbog porasta troškova ljudskog rada, ovi su zadaci zanimljivi za visokotehnološka rješenja koja koriste naprednije uređaje za manipulaciju i prihvat biljaka, širok raspon senzora, napredni računalni hardver i inteligentni softver. Ovim je izazovima u protekla tri desetljeća posvećena značajna pozornost kod istraživanja robotike u poljoprivredi i proizvedeno je nekoliko eksperimentalnih robota poput robota za berbu jagoda, robota za berbu krastavaca, berača paprike. Trenutno su najčešće korišteni roboti u proizvodnji u zaštićenim prostorima roboti za prskanje (24,7 %), a slijede roboti za sadnju i berbu (22,2 %), pakiranje (11,7 %) te slaganje (3,7 %) [3].

TEHNIČKI IZAZOVI U ROBOTICI

Iako uzgoj u zaštićenim prostorima pruža kontroliraniji okoliš od poljoprivredne proizvodnje na otvorenom, nestrukturirani usjev nameće brojne tehničke izazove za uvođenje robotike.

Poznato je da je okoliš oko usjeva nestrukturiran i da se dinamički razvija u vremenu i prostoru, što ga čini pretjerano složenim. Kada razvijaju automatiziranu tehnologiju za ovakve sustave, inženjeri moraju koristiti naprednu tehnologiju za rješavanje problema složenosti okoliša kakvi se susreću u trenutnoj poljoprivrednoj praksi ili moraju modificiranjem radnog okruženja omogućiti jednostavnija ili brža tehnička rješenja s obzirom na trenutno stanje tehnologije [4].

PROJEKTIRANJE I DJELOVANJE SUVREMENIH ROBOTIČKIH SUSTAVA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

S ciljem postizanja brzog i robusnog rada u složenom i dinamičnom okolišu uzgoja u zaštićenim prostorima, robot mora biti opremljen vještinama inteligentne osjetljivosti, planiranja i djelovanja. Senzor je potreban za otkrivanje, klasifikaciju i lokalizaciju objekata u 3D okruženju. Za rješavanje velike varijabilnosti i nedostupnosti dijelova usjeva potrebni su sofisticirani algoritmi. Na koncu, potrebno je inteligentno planiranje i složene radnje kako bi se prilagodilo promjenjivim uvjetima u usjevu, kako bi se došlo do zaklonjenih dijelova gdje bi se proizvod preuzeo i transportirao u kontejner. Te se radnje moraju izvoditi učinkovito, ali delikatno, osiguravajući da ne dođe do oštećenja proizvoda ili okoliša usjeva [5].

MODIFICIRANJE RADNOG OKRUŽENJA

Unatoč ogromnim naporima u razvoju modernih robota za berbu plodova i cvijeća u zaštićenom prostoru i dalje je puno lakša (ali i skuplja) praksa prilagoditi okruženje rasta biljaka koje bi najbolje odgovaralo kretanju robota, prije nego što ga uvedemo u novo proizvodno okruženje. To se temelji na analizi rada robota i uzgojnom obliku usjeva, tako da je proizvodnja prilagođena robotskim operacijama. Primjerice, sustav uzgoja na visokoj žici prilagođen je beraču krastavaca, čime je osigurana jasnija vidljivost i lakša dostupnost plodova.

BUDUĆNOST ROBOTIKE U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Robotizacija u zaštićenim prostorima (plastenicima i staklenicima) nije kratkoročno rješenje za nedostatak radne snage. Iako hotrikultura postaje inovativna, autonomne aplikacije su još uvijek ograničene i čine značajan trošak. Oplemenjivanje bilja koje će osigurati jače te krupnije plodove i cvjetove može dugoročno olakšati automatizaciju berbe. Robotizacija promatrana na taj način je dugoročno rješenje za nedostatak radne snage kao i smanjenje troškova rada.

ROBOTI U POLJOPRIVREDI NA OTVORENOM/ ROBOTI NA PARCELAMA

U usporedbi sa statičnim robotima koji su prisutni u industriji ili robotima u zaštićenim prostorima, razvoj robota koji će koristiti vani u polju teži je zadatak i veći izazov bez obzira na uvjete koji vladaju u polju [7]. Ovo je jedan od razloga zašto razvoj i korištenje robota u poljoprivredi zaostaje u odnosu na druga područja. Ostali razlozi su opstruktivno zakonodavstvo, koje sprječava rad robota bez nadzora i zaštitne ograde, kao i visoka cijena za mala i srednje poljoprivredne proizvođače. Uz to se može dodati i visoka sofisticiranost upravljanja, što podrazumijeva vrhunska senzorska rješenja, kao i nerazvijenu tehnologiju.

Različiti proizvođači robota za poljoprivredu natječu se u dostizanju spremnosti tržišta do stadija u kojem suradnja između korisnika i proizvođača neće biti rijetka. Naio technologies [8], jedan od prvih proizvođača komercijalno dostupnih robota nudi robote za poljoprivredu u tri veličine. Oni surađuju s poljoprivrednim proizvođačima nakon kupovine na razradi specifičnosti, poboljšanju robusnosti i upotrebljivosti robota.

OZ, DINO i TED roboti proizvođača Naio [8] nisu jedini roboti s namjenom smanjenja radnog opterećenja u budućnosti. Rješenja tipa AGROINTELLI [9], AVO [10], Meropy [11], Rhoban [12], ROVITIS [13], Trektor [14], Vinescout [15] i ViTiBOT [16] se čine obećavajućim i mogli bi se uskoro pojaviti na tržištu. Usporedba navedenih robota data je u tablici 1. Tablica obuhvaća područje u kojem bi se roboti mogli koristiti, veličinu, izvor napajanja i senzore koji se koriste za navigaciju ili neke druge podatke.

Tablica 1. POPIS POLJOPRIVREDNIH ROBOTA SA NAVEDENIM PODRUČJEM PRIMJENE, FORMATOM, IZVOROM NAPAJANJA I NAPREDNIM SENZORIMA.

Proizvođač – Naziv	GDJE SE KORISTI	Format	Pgon	GPS	LIDAR	Vizualni senzori
SITIA - Trektor	Vinegradi, voćnjaci, okopavine	Veliki	Hibridni	Da, RTK	Ne	Ne
Ecorobots - AVO	Okopavine	Veliki	Električni	Da, RTK	Ne	Da
AGROINTELLI - Robotti	Okopavine	Veliki	ICE	Da RTK	Da	Da
Instar- Trooper	Hortikultura, drvoredi, logistika	Mali	Električni	Da	Ne	Da
Bakus - ViTiBOT	Okopavine, vinogradi, voćnjaci	Veliki	Električni	Da	Ne	Da
VineScout	Vinogradi	Mali	Električni	da	Da	Da
Naio – TED	Vinogradi korovi	Big	Električni	Da, RTK	Da	Da
Naio – Dino	Vegetable weeding	Big	Električni	Da, RTK	Da	Da
Naio – OZ	Okopavine, korovi	Mali	Električni	Da, RTK	Da	Da
Meropy - SentiV	Izviđanje	Mali	Električni	Da	Ne	Da
Rhoban - E-Tract	Okopavine	Veliki	Električni	Da, RTK	Da	Ne
Ag. Giorgio Pantano - ROVITIS	Vinogradi	Veliki	ICE	Da, RTK	Da	Da, odometr
Farmbeast	Okopavine		Električni	No		Da,

RJEŠENJA KOJA SU BLIZU IZLASKA NA TRŽIŠTE

Iz kompanije SITIA [13] pruža zanimljivo rješenje za vinogradarstvo ili okopavine, a izrađen je s hibridnim pogonom. Dizajn omogućava podešavanje visine i prohoda ovisno od razmaka između biljaka.

Može raditi pri zemlji za poslove koji se obavljaju na taj način, te može ići iznad visine trsova vinove loze ili se koristiti u visini uobičajenoj za radove u voćnjacima.

Drugi primjer velikih robota jest Bakus robot iz ViTiBOT-a [16]. Ovaj robot ima 100 % električni pogon te uključuje različite senzore; osam infracrvenih 3D kamera, 2 RTK GPS-a i dvije intercijske jedinice. Sve je ovo potrebno da bi se postiglo robusno, vrhunsko tehnološko rješenje, koje će moći raditi u prirodnom okolišu. Osim toga, mora biti sigurno, stoga BAKUS uključuje osam sigurnosnih odbojnika, četiri senzora i šest kočnica u slučaju potrebe. Električno pogonjena platforma je ekološki prihvatljiva, čuva kvalitetu tla i zraka te ne proizvodi puno buke.

ROVITIS 4.0 treći je primjer autonomnih robota za vinograde [13], izrađen uz podršku talijanskog projekta EIP AGRI predvođenog dr. Giorgiom Pantanom. Rovitis 4.0 autonomni robot za vinograde je posljednjoj fazi razvoja prototipa, a oslanja se na fuziju podatkovnih senzora podržanih različitim tehnologijama.

Ovo ga čini robusnim koliko je moguće i može se voziti od garaže do parcele, odraditi posao te se vratiti natrag, čak i ukoliko gubi GPS signal ili se javljaju smetnje radi okoliša kao te drugih senzornih sustava.



Slika 2

Robotska rješenja razvijena u Naio technologies; robot za uklanjanje korova OZ (lijevo), TED robot za vinograde (dole desno), te robot za povrtarstvo DINO (slika dole).



PRIKLJUČCI I DODACI ZA AUTOMATIZIRANJE POSTOJEĆIH POLJOPRIVREDNIH STROJEVA I OPREME

Roboti nisu jedina rješenja za automatizaciju i smanjene radnog opterećenja. Dodatna oprema odnosno priključci se dizajniraju za već postojeće poljoprivredne strojeve. Jedan takav primjer je Lettuce bot od Blueriver technology [17] napravljen na zahtjev kompanije John Deer, u cilju detekcije i uklanjanja korova. Drugi je primjer RowCropPilot [18], kojeg su razvili u Robotmakers GmbH, a omogućuje kompanijama da automatiziraju svoje strojeve uz mala ulaganja.

ROBOTI VELIKIH DIMENZIJA

Koji od ovih robota bi poljoprivrednik trebao nabaviti kad oni postanu komercijalno dostupni? Kako je vidljivo iz tablice 1 veliki i mali roboti će postati dostupni, ali u usporedbi s velikim poljoprivrednim strojevima oni su i dalje mali te flota manjih poljoprivrednih robota se čini boljom. Veličina poljoprivrednih strojeva se povećavala godinama, tako da se može uraditi više u istom vremenskom razdoblju. Istraživači i poljoprivrednici rade predano na proizvodnji autonomnih robota, koji neće trebati operatera, što znači da mogu biti manji, jeftiniji, mogu podijeliti rad, te raditi u nizu bez potrebe za drugom osobom koja bi upravljala. U slučaju da se jedan ili više njih pokvari, ostali će ih zamijeniti, bez ostavljanja nedovršenog posla kao što se može desiti kod velikih traktora kojim upravlja čovjek.

Slika 3

Primjer hibridnog robota -
Trektor kojeg je razvila SITIA.



Slika 4

Primjer potpune elektronske platforme -
BAKUS koju je razvio VITIBOT



Slika 5.

ROVITIS razvijen od strane dr. Giorgio Pantano - potpuno autonomna platforma koja sama vozi od garaže do vinograda, obavlja samostalno radnje, te se vraća nazad



EDUKACIJA BUDUĆIH VLASNIKA, OPERATERA I RAZVOJINIH INŽENJERA

Rezultati istraživanja [19] pokazuju da su poljoprivredni proizvođači spremni prihvatiti robotska rješenja, ali isto tako naglašavaju prepreke koje bi trebao uzeti u obzir prije primjene modernih tehnologija. Financijsko opterećenje je jedna od njih. Troškovi nove opreme su dosta visoki te bi trebali biti uključeni u poticaje. Složenost ovih sustava je druga prepreka. Poljoprivredni proizvođači sami ih većinom ne mogu popraviti, te je potrebno imati podršku za to tamo gdje će se ovi uređaji koristiti. Nadalje tu su inženjeri koji će razvijati ovu opremu. Kako poticaji ovise od onih koji donose zakone, a podrška je prepuštena proizvođaču, priprema obučene radne snage je na obrazovnim institucijama.

Zanimljiv pristup posljednjem izazovu, važan za obrazovanje budućih kadrova, dat je od strane grupe timova koji se sastaju godišnje međunarodnom susretu robota za poljoprivredu (Field robot Event) [20]. Ovaj je događaj namijenjen studentima gdje student s različitih sveučilišta se natječu sa svojim autonomnim robotima. Grupe grade male robote koji se mogu smjestiti između redova biljaka te razvijaju algoritam potreban za razvoj autonomnosti. Ovi roboti sami prolaze kroz parcele, grade kartu parcele, mogu detektirati korov ili druge objekte te ih ukloniti.

LITERATURA

- [1] Van Henten, E.J., Bac, C.W., Hemming, J., Edan, Y. 2013. Robotics in protected cultivation, 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry, August 27-30, 2013. Espoo, Finland.
- [2] Vasconez, J.P., Kantor, G.A., Auat Cheein, F.A., 2019. Human-robot interaction in agriculture: A survey and current challenges (Review), Biosystems Engineering Volume 179, March 2019, Pages 35-48.
- [3] Clave, H., 2019. Use of robots in greenhouse horticulture increasing, Future farming, <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/12/Use-of-robots-in-greenhouse-horticulture-increasing-508761E/>, (accessed: September 4, 2020)
- [4] Bac, C.W., van Henten, E.J., Hemming, J., Edan, Y. 2014. Harvesting robots for high-value crops: State-of-the-art review and challenges ahead, Journal of Field Robotics 31 (6), 888-911.
- [5] Saud, G., Foteini, B., Esmail M.A.A., Seifelislam, M. A. G., Mohammed M. R. A. Mohamed A., Salman M. I., 2019. Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments – A review, Engineering in Agriculture, Environment and Food, Volume 12, Issue 1, 2019, Pages 48-70
- [6] Denso, <https://www.denso.com/global/en/news/newsroom/2020/20200401-g01-1/>, (accessed: September 6, 2020).
- [7] RAKUN, Jurij, STAJNKO, Denis, ZAZULA, Damjan. Detecting fruits in natural scenes by using spatial-frequency based texture analysis and multiview geometry. Computers and electronics in agriculture. [Print ed.]. 2011, letn. 76, št. 1, str. 80-88. ISSN 0168-1699. DOI: 10.1016/j.compag.2011.01.007.
- [8] Naio Technologies, <https://www.naio-technologies.com/en/>, (accessed: September 5, 2020). [9] AGROINTELLI, Robotti, <https://www.agrointelli.com/>, (accessed: September 5, 2020).
- [10] Ecorobotix, AVO, <https://www.ecorobotix.com/en/>, (accessed: September 5, 2020). [11] Meropy, SentiV, <https://meropy.com/robot.html>, (accessed: September 5, 2020).
- [12] Elatech, Rhoban, <https://www.rhoban-project.fr/post/e-tract>, (accessed: September 6, 2020).
- [13] Giorgio Pantano, ROVITIS, <https://www.aziendapantano.it/rovitis40.html>, (accessed: September 4, 2020).
- [14] SITIA, Trektor, <https://www.sitia.fr/en/home/>, (accessed: September 5, 2020).
- [15] Vinescout, <http://vinescout.eu/web/>, (accessed: September 5, 2020).
- [16] Bakus, ViTiBOT, <https://vitibot.fr/>, (accessed: September 5, 2020).
- [17] Blue river technology, <http://www.bluerivertechnology.com>, (accessed: September 3, 2020).
- [18] Robotmakers, RowCropPilot, <https://robotmakers.de/en/blog/2018/01/15/rowcroppilot-autonomy-kit-for-row-crops/>, (accessed: September 3, 2020).
- [19] Transfarm 4.0 - survey analysis, Interreg Central Europe CE1550, internal document (under review), 2020. [20] Field Robot Event, <https://www.fieldrobot.com/event/>, (accessed: September 5, 2020).



Wageningen University & Research
bedir.tekinerdogan@wur.nl
BEDIR TEKINERDOGAN
PROF. DR.



Wageningen University & Research
search.cagatay.catal@wur.nl
CAGATAY CATAL
PROF. DR.



Wageningen University & Research
joao.valente@wur.nl
JOÃO VALENTE
ASST. PROF. DR.

Upotreba dronova u poljoprivredi

Bespilotne letjelice/ dronovi široko se koriste u različitim znanstvenim područjima, poput precizna poljoprivreda. U današnje vrijeme precizna poljoprivreda mijenja mnoge aspekte poljoprivrede i regulira njen utjecaj na okoliš. Različite primjene dronova su istraživane u preciznoj poljoprivredi kao što je praćenje usjeva, procjena biomase, procjena prinosa i otkrivanje bolesti. U ovom radu identificirali smo i dali pregled objavljenih radova na temu primjene bespilotnih letjelica / dronova u preciznoj poljoprivredi. Objedinili smo zapažanja i prijedloge dane u tim studijama. Istražili smo ulogu bespilotnih letjelica/ dronova u preciznoj poljoprivredi, raspravljali o područjima primjene i tipu uređaja, te predstavili mogućnosti, izazove i smjernice za buduća istraživanja. Ova studija ne samo da otvara put za daljnja istraživanja u preciznoj poljoprivredi, već predstavlja i nove ideje koje će stručnjaci u budućnosti moći primijeniti. Također smo predstavili svoj laboratorij za dronove te naveli neke projekte koji su u tijeku. Primijetili smo da je ovaj tip laboratorija dronova vrlo koristan za obrazovne i istraživačke aktivnosti te poboljšava istraživačku suradnju.

UVOD

Ulaganja u poljoprivredni sektor porasla su 80% u posljednjih pet godina (Tsouros i sur., 2019.). Kako se svjetska populacija nastavlja povećavati, a obradive poljoprivredne površine se smanjuju, rast produktivnosti trebao bi doseći najmanje 70% do 2050. godine (WHO, 2009.). U tu se svrhu u preciznoj poljoprivredi koriste razne tehnologije kao što su GIS-a (Geografski informacijski sustavi), GPS-a (Globalni sistem za pozicioniranje), gnojiva s promjenjivom stopom iskorištenja i sustavi praćenja prinosa.

Precizna poljoprivreda (PA) definira se kao „upravljanje koje prikuplja, obrađuje i analizira vremenske, prostorne i pojedinačne podatke, te ih kombinira s ostalim informacijama u donošenju odluka u skladu s procijenjenim varijablama radi veće učinkovitosti korištenja resursa, produktivnosti, kvalitete, profitabilnosti i održivosti poljoprivredne proizvodnje“ - Međunarodno društvo za preciznu poljoprivredu (ISPA). Zhang i Kovacs (2012.) predstavili su sljedeće faze precizne poljoprivredne prakse: prikupljanje podataka, mapiranje varijabilnosti parcele, donošenje odluka i praksu upravljanja.

U današnje vrijeme precizna poljoprivreda mijenja mnoge aspekte poljoprivrede i smanjuje njezin utjecaj na okoliš. Ključne ideje u preciznoj poljoprivredi također pomažu u donošenju odluka u proizvodnji i postizanju većeg prinosa. U usporedbi s tradicionalnom poljoprivredom, precizna poljoprivreda upravlja dijelovima parcela umjesto cijelim i ta bi se razlika mogla smatrati jednom od prepoznatljivosti precizne poljoprivrede. Međutim, potrebno je ulaganje u tehnologiju i znanje, što je jedna od prepreka (Shannon i sur., 2020.).

Jedan od motiva za usvajanje precizne poljoprivrede je varijabilnost koja ima sljedeće dvije komponente: prostornu varijabilnost i vremensku varijabilnost. Prva je vezana sa karakteristikama dubine i razmaka, kao što su razlike u zemljištu i usjevima. Druga je povezana s vremenskim izmjenama kao što su variranje usjeva i zemljišta. Precizna poljoprivreda je složena jer treba razmotriti nekoliko aspekata. Na primjer, na prinos utječe genotip, okolina te agrotehnika (G x E x M). Dakle, postoji nekoliko interakcija među komponentama koje čine varijabilnost složenom (Shannon i sur., 2020.). Daljinsko otkrivanje jedna je od najkritičnijih tehnologija za preciznu poljoprivredu i koristi se više od 30 godina za nadgledanje poljoprivrednih usjeva (Mulla, 2013.). Satelitske slike su se u prošlosti koristile u poljoprivredi (Egido i sur., 2012.; Moulin i sur., 1998.); međutim radi niske prostorne rezolucije slike, više nisu najbolja opcija za poljoprivredu. Također, sateliti nisu uvijek dostupni za zadaće, ograničeni su vremenskom rezolucijom i uvjetima okoline. Na primjer, oblaci mogu ograničiti pouzdanost istraživanja (Tsouros i sur., 2019). Umjesto satelitskih snimaka, druga opcija je upotreba aviona s posadom; međutim, oni su vrlo skupi i više letova nije moguće zbog visokih operativnih troškova. U tu svrhu danas se široko preferiraju sustavi koji se temelje na bespilotnim letjelicama, jer mogu pružiti slike izuzetno visoke prostorne rezolucije i imaju vremensku rezoluciju tako da se mogu koristiti u bilo kojem trenutku (Tsouros i sur., 2019) uz minimalne troškove. U ovom smo istraživanju identificirali radove koji su predstavljali različite primjene dronova u preciznoj poljoprivredi.



Ovi su radovi prikazani u odjeljku POVEZANA ISTRAŽIVANJA u tablici 1. Područja primjene razmatrana su u dijelu: PODRUČJA PRIMJENE. Senzori koji se koriste u bespilotnim letjelicama/dronovima i primijenjene komunikacijske tehnologije objašnjeni su u odjeljku: SENZORI I KOMUNIKACIJA. Mogućnosti primjene bespilotnih letjelica/dronova predstavljene su u dijelu: PRILIKE. Trenutna ograničenja i izazovi upotrebe bespilotnih letjelica/dronova razmatrani su u: OGRANIČENJA I IZAZOVI. Budući smjerovi istraživanja objašnjeni su pod naslovom: BUDUĆI POGLEDI. Sljedeći su odjeljci organizirani kako slijedi: Odjeljak 2 pruža srodna istraživanja i upotrebu dronova u preciznoj poljoprivredi. Odjeljak 3 opisuje praktične aspekte dronova u poljoprivredi. Odjeljak 4 donosi zaključak. Na kraju, odjeljak 5. su reference.

PRIMJENA DRONOVA U POLJOPRIVREDI - ZNAČAJ I IZAZOVI

Puno je istraživanja o upotrebi bespilotnih letjelica/ dronova za preciznu poljoprivredu. Svaka se od ovih studija usredotočila na određenu primjenu precizne poljoprivrede kao što je procjena prinosa usjeva, upravljanje korovima i otkrivanje bolesti. Nedavno je objavljeno nekoliko naučnih radova o istraživanju o upotrebi dronova za preciznu poljoprivredu. U ovim radovima su studije istraživane iz nekoliko dimenzija. U tabeli 1. predstavljamo istraživačke radove koje smo analizirali u ovom radu.

TABELA 1. ISPITIVANI ISTRAŽIVAČKI / PREGLEDNI RADOVI O UPOTREBI DRONOVA / BESPILOTNIH LETILICA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI

ID	Referenca	tip publikacije	naslov	godina
1	Pandav et al. (2020)	Journal / Drones	A Review on Drone-Based Data Solutions for Cereal Crops	2020
*	Messina and Modica (2020)	Journal / Remote Sensing	Applications of UAV Thermal Imagery in Precision Agriculture: State of the Art and Future Research Outlook	2020
*	Tsouros et al. (2019)	Journal / Information	A Review on UAV-based Applications for Precision Agriculture	2019
*	García-Berná et al. (2020)	Journal / Applied Sciences	Systematic Mapping Study on Remote Sensing in Agriculture	2020
*	Daponte et al. (2019)	Conference / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	A Review on the Use of Drones for Precision Agriculture	2019
*	Daponte et al. (2019)	Conference / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	A Review on the Use of Drones for Precision Agriculture	2019
*	Mogili and Deepak (2018)	Conference / International Conference on Robotics and Smart Manufacturing (RoSMa2018)	Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture	2018
*	Kim et al. (2019)	Journal / IEEE Access	Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications	2019
*	Boursianis et al. (2020)	Journal / Internet of Things	Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review	2020
*	Hassler and Bay-sal-Gurel (2020)	Journal / Agronomy	Unmanned Aircraft System (UAS) Technology and Applications in Agriculture	2019
**	Abdullahi et al. (2015)	Conference / International Conference on Wireless and Satellite Systems	Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture using Unmanned Aerial Vehicles	2015
**	Zhang and Kovacs (2012)	Journal / Precision Agriculture	The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture:	2012

Unavedenim istraživanjima neki autori upotrebljavaju izraz bespilotna letjelica, a drugi koriste dron ili druge izraze poput Bepilotnog zračnog sustava (UAS), daljinski upravljani avioni i daljinsko istraživanje manjih visina.

Dron je letjelica kojom upravlja računalo ili pilot koji je na zemlji pomoću daljinskog upravljača (Panday i sur., 2020.).

PODRUČJA PRIMJENE

Nekoliko je radova o primjena dronova u poljoprivredi predstavljeno. Panday i sur. (2020.) identificirali su sljedeće glavne primjene dronova u preciznoj poljoprivredi: praćenje usjeva, procjena biomase, procjena prinosa i gnojidbe, praćenje korova i štetnika te vodnog stresa. Istraživali su i upotrebu metoda strojnog učenja kod aplikacija u uzgoju žitarica te ih svrstali u sljedećih šest kategorija:

- Klasifikacija usjeva (Chew i sur., 2020): Korišten je algoritam duboke neuronske mreže (DNN)
- Identifikacija korova (Gao i sur., 2018): Korišten je algoritam Random Forest (RF).
- Otkrivanje bolesti (Zhang i sur., 2019): Korišteni su Convolutional Neural Network (CNN) i RF algoritmi.
- Procjena vodnog stresa (Ge et al., 2019): Korišten je RF algoritam.
- Procjena gnojidbe (Näsi et al., 2018): Korišten je RF algoritam.
- Procjena biomase i prinosa (Näsi et al., 2018; Fu et al., 2020): Korišteni su RF algoritam i ANN algoritam

Messina i Modica (2020.) objavili su pregledni članak o korištenju bespilotnih letjelica za termičko daljinsko otkrivanje (RS). Površinska temperatura može se procijeniti pomoću toplinskih senzora i ti se podaci mogu koristiti u različite svrhe kao fenotipizacija biljaka, otkrivanje vodnog stresa, otkrivanje bolesti, procjena prinosa. Sljedeće primjene termalne analize slika UAV-a detaljno su predstavljene u njihovom istraživanju:

- Praćenje vodnog stresa u usjevima
- Otkrivanje biljnih bolesti, fenotipizacija, procjena prinosa i praćenje stanja vegetacije

Izvijestili su da se većina studija bavila otkrivanjem vodnog stresa u usjevima i upravljanjem navodnjavanjem, a korištene su druge vrste senzora kao što su multispektralni i optički senzori umjesto toplinskih senzora.

Tsouros i sur. (2019.) iznijeli su pregled 100 radova objavljenih između 2017. i 2019. godine. Na temelju njihove studije, najčešće primjene su:

- Kartiranje i praćenje korova: Ovaj je program najpopularniji među aplikacijama. Korovi troše vodu, zauzimaju prostor i uzrokuju pretjeranu upotrebu herbicida. Također, prekomjerna upotreba herbicida može uzrokovati zagađenje okoliša i razvoj korova otpornih na herbicide. Uz pomoć slika bespilotnih letjelica mogu se generirati karte korovnog pokrivača te odrediti mjesta na kojima su potrebna tretiranja herbicidima.
- Praćenje vegetativnog rasta i procjena prinosa: Vegetativni rast mora se sustavno pratiti kako bi se povećala produktivnost. Prikupljanjem podataka bespilotnim letjelicama pomaže se u praćenju rasta usjeva. Procjena prinosa može se također izvršiti pomoću prikupljenih podataka.
- Praćenje zdravlja biljaka tijekom vegetacije i otkrivanje bolesti: Biljne bolesti smanjuju prinosa i dovode do ekonomskih gubitaka. Praćenje i detekcija bolesti od strane tima stručnjaka oduzima dosta vremena. Sljedeći pristup rješavanju bolesti je primjena pesticide prema kalendaru, ali to može uzrokovati onečišćenje podzemnih voda. Korištenjem podataka dobivenih bespilotnim letjelicama može otkriti bolest u ranom stadiju.
- Upravljanje navodnjavanjem: Na navodnjavanje usjeva otpada 70% vode širom svijeta (Chartzoulakis i Bertaki, 2015.). Kao takvo, precizno navodnjavanje presudno je za poljoprivredu. Za učinkovito upravljanje vodom definiraju se različite zone navodnjavanja.
- Tretiranje usjeva: bespilotne letjelice su posebno korisne kod tretiranja usjeva jer je moguće prilagoditi visinu i količinu pesticida. Ovaj način aplikacije sredstava za zaštitu ne zahtijeva puno vremena u usporedbi s uobičajenim prskalicama koje zahtijevaju i osobu koja će rukovati njima.

Uz ove uobičajene primjene, Tsouros i sur. (2019.) također su utvrdili sljedeće uloge bespilotnih letjelica u poljoprivredi: procjena električne vodljivosti zemljišta (Křížová i sur., 2018.), analiza zemljišta (Sobayo i sur., 2018.), selekcija genotipa pamuka (Jung i sar., 2018.), i otkrivanje sisara (Kellenberger i sur., 2018.).

García-Berná i sur. (2020.) proveli su istraživanje sustavnog mapiranja (SMS) daljinskog istraživanja u poljoprivredi. Analizirali su 106 radova s naglaskom na daljinsko mjerenje u poljoprivredi (RSA) te ih razvrstali u sedam glavnih tema istraživanja:

- Izdvajanje poljoprivrednih parametara (npr. ukupna biomasa, dubina korijena, visina biljaka, hrapavost površine, indeks lisne površine (LAI)).
- Snaga rasta (tj. vremenska analiza vigora biljke u različitim stadijima rasta)
- Sušni stres, navodnjavanje i produktivnost vode (tj. kretanje vode u biljci i navodnjavanje)
- Otkrivanje bolesti i štetnika (tj. rano otkrivanje istih)
- Predviđanje prinosa (tj. predviđanje prinosa prije berbe)
- Praćenje korova (tj. korovi se s kultiviranim biljkama bore za vodu i hraniva)
- Status hraniva (npr. pravilna upotreba biljnih hraniva)

Najveći broj radova odnosio se na izdvajanje poljoprivrednih parametara (tj. 34 rada), slijedi praćenje energije rasta (tj. 26 radova) te sušni stres, navodnjavanje i iskoristivost vode (tj. 21 rad), zaključuju autori.

Daponte i sur. (2019.) precizirali su sljedeće primjene dronova u poljoprivredi:

- Praćenje rasta usjeva, biomase i kvaliteta hrane
- Primjene precizne poljoprivrede kao što je otkrivanje korova
- Berba i logistička optimizacija

Kim i sur. (2019.) izvijestili su o sljedećim kategorijama primjene: kartiranje, tretiranje usjeva, nadzor usjeva, navodnjavanje, dijagnoza štetnika i umjetno oprašivanje. Trenutno se bespilotne letjelice ne primjenjuju za berbu, ali u budućnosti bi mogla postojati i ova aplikacija. Uglavnom se koriste za tretiranje usjeva, kartiranje i rad sa senzorima.

Boursianis i sur. (2020.) proveli su istraživanje o korištenju Interneta stvari (IoT) i dronova u poljoprivredi. Korištenje dronova u pametnoj poljoprivredi podijeljeno je u sljedeće ključne inovacije i kategorije: 3D modeliranje usjeva, multi-spektralne slike, sustavi s više dronova, integracija pametnih senzora, otkrivanje i upravljanje korovima, ekstrakcija indeksa vegetacije, upravljanje prinostom, fenotipizacija na parceli i složena poljoprivredna pitanja.

Hassler i Baysal-Gurel (2020.) dali su pregled istraživanja usredotočenih na upotrebu tehnologije bespilotnih letilica (UAS) u poljoprivredi. U radu su navedena sljedeća područja primjene: kartiranje parcela, otkrivanje stresa biljaka, procjena biomase i hraniva, upravljanje korovima, brojanje, kemijsko tretiranje te kategorija razno.

Zhang and Kovacs (2012.) izvijestili su o sljedećim primjenama bespilotnih letjelica u preciznoj poljoprivredi:

- Mapiranje prinosa
- Mjerenje kemijskog sadržaja
- Mapiranje vigora
- Praćenje vegetacijskog stresa
- Procjena uticaja gnojiva na rast

SENZORI I KOMUNIKACIJA

Panday i sur. (2020) izvijestili su o sljedećim sensorima koji se koriste za male dronove: RGB digitalni fotoaparati, multispektralni, hiperspektralni, termalni, LiDAR senzori. Naveli su da, dok bespilotne letjelice sa više rotora imaju sposobnost vertikalnog polijetanja i slijetanja (VTOL) koja omogućava bespilotnoj letjelici da djeluje u uvjetima ograničenog prostora, oni imaju manju učinkovitost u usporedbi sa bespilotnim letjelicama sa fiksnim krilima, jer one s fiksnim krilima mogu pokriti veća polja s jednom baterijom.

Tsouros i sur. (2019.) izvijestili su o sljedećim vrlo čestim elementima bespilotnih zračnih sistema u preciznoj poljoprivredi: jedan ili više bespilotnih letjelica, zemaljska upravljačka stanica, upravljački sistem dron i senzori za prikupljanje podataka. Tipovi dronova podijeljeni su u sljedećih pet kategorija: fiksno krilo, rotacijsko krilo (bespilotni helikopter i multi-rotor), leteći baloni, lepršavo krilo i parafolijsko krilo. Prema njihovoj analizi, 22% studija koristilo je bespilotne letjelice sa fiksnim krilima, 4% ih je koristilo bespilotni helikopter, a 72% ih je primijenilo bespilotne letjelice sa više rotora. Nijedno istraživanje nije koristilo leteće balone i lepršava krila u preciznoj poljoprivredi, a samo 2% primijenilo je parafinsko krilo (parafoil-wing). To pokazuje da većina studija precizne poljoprivrede koristi dronove sa više rotora. Razlog je taj što područja uglavnom nisu jako velika i ne zahtijevaju pokrivanje cijele površine brzim i fiksnim bespilotnim letjelicama. Prednosti rotirajućih bespilotnih letjelica su niži troškovi, manje brzine, lako upravljanje i sposobnost manevriranja (Tsouros i sur., 2019.).

Poželjni ugrađeni senzori mogu se razvrstati u sljedeće kategorije: senzori vidljive svjetlosti (RGB), multispektralni senzori, hiperspektralni senzori i temperaturni senzori. Uz ove senzore mogu se koristiti i laserski skeneri, te senzori za otkrivanje i mjerenje svjetlosti (LiDAR). Svojstva usjeva koja se mogu nadzirati bespilotnim letjelicama mogu se podijeliti u dvije kategorije: vegetacija (biomasa, status dušika, sadržaj vlage, boja vegetacije, spektralno ponašanje klorofila, temperatura, prostorni položaj predmeta, veličina i oblik različitih elemenata i biljke, vegetacijski indeks) i zemljište (sadržaj vlage u tlu, temperatura, električna provodljivost). Najčešće metode za analizu slika sa dronova su tehnike fotogrametrije (tj. izrada 3D modela pomoću slika slika iste scene koje se preklapaju), metode strojnog učenja, izračun vegetacijskog indeksa na temelju matematičkih transformacija. Najčešći usjevi koji se prate dronovima su kukuruz, pšenica, pamuk, vinova loza, riža i soja (Tsouros i sur., 2019.).

García-Berná i sur. (2020.) također su analizirali tipove spektralnih podataka korištenih u istraživanjima i izvijestili da su RGB slike najpoželjniji tip (tj. 46 radova), zatim hiperspektralne slike (tj. 28 radova) i termičke (tj. 22 rada). Ostali tipovi koji se koriste su blisko infracrveni (NIR), multispektralni, spektar crvenih rubova, radar sa sintetičkim otvorom blende (SAR), LiDAR i kratkovalni. Također su istražili vrste platformi za hvatanje i izvijestili da je najpoželjnija ona sa satelitskim sistemom, a slijedi bespilotna letilica/dron/ letilica sa posadom.

Daponte i sur. (2019.) su podijelili primjenu dronova u sljedeće kategorije:

- Primjene zasnovane na multispektralnim i termičkim kamerama: apsorpcija klorofila i pesticida, stres u ishrani biljaka, bolesti, nedostatak vode mogu se mjeriti pomoću slika prikupljenih dronovima.
- Aplikacije utemeljene na RGB kamerama: Digitalni model terena (DTM) ili Digitalni površinski model (DSM) područja mogu se ekstrapolirati pomoću slika prikupljenih bespilotnim letjelicama.

Mogili i Deepak (2018.) donose pregled radova koji objašnjavaju upotrebu bespilotnih letjelica u preciznoj poljoprivredi. Sljedeće komponente ugrađene u dronove zajedno sa njihovom svrhom navedene su u njihovoj studiji: akcelerometar, žiroskop, magnetometar, IMU, GPS, kamera, multispektralna kamera, hiperspektralna kamera, termalna kamera, video kamera, laserski skener, visinomjer, senzor vazdušnog pritiska, Microsoft Kinect, barometar, digitalna temperatura, mjerač vlage i anemometar. Također su predstavili sljedeće kontrolere korištene u ovim studijama: Arduino mega 2560, Arduino atmega 328, KK v5.5 atmega 168, FC, Rotomotion`s SR200, Hexa-II atmega1284p, atmega 8 bit AVR, atom board processor, Yamaha RMAX, MSP430, Pathfinder-plus, LLP&HLP, DJIs 900 model, TTA M8A, Z-3, N-3 type, UAV ZHKU-0404-01 i Aero drone PAM-20.

Kim i sur. (2019.) dali su pregled radova usredotočenih na poljoprivredne bespilotne letjelice. Podijelili su tipove dron platformi u dvije glavne kategorije: fiksno i rotacijsko krilo. Rotacijsko krilo bilo je dalje podijeljeno u dvije potkategorije: više rotora i helikopter. Multi-rotorski je pak podijeljen u tri glavne kategorije: kvadkopter, heksakopter i oktokopter. Za komunikaciju su definirane kategorije: bežični radio, bežična lokalna mreža, Bluetooth, WiFi i Xbee. Metodologije upravljanja dronovima podijelili su u sljedeće kategorije: linearna kontrola, nelinearna kontrola, kontrola zasnovana na učenju i kontrola roja.

MOGUĆNOSTI

U istraživanju Panday i sur. (2020.) raspravljalo se o sljedećim mogućnostima primjene dronova:

- Izuzetno velika prostorna rezolucija: Dronovi mogu pružiti slike izuzetno visoke prostorne rezolucije, ovisno o visini leta.
- Izuzetno visoka vremenska rezolucija: Dronovi mogu letjeti u različito vrijeme i feno- fazama žitarica.
- Slike bez oblaka: Oblaci su bili prepreka za satelitske snimke, ali oblaci ne utječu na slike sa bespilotnih letjelica.
- Potencijal za 3D oblak točaka velike gustoće: Za procjenu feno faza usjeva, biomase i visine biljaka potreban je 3D oblak točaka. Dronovi pružaju dobar potencijal za 3D oblak tačaka velike gustoće.
- Veliki potencijal za sudjelovanje građana: Korištenje dronova i primjena alata za obradu slika kao što su PrecisionMapper i WebODM na prikupljenim slikama od strane poljoprivrednika sada su mogući uz određenu obuku.
- Skalabilnost uz jeftin rad: zadružna poljoprivreda pomaže smanjiti troškove i podijeliti resurse. Dronovi su skalabilni i jeftini u slučaju zadružne poljoprivrede (Neupane i sur., 2015.).
- Pojava platformi za obradu podataka zasnovanih na oblaku: Platforme za obradu velikih podataka poput Microsoft Azure i algoritama strojnog učenja pružaju nekoliko mogućnosti za obradu prikupljenih podataka.
- Pravedna i točna isplata za osiguranje usjeva: u slučaju prirodnih katastrofa, pandemije i zoonoza potrebna je točna procjena isplate osiguranja usjeva i dronovi mogu pružiti korisne informacije.

OGRANIČENJA I IZAZOVI

Sljedeći izazovi aplikacija utemeljenih na dronovima predstavljani su od strane Panday i sur. (2020):

- Ograničena nosivost: Dronovi imaju ograničeni kapacitet za nošenje senzora, a lagani senzori su skupi.
- Niska spektralna rezolucija za jeftine senzore i visoki trošak hiperspektralnih senzora: Hiperspektralne kamere su skupe, a potrošački digitalni fotoaparati nisu dovoljni za brojne primjene. U ovom slučaju, multispektralni senzori mogu pomoći u rješavanju ovog problema.
- Osjetljivost na atmosferske uvjete: Izmaglica, jak vjetar i padavine mogu negativno utjecati na upotrebu dronova; međutim, pravilno planiranje i obrada slika mogu pomoći u prevladavanju ovih problema.
- Ograničena izdržljivost leta: upotreba dronova sa više rotora na velikim parcelama nije moguća, ali u tom slučaju se mogu koristiti dronovi s fiksnim krilima.
- Visoki početni troškovi posjedovanja: Hiperspektralni senzori poboljšavaju kvalitetu primjene, ali su skupi u usporedbi s ostalim sensorima koji se koriste u poljoprivredi.
- Zahtjev prilagođenog treninga za poljoprivrednike: Povjerenje i motivacija poljoprivrednika važni su za pravilnu primjenu tehnologija u poljoprivredi. Stoga je poljoprivrednicima potrebna obuka.
- Nedostatak tehničkog znanja za popravak i održavanje i nedostupnost dijelova: za održavanje dronova potrebno je stručno znanje, a ponekad bi nedostupnost nekih dijelova mogla biti ozbiljan problem.

Iako postoje brojne prednosti upotrebe bespilotnih letjelica u preciznoj poljoprivredi, postoje i ograničenja navedena u nastavku (Tsouros i sur., 2019.):

1. Ne postoji standardiziran tijek rada za obradu slika dobivenih od dronova.
2. Za obradu prikupljenih slika potrebno je kvalificirano osoblje.
3. Potrebni su visoki investicijski troškovi.
4. Većina dronova ima kratko vrijeme leta (tj. 20 min do 60 min) ili su dronovi koji imaju dulje vrijeme leta vrlo skupi.
5. Klimatski uvjeti poput kiše ili vjetera utječu na upotrebu dronova.

Još neka od ograničenja koja postoje su (Kim i sur., 2019.):

- Ograničenja baterije i vremena leta: Ovakva ograničenja mogu se minimizirati uz pomoć rješenja hibridnih baterija. Isto tako tehnike kontrole roja pomoću više dronova mogu pomoći u efikasnijem upravljanju dronovima.
- Ograničenje korisničkog sučelja: Bolje korisničko okruženje će pojednostaviti upotrebu dronova u poljoprivrednom sektoru.

Hassler i Baysal-Gurel (2020.) su u svojoj studiji naveli sljedeće senzore: RGB kamere, multispektralne i NIR kamere, hiperspektralne kamere, termalne kamere i senzore dubine. Razmatrana su sljedeća ograničenja:

- Platforme se ne mogu koristiti tokom dugog ljeta
- Fotogrametrijska obrada slika visoke rezolucije mogla bi znatno dulje trajati
- Troškovi ulaganja moraju se predvidjeti

Abdullahi i sur. (2015.) raspravljali su o sljedećim ograničenjima:

- Teškoće očitavanja u ekstremnim vremenskim uvjetima
- Nedovoljni propisi o bespilotnim letjelicama
- Nema standardiziranih troškova rada za obradu slika dronova

Zhang i Kovacs (2012) objasnili su sljedeće izazove primjene UAS-a u poljoprivredi:

- Visoki početni troškovi
- Pouzdanost platforme zbog kvara motora i neadekvatnih materijala
- Ograničenja nosivosti
- Nedostatak standardiziranih postupaka
- Strogi zrakoplovni propisi
- Nedostatak interesa poljoprivrednika
- Kratko trajanje leta

PREDVIĐANJA ZA BUDUĆNOST

Sljedeća predviđanja za budućnost su razmatrana od strane Panday i sur. (2020.):

- Dron se još uvijek smatra visokotehnoškim uređajem u zemljama s niskim prihodima. Za veće farme satelitske slike mogle bi biti bolje jer podaci utemeljeni na bespilotnim letelicama pružaju lokalna rješenja. Za preciznu procjenu prinosa potreban je okvir za integrisanje podataka utemeljenih na bespilotnim letelicama sa satelitskim podacima.
- Za provjeru valjanosti modela mogu se koristiti podaci utemeljeni na znanju građana. Takođe, upotreba dronova od strane poljoprivrednika može smanjiti troškove, poboljšati tehničku stručnost poljoprivrednika i pomoći u stvaranju održivog sistema.
- Većina studija primjenjuje modele linearne regresije; međutim, pristupi utemeljeni na mašinskom učenju pružaju više mogućnosti za istraživanje.

Messina i Modica (2020) u svom su članku raspravljali o sljedećim budućim ishodima:

- Operativni troškovi toplotnih senzora po hektaru skuplji su od troškova multispektralnih. Takođe, za obradu stečenih slika potreban je stručnjak. Kao takvu, ovu praksu mogu preferirati poljoprivrednici koji imaju velika poljoprivredna polja.
- Potrebno je više istraživanja kako bi se pojednostavila upotreba prikupljenih podataka, jer je za daljinsko očitavanje potrebno stručno znanje o termografiji.
- Poželjno je kombinovati termičke satelitske podatke sa UAV slikama kako bi se poboljšala kvaliteta modela.

García-Berná i ostali (2020) su predstavili sljedeća predviđanja za budućnost:

- Za smanjenje troškova i pokrivanje velikih polja potrebno je rješenje koje integriše kamere u polju i slike iz vazduha
- Duboke neuronske mreže imaju potencijal za dalja istraživanja
- Kod holističkih pristupa, problemi se ne smiju razmatrati izolovano. Mora se uzeti u obzir integracija koja podrazumijeva sve aspekte uzgojnog ciklusa

Boursianis i sur. (2020) izvijestili su o sljedećim budućim smjerovima istraživanja u svojoj studiji:

- Svaki se sistem bavi određenim postupkom uzgoja. Međutim, integracija grupe uzgojnih procesa može donijeti više koristi.
- Postoji još nekoliko poljoprivrednih pitanja kao što su fenotipizacija na nivou polja i poboljšanje kvaliteta usjeva.
- U budućem razvoju treba razmotriti jednostavnost upotrebe, jednostavnu instalaciju i skalabilnost sistema.

Boursianis i sur. (2020.) izvijestili su o sljedećim budućim smjerovima istraživanja u svojoj studiji:

- Svaki se sustav bavi određenim postupkom uzgoja. Međutim, integracija grupe uzgojnih procesa može donijeti više koristi.
- Postoji još nekoliko poljoprivrednih pitanja kao što su fenotipizacija na parcelama i poboljšanje kvalitete usjeva.
- U budućem razvoju treba razmotriti jednostavnost upotrebe, jednostavnu instalaciju i skalabilnost sistema.


Hassler i Baysal-Gurel (2020.) pisali su o sljedećim smjerovima istraživanja:

- Baze poljoprivrednih slika potrebno je dijeliti s ostalim istraživačima
- Mogu se razviti dublji modeli utemeljeni na strojnom učenju
- Korištenje UAS-a u stočarstvu vrlo je ograničeno, a UAS-ovi s termalnim kamerama mogu nadzirati zdravlje stoke i otkriti izgubljene životinje.
- Određena intervencija od strane čovjeka je potrebna za ove sustave

Abdullahi i sur. (2015.) objavili su pregled studija o upotrebi bespilotnih letjelica u preciznoj poljoprivredi. Za buduće usmjeravanje istraživanja predložili su da se istraživanja i razvoj usredotoče na smanjenje troškova bespilotnih letjelica.

Zhang i Kovacs (2012.) precizirali su sljedeće smjerove razvoja:

- Novi dizajn kamera
- Niži troškovi
- Poboljšane tehnike obrade slika



Studenti koji prvi put posjećuju laboratoriju SAID, slijeva nadesno: Christos Pantos (Biosystems Engineering, mlađi istraživač), Mihai Frangulea (biljne nauke, mlađi istraživač), João Valente (glavni istraživač), Stefan Maranus (bivši asistent).

PRIMJERI PRAKTIČNE KORIŠTENJA DRONOVA U POLJOPRIVREDI

Tehnologija bespilotnih letjelica (UAV ili dronovi) danas je jedna od najviše traženih alata za praćenje poljoprivrede i zaštite prirode. Usprkos tomu, tehnologija u zrakoplovstvu i dalje je vrlo složena što je prepreka za nestručne korisnike. Nužna su daljnja istraživanja o tomu kako premostiti jaz između tehnologije UAV i ljudi koji nisu stručnjaci u ovoj oblasti, poput poljoprivrednika.

Grupa za informacijske tehnologije (INF) pri Grupi za društvene znanosti Sveučilišta u Wageningenu, Nizozemska, pokrenula je novi laboratoriji za rješavanje ovog problema. Novonastali laboratoriji za Dronove s društvenom umjetnom inteligencijom (Social Artificial Intelligent Drones (SAID)) ili Laboratoriji za dronove u privredi, rade istraživači i drugi (unutranji i vanjski) suradnici, kao što je prikazano na slici 1. Dr. Joao Valente glavni je istraživač ove istraživačke laboratorije, a uključen je i u projekat Erasmus+ VIRAL.

SAID Lab predviđa postojanje istraživačkog pogona koji će raditi na primjeni umjetne inteligencije (AI) kod bespilotnih letjelica kako bi se iskoristila interakcija između ljudi i tehnologije u zrakoplovstvu. Misija SAID Lab za doprinos istraživačkoj izvrsnosti predstavljena je kako slijedi:

- Dizajniranje AI pristupa koji prevodi sirove podatke o UAV u praktične informacije koje mogu razumjeti nestručni korisnici.
- Istraživanje alata za interakciju farmer-UAV, npr. u kombinaciji s Internetom stvari (IoT), koji olakšavaju upotrebu UAV-a.
- Razvijanje pristupa fuziji podataka AI npr. više senzora, kao pomoć poljoprivrednicima u donošenju odluka u stvarnom vremenu.
- Iskoristiti simbiozu više robota npr. složeni zadatak koji zajedno izvode zemaljski i zračni robot.
- Ubrzati usvajanje gotovih robotiziranih poljoprivrednih sustava.
- Poboljšanje obrazovanja o UAV tehnologiji, npr. radionice, MOOC-ovi i sl.
- Promoicanje privrede i inženjeringa s recikliranim materijalima.

Trenutno je u SAID laboratoriju nekoliko projekata i aktivnosti usredotočenih na istraživanje i na obrazovanje. Neki od projekata koji se izvode su:

- Robotska asocijacija za Wageningen (RAW) 1.0 – Učenje ROS programiranja bespilotnih letjelica, financirano od strane Europske unije.
- MARS4EARTH: Modularni zračni robotski sustavi za održivi život na Zemlji, financiran od strane Nizozemske organizacije za znanstvena istraživanja (NWO).
- MOOC Dronovi za poljoprivredu: Prepare and Design Your Drone (UAV) Mission, financiran od strane Sveučilišta u Wageningenu.
- FIELDS2COVER: Ceste preko polja, financiran od strane nizozemske Organizacije za znanstvena istraživanja (NWO).

SAID Lab također je sestrijsko postrojenje Bespilotnog zračnog daljinskog ispitivanja (UARSF) sa sjedištem u Laboratoriju za geoinformacijske znanosti i daljinsko očitavanje – Sveučilišta u Wageningenu (WUR), Grupa za znanost o okolišu. SAID i UARSF međusobno se nadopunjuju i planiraju korake prema zapošljavanju autonomnih i inteligentnijih vozila za daljinsko otkrivanje u okolišu. Uz to, daljnja suradnja postoji s drugim grupama i istraživačkim centrima iz WUR-a, ali sveučilištima i laboratorijama širom svijeta.

Što još, nekoliko drugih projekata koji se bave korištenjem bespilotnih letjelica za poljoprivredu i upravljanje okolišem razvijaju se u sklopu studija kao diplomski i magistarski radovi. Ti su projekti usmjereni na TRL (razinu tehnološke spremnosti) do 6, pri čemu je fokus razviti zračnu i senzorsku tehnologiju koja se može kombinirati za podršku ljudima s manje tehničkih vještina poput poljoprivrednika. Do sada razvijeni projekti prikazani su u malim i srednjim poljoprivrednim poduzećima, ali i u velikim poljoprivrednim scenarijima. Neke uspješne studije slučaja su:

Primjena u poljoprivredi:

- Alati za procjenu prinosa za održavanje voćnjaka: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01086>
- Oplemenjivanje špinata: <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09725-3>, <https://doi.org/10.1109/LRA.2019.2926957>
- Otkrivanje bolesti kod krumpira: <https://doi.org/10.3390/s19245477>
- Procjena zrelosti plodova: <https://doi.org/10.3390/s19020372>

Upravljanje okolišem:

- Daljinska i mobilna procjena stakleničkih plinova: <https://doi.org/10.3390/mi11080768>
- Dugoročna daljinska istraživanja u limnologiji: <https://doi.org/10.3390/app9010038>, <https://doi.org/10.3390/drones4030037>
- Procjena štete od poplava: <https://doi.org/10.1007/s12145-019-00427-7>

SAID Laboratorija trenutno ima pet dronova Parrot. Tri od njih su AR.Drone 2.0, a druga dva su Anafi modeli. Obje platforme se mogu programirati koristeći razvojne alate softvera otvorenog koda (SDK), koji je također dostupan u okviru Robotic Operation System (ROS). Na slici 2 prikazani su dronovi AR.Drone i ANAFI koji lete u stakleniku dok otkrivaju i broje listove biljaka.



AR.Drone i ANAFI lete u stakleniku dok otkrivaju i broje lišće biljaka



Nadalje, SAID laboratorija ima vodeni dron nazvan Striker. Ova platforma je izrađena po mjeri za podršku zračnim bespilotnim letjelicama u vodenom okruženju na kopnu kao rezervna platforma za slijetanje i punjenje. Striker dron se može kretati na dva načina: autonomno ili kao daljinski upravljani. Na njegovu površinu mogu sletjeti zračni dronovi do 5000 grama. Štoviše, ovaj je projekat 100% otvorenog koda. Trenutno se nadograđuje kako bi se koristio kao platforma za daljinsko istraživanje. Na slici 3, bespilotna letjelica prikazana je iz različitih kutova.

Strike dron odozdo prema gore gdje je mehatronički sistem poboljšan (lijevo) i u potpunosti sastavljen (desno).



Uz bespilotne letjelice, SAID Lab ima i jedan 3D printer i računalo visokih performansi, kao što je prikazano na slici 4.



Računar visokih performansi sa procesorom Intel Core i9 (3,3 GHz), 2 NVIDIA TITAN RTX, HDD 3TB Samsung 860 EVO, 64 Gb RAM memorije i pločom Corsair AX1600i (lijevo) i Creality 3D® Ender-3 DIY 3D komplet štampača s veličinom ispisa 220x220x250mm (desno).

Laboratorij SAID je prisutna na mreži, a najnovije vijesti i napredak možete pronaći na Twitter-u (<https://git.wur.nl/said-lab>). Nadalje SAID laboratorijem vlada filozofija otvorenog pristupa, stoga se svi istraživači potiču da podatke (koji nisu strogo povjerljivi) učine dostupnima u javnom repozitoriju. Javni repozitorij SAID Lab-a može se pronaći u WUR GitLabu (<https://git.wur.nl/said-lab>). Napokon, internet stranica je u izradi, a domaćin će biti WUR (<https://saidlab.wur.nl/>).

Iz obrazovne perspektive, primijetili smo nekoliko koristi otvaranja ove laboratorije za bespilotne letjelice na našem univerzitetu. Također, ovo pomaže u suradnji sa industrijskim partnerima i istraživačima iz drugih radnih grupa.

ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Različiti radovi su predstavljeni i detaljno raspravljani s temom dronova. Na bazi istraženih radova predstavili smo mogućnosti, izazove i buduće perspektive u istraživanjima.

Naše su preporuke za buduća istraživanja sljedeće:

- Potrebno je više istraživanja o upotrebi bespilotnih aplikacija koje se temelje na dubokom učenju u preciznoj poljoprivredi
- Za procjenu postojećih tehnika iz literature potrebni su okvir i javni repozitorij.
- Potrebno je smanjiti troškove uređaja i platformi radi šireg prihvaćanja ove tehnologije
- Integracija podataka potrebna je za razvoj cjelovitih pristupa u preciznoj poljoprivredi
- Jednostavnost korištenja mora se poboljšati, a dostupni alati pojednostaviti
- Kapacitet baterije dronova trebaju se poboljšati

Također smo prikazali našu novi laboratorij za dronove koji ima nekoliko dronova koji se koriste u poljoprivredi. Vjerujemo da je ova vrsta laboratorija za bespilotne letjelice vrlo korisna ne samo za poljoprivredne fakultete već i za tehničke, kojima je cilj suradnja sa industrijom uz korištenje dronova.

LITERATURA

- [1] Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349.
- [2] FAO. (2009). Declaration of the world summit on food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1-7.
- [3] Shannon, D. K., Clay, D. E., & Kitchen, N. R. (2020). Precision agriculture basics (Vol. 176). John Wiley & Sons.
- [4] Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and re- maining knowledge gaps. *Biosystems engineering*, 114(4), 358-371.
- [5] Egido, A., Caparrini, M., Ruffini, G., Paloscia, S., Santi, E., Guerriero, L., ... & Floury, N. (2012). Global naviga- tion satellite systems reflectometry as a remote sensing tool for agriculture. *Remote Sensing*, 4(8), 2356- 2372.
- [6] Moulin, S., Bondeau, A., & Delecolle, R. (1998). Combining agricultural crop models and satellite observa- tions: from field to regional scales. *International Journal of Remote Sensing*, 19(6), 1021-1036.
- [7] Chartzoulakis, K., & Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 88-98.
- [8] Křížová, K., Kroulík, M., Haberle, J., Lukáš, J., & Kumhálová, J. (2018). Assessment of soil electrical conduc- tivity using remotely sensed thermal data.
- [9] Sobayo, R., Wu, H. H., Ray, R., & Qian, L. (2018, April). Integration of convolutional neural network and thermal images into soil moisture estimation. In 2018 1st International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS) (pp. 207-210). IEEE.
- [10] Jung, J., Maeda, M., Chang, A., Landivar, J., Yeom, J., & McGinty, J. (2018). Unmanned aerial system assist- ed framework for the selection of high yielding cotton genotypes. *Computers and Electronics in Agricul- ture*, 152, 74-81.
- [11] Kellenberger, B., Marcos, D., & Tuia, D. (2018). Detecting mammals in UAV images: Best practices to address a substantially imbalanced dataset with deep learning. *Remote sensing of environment*, 216, 139- 153.
- [12] Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. (2019, May). A review on the use of drones for precision agriculture. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Sci- ence (Vol. 275, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
- [13] Mogili, U. R., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia computer science*, 133, 502-509.
- [14] Panday, U. S., Pratihast, A. K., Aryal, J., & Kayastha, R. B. (2020). A Review on Drone-Based Data Solu- tions for Cereal Crops. *Drones*, 4(3), 41.
- [15] Chew, R., Rineer, J., Beach, R., O'Neil, M., Ujeneza, N., Lapidus, D., ... & Temple, D. S. (2020). Deep Neural Networks and Transfer Learning for Food Crop Identification in UAV Images. *Drones*, 4(1), 7.
- [16] Gao, J., Liao, W., Nuyttens, D., Lootens, P., Vangeyte, J., Pižurica, A., ... & Pieters, J. G. (2018). Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 43-53.x

- [17] Zhang, X., Han, L., Dong, Y., Shi, Y., Huang, W., Han, L., ... & Sobeih, T. (2019). A deep learning-based approach for automated yellow rust disease detection from high-resolution hyperspectral uav images. *Remote Sensing*, 11(13), 1554.
- [18] Ge, X., Wang, J., Ding, J., Cao, X., Zhang, Z., Liu, J., & Li, X. (2019). Combining UAV-based hyperspectral imagery and machine learning algorithms for soil moisture content monitoring. *PeerJ*, 7, e6926.
- [19] Näsi, R., Viljanen, N., Kaivosoja, J., Alhonoja, K., Hakala, T., Markelin, L., & Honkavaara, E. (2018). Estimating biomass and nitrogen amount of barley and grass using UAV and aircraft based spectral and photogrammetric 3D features. *Remote Sensing*, 10(7), 1082.
- [20] Fu, Z., Jiang, J., Gao, Y., Krienke, B., Wang, M., Zhong, K., ... & Liu, X. (2020). Wheat growth monitoring and yield estimation based on multi-rotor unmanned aerial vehicle. *Remote Sensing*, 12(3), 508.
- [21] Neupane, H., Adhikari, M., & Rauniyar, P. B. (2015). Farmers' perception on role of cooperatives in agriculture practices of major cereal crops in Western Terai of Nepal. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 177-186.
- [22] Messina, G., & Modica, G. (2020). Applications of UAV Thermal Imagery in Precision Agriculture: State of the Art and Future Research Outlook. *Remote Sensing*, 12(9), 1491.
- [23] Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision agriculture*, 13(6), 693-712.
- [24] García-Berná, J. A., Ouhbi, S., Benmouna, B., García-Mateos, G., Fernández-Alemán, J. L., & Molina-Martínez, J. M. (2020). Systematic Mapping Study on Remote Sensing in Agriculture. *Applied Sciences*, 10(10), 3456.
- [25] Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications. *IEEE Access*, 7, 105100-105115.
- [26] Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Diamantoulakis, P., Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G., ... & Goudos, S. K. (2020). Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Smart Farming: A Comprehensive Review. *Internet of Things*, 100187.
- [27] Hassler, S. C., & Baysal-Gurel, F. (2019). Unmanned aircraft system (UAS) technology and applications in agriculture. *Agronomy*, 9(10), 618.
- [28] Abdullahi, H. S., Mahieddine, F., & Sheriff, R. E. (2015, July). Technology impact on agricultural productivity: A review of precision agriculture using unmanned aerial vehicles. In *International conference on wireless and satellite systems* (pp. 388-400). Springer, Cham.

Korištenje mobilnih aplikacija u pametnoj poljoprivredi

University of Donja Gorica
Tomo.Popovic@udg.edu.me

TOMO POPOVIĆ
DOC. DR.

Danas smo svjedoci dramatičnog procesa digitalne transformacije u kojem se digitalne tehnologije mijenjaju kako se poduzeća povezuju i stvaraju vrijednost za svoje kupce. Digitalna transformacija dobiva važnu ulogu u poljoprivredno-prehrambenom sektoru u proizvodnji i poljoprivredi općenito [1-2]. Ovo se poglavlje fokusira na upotrebu mobilnih aplikacija u pametnoj poljoprivredi i megatrendove u IKT-u koji omogućavaju primjenu takvih rješenja.



13. jul: Plantaže
sanja.radonjic511@gmail.com

SANJA RADONJIĆ
MSC.

University of Donja Gorica
stevan.cakic@udg.edu.me

STEVAN ČAKIĆ
MSC.

MOBILNI UREĐAJI

Korištenje mobilnih uređaja jedan je od najvećih trendova u IKT danas. U većini država, čak i u nerazvijenima, većina ljudi posjeduje mobilni telefon. To dramatično utječe na paradigmu primjene povezanih računalnih uređaja. Kod računala i prijenosnih računala očekivano je da će im ljudi pristupati samo tokom radnog vremena. Popularnost mobilnih uređaja potaknula je razvoj i proizvodnju boljih minijturnih i računalnih komponenata male snage, kao što su procesori, RAM i fleš memorija, baterije, povezivanje itd. Mobilni uređaji često se koriste kao sredstvo za pristup internetu [3]. Mobilno računarstvo i povezanost omogućava organizacijama povećanu suradnju, upravljanje poduzećima u realnom vremenu (bilo kada i bilo gdje) i pruža nove načine kontaktiranja kupaca. Najpopularniji mobilni uređaji su mobilni telefoni i tablet računala. Mobilni telefoni su potpuno razvijena računala minimizirana i oblikovana za obavljanje telefonske funkcije te opremljena internetskom vezom. Mobilni uređaji opremljeni su raznim senzorima i računskim mogućnostima koje omogućuju stvaranje i instaliranje različitih mobilnih aplikacija (aplikacija) koje mogu dodati nove i inovativne funkcije. Mobilne aplikacije mogu se razviti kao samostalna funkcionalnost koja se pokreće na samom uređaju, ali češće se razvijaju kao „prozor“ u sisteme koji su instalirani na udaljenoj računalnoj infrastrukturi (Cloud).



13. jul: Plantaže
katarina3mk@gmail.com

KATARINA PAVIĆEVIĆ
BSC.

University of Donja Gorica
vesnam@t-com.me

VESNA MARAŠ
PROF. DR.

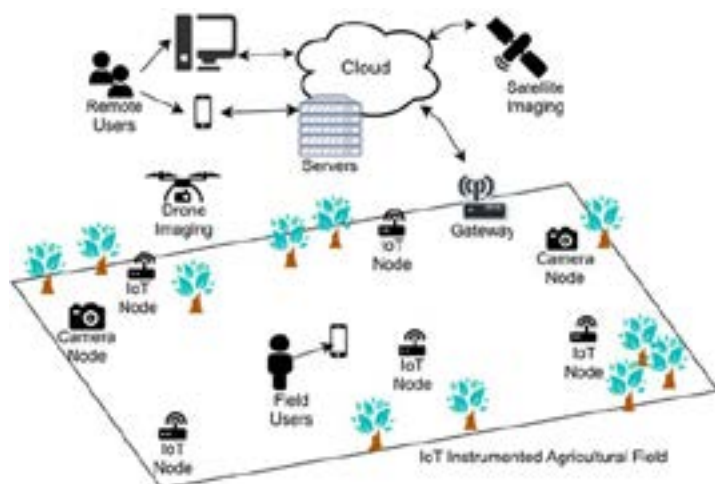
INTERNET OF THINGS

Internet of Things (IoT) je IT megatrend koji je ključni faktor za preciznu poljoprivredu. IoT tehnologija mreža je fizičkih objekata (uređaja, vozila, zgrada, opreme, itd.) koji su opremljeni vlastitim računalima, elektronikom, sensorima i mrežom, što omogućuje tim objektima da prikupljaju i razmjenjuju podatke (Ojha i sur. 2015.). IoT je neophodna tehnologija i vrlo često se kombinira sa Cloud podešavanjem za prikupljanje i pohranu podataka, analitiku podataka i aplikacije usluga poslužitelja. Koncept precizne poljoprivrede podržan IoT tehnologijom prikazan je na slici 1 (T. Popović i sur. 2017.). Razni elektronski uređaji opremljeni sensorima (tj. temperature zraka, vlaga, tlak zraka, vlaga u tlu, kamere na dronovima i satelitima) omogućuju mnogo širu pokrivenost polja mjerenjima i pružaju dubinski uvid u uvjete na terenu. Podaci se prenose na poslužitelje u oblaku (Cloud), gdje se mogu obraditi i analizirati kako bi se izvuklo dodatno znanje i primijenile razne funkcije podrške odlučivanju. Korisnici mogu pristupiti podacima i rezultatima analize putem svojih mobilnih uređaja dok su na terenu, ali i s udaljenih lokacija (kancelarija, dom). Mobilni uređaji mogu se koristiti za alarme, obavijesti i omogućiti korisnicima pokretanje ili potvrđivanje radnji (tj. daljinsko aktiviranje navodnjavanja).

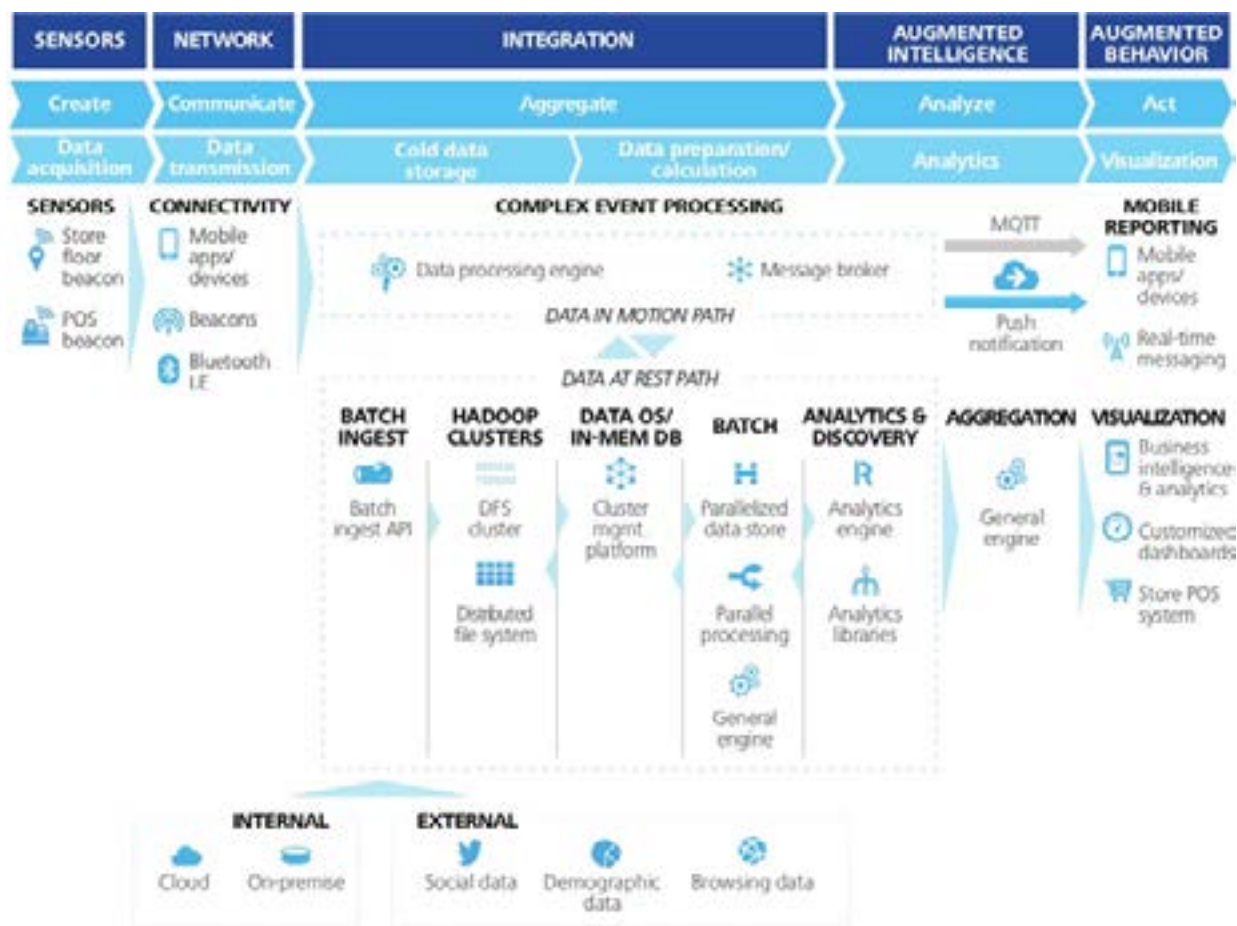


Glavne prednosti sažete su u nastavku [4]:

- Moćni uređaji u malom pakiranju,
- Baterija napajana pristupom Internetu,
- Jednostavno se proširuju dodavanjem novih aplikacija,
- Veza u stvarnom vremenu, bilo gdje i bilo kada (24/7),
- Dostupnost BYOD paradigme (ponesite svoj uređaj),
- Mobilne aplikacije omogućuju pristup sustavima koji koriste razne druge tehnologije (Cloud, Internet of Things, Sensors, Computer Vision, AI).



Ilustracija IoT referentne arhitekture dana je na slici 1. Arhitektura pretpostavlja upotrebu senzora na terenu koji se koriste za prikupljanje različitih mjerenja o predmetima od interesa. Mjerenje sensorima, koje se ponekad nazivaju i sirovim podacima, prenosi se mrežnim vezama, a podaci se prikupljaju, prethodno obrađuju i pohranjuju za daljnju analizu. Ovisno o aplikaciji, podaci se stavljaju u kontekst i analiziraju kako bi se stvorilo ili izdvojilo dodatno znanje koje se koristi za povećanje i poboljšanje procesa donošenja odluka i djelovanja. Kao što se vidi na dijagramu, mobilna tehnologija i uređaji mogu igrati ulogu u stvaranju i prikupljanju podataka senzora, kao i u procesu mobilnog izvještavanja i sa ili u komunikaciju natrag do aktuatora na terenu (tj. pokretanje pumpe za navodnjavanje). Konačno, ključna uloga je višenamjenska dvosmjerna interakcija sa krajnjim korisnicima. Interakcija sa krajnjim korisnicima može biti prikupljanje dodatnih podataka, informiranje o proširenoj inteligenciji o procesu ili slanje odnosno primanje radnih naredbi. IoT tehnologija je jedan od ključnih elemenata za stvaranje naprednih pametnih poljoprivrednih aplikacija koje uključuju mobilne tehnologije.



Source: Deloitte's IoT Reference Architecture.

CLOUD

Cloud tehnologija (ili tehnologija u oblaku) pruža dostupnost resursa na zahtjev računalnog sustava, kao što su pohrana podataka, procesorska snaga i primarna memorija te povezanost. Cloud (oblak) se oslanja na dostupnost interneta velike brzine i omogućava korisnicima korištenje resursa bez izravnog sudjelovanja u upravljanju (vidi sliku 3). Dostupni su različiti modeli usluga, a posebno:

- IaaS - Infrastruktura kao usluga, gdje korisnici ili pružatelji rješenja koriste infrastrukturu koju pruža Cloud servis;
- PaaS - Platforma kao usluga, gdje Cloud nudi uslugu tipa platforme koja se koristi kao osnova za implementaciju rješenja;
- SaaS - Softver kao usluga, gdje se kompletni softverski sistem instaliran na Cloud infrastrukturi nudi kao usluga.

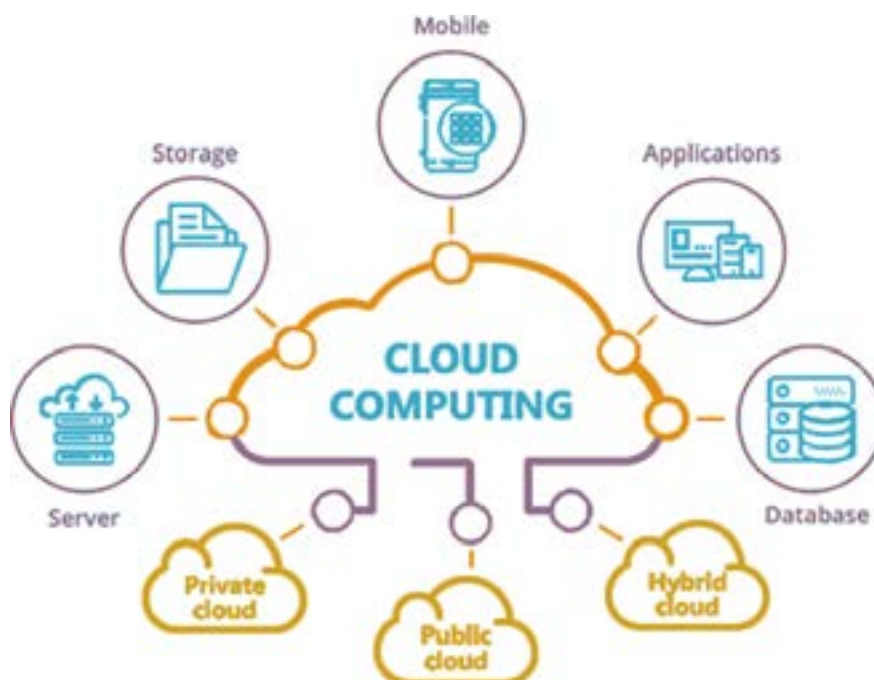
Što se tiče implementacije, postoje različiti pristupi tj. modeli implementacije:

- Javno,
- Privatna,
- Zajednica,
- Hibridni.

Cloud tehnologija (tehnologija u oblaku) ima za cilj veću pouzdanost informacijskih sustava i pozadinu modernih informacijskih sustava, uključujući napredne mobilne aplikacije, obično instalirane na Cloud infrastrukturi ili platformi.

Cloud sustavi su veoma popularni za moderne projekte. Pomoću tehnologije u oblaku možete koristiti puno mikro usluga koje se već primjenjuju na najčešće probleme. Ponekad za složene sustave, infrastruktura može biti vrlo velika i teško ju je postaviti. Ovi Cloud sustavi mogu pomoći rješavanju ovog problema. Također, neke od prednosti su smanjenje troškova, fleksibilnost, poboljšana automatizacija itd. Neki od najpopularnijih sustava su:

- Azure,
- Amazon web services (AWS),
- Google cloud.



VELIKI PODACI (BIG DATA) I ANALIZA PODATAKA (AI)

Big Data je megatrend informacijske tehnologije koji se bavi načinima analize, izdvajanja informacija i znanja ili općenito skupovima podataka koji su preveliki ili složeni da bi se mogli obraditi tradicionalnim pristupima obradi podataka. Skupovi podataka brzo rastu zbog činjenice da je sve više računala, mobilnih uređaja i ugrađenih (često jeftinih) računala opremljenih raznim senzorima ili ulaznim uređajima. Postoji velika raznolikost i količina podataka koji dolaze različitom brzinom (eng. velocity) i različitom razinom točnosti i pouzdanosti (eng. veracity). Volumen, brzina i pouzdanost se ponekad nazivaju 3V Big Data (vidi sliku 4.) [6]. Korisnici sa svojim mobilnim uređajima također su izvor Big Data i ti podaci se koriste ili se mogu koristiti na različite načine.

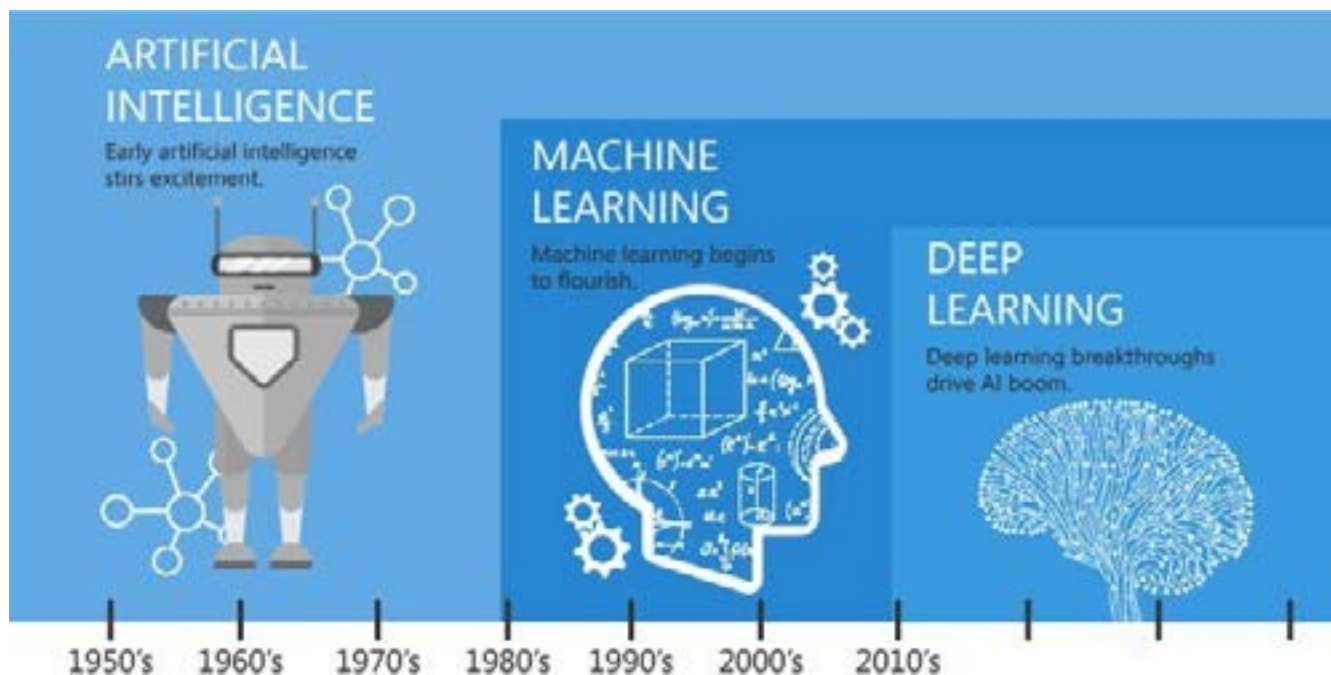
THE 3Vs OF BIG DATA



Obično se Big Data odnosi na prediktivnu analitiku, analitiku ponašanja korisnika ili razne napredne metode analize podataka i ekstrakcije znanja koje izvlače vrijednost iz podataka. Danas je umjetna inteligencija (eng. artificial intelligence - AI) dio svakodnevice, ali većina ljudi je ne prepoznaje. Jedno od područja u kojima se AI može vrlo učinkovito koristiti je poljoprivreda. Neka od glavnih područja upotrebe:

- Prepoznavanje govora i NLP,
- Razumijevanje konteksta iz teksta,
- Prijevod teksta sa jednog na drugi jezik,
- Robotika,
- Sistemi preporuka (Amazon, Netflix, itd.),
- Tražilice,
- E-mail (neželjena pošta / željena pošta),
- Prepoznavanje lica,
- Igre (šah - IBM Deep Blue, Dota 2 - OpenAI, Go - AlphaGo),
- Otkrivanje bolesti,
- Autonomna vožnja,
- Biomedicina itd.

Dvije glavne, osobito važne, podoblasti AI su: strojno učenje i duboko učenje. Podaci i dobri modeli najvažniji su na tim područjima. Bez dovoljno prethodno obrađenih podataka strojno učenje gotovo je beskorisno. Strojno učenje često se klasificira kao učenje pod nadzorom i bez nadzora. Za učenje pod nadzorom, model uči predviđati rezultat iz označenih podataka. U slučaju algoritma učenja bez nadzora, neko se znanje formira iz podataka i može vidjeti nešto što nije očito, ako netko analizira taj određeni problem. Također, jedno od polja AI koje imaju ogroman utjecaj na mnoge procese je duboko učenje (DL). Većina ljudi kaže da je DL strojno učenje, ali uz obradu više podataka. Popularni koncept koji se mora spomenuti za DL je neuronska mreža koja je srž DL-a. Neuronske mreže koriste se za prepoznavanje obrazaca u procesima i generiranje odgovarajućih odgovora iz danih ulaznih podataka. To je proces učenja. Slika 5 prikazuje odnos između AI, ML i DL.



DRUŠTVENE MREŽE

Društveni mediji i društvene mreže interaktivne su web-aplikacije koje korisnicima omogućuju ne samo korištenje informacije, već i djelovanje kao kreatora sadržaja dostupnih na internetu. Sadržaj koji generiraju korisnici uključuje tekstualne poruke, tj. postove i komentare, digitalne fotografije i video zapise, kao i meta podatke koji proističu iz tih interakcija (oznake, datumi, GPS lokacija i drugo). Ovo kolektivno stvaranje sadržaja i kontinuirana interakcija korisnika društvenih medija čine ovu tehnologiju megatrendom koji mijenja način poslovanja.

Društveni mediji i 24-satna povezanost s krajnjim korisnicima tjeraju poduzeća da koriste društvene mreže kao platformu za marketing i promociju prodaje. Društveni mediji također omogućuju kompanijama da prikupljaju povratne informacije od krajnjih korisnika, pružaju podršku i upravljaju rizikom. Budući su moćan alat za interakciju sa korisnicima, važno je razumjeti da društveni mediji mogu imati negativne učinke na poslovanje ako se ne koriste pravilno. Napokon, društveni su mediji glavni izvor podataka koji mogu biti u kombinaciji s podacima iz drugih izvora, kao i s velikim podacima (Big Data) u analitici.



MOBILNE APLIKACIJE U PAMETNOJ POLJOPRIVREDI

Mobilne aplikacije mogu biti vrlo korisne u mnogim oblastima. Jedna od njih je njihova upotreba u pametnoj poljoprivredi. Poljoprivrednici trebaju informacije od planiranja usjeva do prodaje konačnih proizvoda (slika 7), a mobilne aplikacije bi to mogle pružiti. Ti se podaci razlikuju ovisno o kalendaru usjeva, međutim, postoje neke kategorije podataka koje su zajedničke različitim epohama bez obzira na vrstu usjeva i mjesto uzgoja [7]. Te su kategorije podijeljene u tri glavne faze: znati-kako (know how), kontekstualne informacije i tržišne informacije.



Pitanja u ovim fazama, poput opcija za nove usjeve (znati-kako), optimalno vrijeme berbe uzimajući u obzir klimu/ tlo (kontekstualne informacije) ili koje su cijene proizvoda (tržišne informacije) mogu se koristiti za definiranje bolje proizvodnje.

Mobilno poslovanje temelji se na skupu dobara i usluga koje nudi kompanija za mobilne uređaje, uključujući hardver, operativni sustav i mobilne aplikacije koje se nude u trgovini aplikacija. Što se tiče hardvera, to uključuje razne vrste mobilnih uređaja, komponente korištene za njihovu izradu, kao i fizičke dodatke.

Glavna klasa mobilnih uređaja koji su rašireni i dostupni korisnicima širom svijeta su pametni telefoni tj. mobilni telefoni opremljeni resursima za povezivanje i računarstvo, uključujući sistemski softver i mogućnosti instaliranja mobilnih aplikacija [7-10]. Upotreba mobilnih aplikacija i mobilnih uređaja u poljoprivredi nije iznimka. Postoje razne mobilne aplikacije za poljoprivredu i one se mogu podijeliti u sljedeće grupe [7-15]:

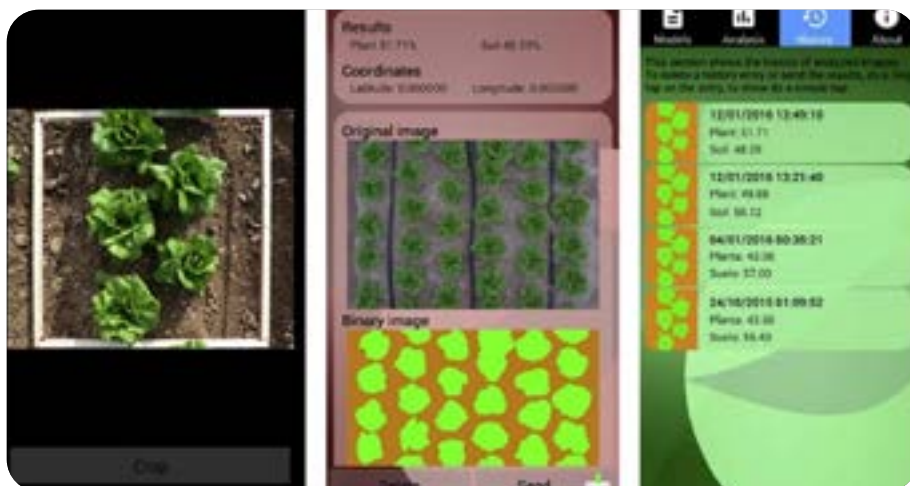
- Aplikacije povezane s radovima na usjevima - mogu pomoći poljoprivrednicima u općim aktivnostima vezanim za usjeve na njihovim parcelama [16-20]:
- Aplikacije zaštite usjeva i dijagnostike koje se uglavnom koriste su:
 - Otkrivanje i dijagnostika štetnika i bolesti;
 - Identifikacija i tretiranje korova;
 - Dijagnostika zemljišta i biljaka.
- Aplikacije za ishranu i gnojidbu usjeva koje se uglavnom koriste su:
 - Praćenje biljnih hraniva;
 - Upravljanje tretiranjem;
 - Primjena gnojidbe.
- Aplikacije za navodnjavanje usjeva i njihove glavne funkcionalnosti:
 - Hidrični status usjeva i odluka o navodnjavanju;
 - Donošenje odluka o navodnjavanju.
- Aplikacije za rast usjeva i upravljanje sklopom biljaka koriste se najčešće za:
 - Praćenje rasta krošnji, praćenje sklopa biljaka;
 - Izračuni LAI (Indeksa line površine).
- Aplikacije za žetvu usjeva se koriste za:
 - Procjena produktivnosti;
 - Indikatori kvalitete.

Kategorija upravljanja farmama uključuje aplikacije koje pomažu poljoprivrednicima da postignu bolje upravljanje poljoprivrednim resursima i općim poljoprivrednim aktivnostima [20-25]:

- Kartiranje polja i podaci o tlu koriste se za:
 - Lokacije terena i izračun površine;
 - Identifikacija mjesta uzorkovanja;
 - Pokazatelji poljoprivrednog tla: boja, pH, NPK (N—dušik, P—fosfor i K—kalij), sadržaj ugljika itd.
- Aplikacije za upravljanje strojevima koje se koriste za:
 - Procjenjivač troškova strojeva;
 - Praćenje putanje prohoda u stvarnom vremenu;
 - Nadgledanje strojeva: aktivnost, produktivnost, učinkovito korištenje, stabilnost itd.
- Kontrola poljoprivrednih aktivnosti:
 - Upravljanje terenskim zadacima, upravljanje aktivnostima poljoprivrednih radnika.

Opći informacijski sustavi za pružanje najrelevantnijih činjenica za poljoprivrednike kao što su [26-29]:

- Poljoprivredni savjeti i znanja;
 - Informacije o tržištu;
 - Relevantne vijesti;
 - Razgovor sa stručnjakom;



Primjer izgleda poljoprivredne aplikacije PCAP

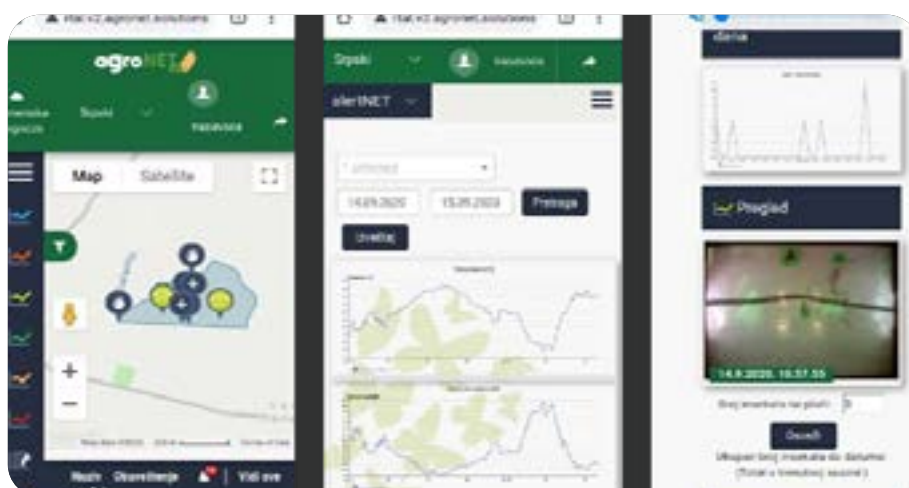
PAMETNI POLJOPRIVREDNI PILOTI U CRNOJ GORI

U Crnoj Gori trenutno se implementira nekoliko pametnih poljoprivrednih pilota na Univerzitetu Donja Gorica i kompaniji „13. jul Plantaže“ u partnerstvu sa tehnološkom kompanijom DunavNET:



Prevenција krivotvorenja u vinskoj industriji zasnovana na slučaju praćenja odnosno track & trace za hranu koja uključuje interakciju sa krajnjim korisnicima [31, 32]. Ovaj sistem kombinira pametne oznake, IoT, Cloud i mobilnu aplikaciju za nadgledanje svake boce vina i njenog statusa u lancu opskrbe. Rješenje koristi heuristiku kako bi se utvrdilo može određena boca biti predmet krivotvorenja (slika 9).

- Piloti precizne poljoprivrede imaju za cilj optimizirati navodnjavanje i otkrivanje bolesti te njihovu prevenciju [32, 33]. Ovi piloti se primjenjuju u vinogradima (precizno vinogradarstvo) i voćnjacima (nasadi jabuka i bresaka). Oni obično koriste IoT vremenske stanice za nadgledanje temperature zraka, vlage, tlaka i IoT čvorove sa senzorima kao što su senzori vlage listova, vlage tla, tw kamere za hvatanje slika unutar feromonskih zamki. Podaci se koriste za daljinsko praćenje i za modele predviđanja i podršku odlučivanju u aplikacijama za optimizaciju navodnjavanja, korištenje insekticida itd. [32]. Korisnik komunicira sa ovim rješenjima pomoću web preglednika na svojim osobnom računalu ili mobilnim uređajima (slika 10).



Pristup pametnoj poljoprivrednoj platformi pomoću mobilnog uređaja, AgroNET

- Pilot precizne poljoprivrede za peradarsku farmu usmjeren na praćenje okolišnih parametara i procjenu zdravlja [33]. IoT čvorovi sa senzorima za temperaturu, vlagu, protok zraka, CO2 koriste se za nadgledanje i kontrolu uvjeta u objektima za uzgoj peradi (slika 11).



Digitalna platforma za upravljanje živalskom farmom, AgroNET

LITERATURA:

- [1] Jorge M. et al., “Smartphone Applications Targeting Precision Agriculture Practices—A Systematic Re- view”, Jun 2020.
- [2] Hetal P. et al., “Survey of Android Apps for Agriculture Sector”, Int. Jurnal Inf. Sci. Tech, 2016, pages 61-67
- [3] Tomo P. et al., “Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study”, Computers and Electronics in Agriculture, August 2017, pages 255-265
- [4] Bruno M. et al., “A smartphone application to measure the quality of pest controlspraying machines via image analysis”, December 2017
- [5] Theodoros L., George K, Michail S., “FarmManager: an Android application for the management of small farms”, 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment, 2013
- [6] Bruno M., “BioLeaf: a professional mobile application to measure foliar damage caused by insect herbivory”
- [7] Santosh R., Abhijeet P., Sumit R., Suraj K., “A Survey on Crop Disease Detection and Prevention using Android Application”, International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, April 2015.
- [8] Raul M. et al., “mySense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices”, Computers and Electronics in Agriculture, July 2019, pages 882-894
- [9] Tamoghna O. et al., “Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges”, Computers and Electronics in Agriculture, October 2015, pages 66-84
- [10] Nikos P. et al., “A Smart Phone Image Processing Application for Plant Disease Diagnosis”, 6th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCA), 2017
- [11] Nikos P., “Plant Disease Diagnosis for Smart Phone Applications with Extensible Set of Diseases”, 2019
- [12] Suporn P., Pimwadee C, Navaporn S., “Plant Disease Diagnosis for Smart Phone Applications with Extensible Set of Diseases”, 2015
- [13] Arturo A. et al. , “vitisFlower: Development and Testing of a Novel Android-Smartphone Application for Assessing the Number of Grapevine Flowers per Inflorescence Using Artificial Vision Techniques “, Jurnal Sensors, 2015

- [14] Roberta De B. et al., “VitiCanopy: A Free Computer App to Estimate Canopy Vigor and Porosity for Grape- vine”, April 2016
- [15] Muhammad Irfan U. et al., “Using Smartphone Application to Estimate the Defoliation Caused by Insect Herbivory in Various Crops”, September 2019
- [16] Jorge A., Kevin K., Caleb T., “The first Nitrogen Index app for mobile devices: Using portable technology for smart agricultural management”, Computers and Electronics in Agriculture, 2013.
- [17] Roberto C. et al., “The PocketLAI smartphone app: An alternative method for leaf area index estimation”, 7th International Congress on Environmental Modelling and Software, San Diego, USA, June 2014; pages 288–293.
- [18] Heping Z. et al., “A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution”, Computers and Electronics in Agriculture, March 2011.
- [19] Qureshi, W.S. et al., ”Machine vision for counting fruit on mango tree canopies ”, *Precis. Agric.* 2014
- [20] Matt H., “20 Agriculture apps you should know in 2020 and Beyond”, <https://www.croplife.com/editorial/20-agriculture-apps-you-should-know-in-2020-and-beyond> , last accessed 17. September 2020
- [21] Tanja F., Smart agriculture on mobile phones, <https://blog.agrivi.com/post/smart-agriculture-on-smart-phones> , last accessed 17. September 2020
- [22] Unknown, Mobile app to help farmers overcome crop damage, <http://www.icrisat.org/mobile-app-to-help-farmers-overcome-crop-damage/> , last accessed 17. September 2020
- [23] Stevan C., Tomo P., Stevan S., Srdjan K., Anita G., “The Use of Tesseract OCR Number Recognition for Food Tracking and Tracing”, IT Zabljak 2020
- [24] Ginés M. et al., “Study and comparison of color models for automatic image analysis in irrigation management applications”, *Agricultural Water Management*, pages 158-166
- [25] Sigfredo F. et al., “Automated estimation of Leaf Area Index from grapevine canopies using cover photography, video and computational analysis methods”, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2014
- [26] David R., “The digital transformation playbook: Rethink your business for the digital age,” Columbia University Press, 2016.
- [27] Anup M., “Digital Transformation, Building Intelligent Enterprises” , Wiley, 2019.
- [28] Nikola T. Et al., “Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas: Status Report”, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2019
- [29] Sundmaeker H. et al., “Internet of Food and Farm 2020”, Chapter in “Digitising the Industry,” River Publishers, ISBN 9788793379817, pp129 - 150., 2016
- [30] Sjaak W., “Big Data in Smart Farming – A review”, *Agricultural Systems*, May 2017, pages 69-80
- [31] TagItWine project, <https://tagitwine.udg.edu.me> , last accessed 30. October 2020
- [32] DIPOL project, <https://dipol.udg.edu.me> , last accessed 30. October 2020
- [33] DEMETER project, <https://h2020-demeter.eu> , last accessed 30. October 2020
- [34] AgroNET platform, DunavNET, <https://dunavnet.eu> , last accessed 30. October 2020

Upotreba GIS-a u poljoprivredi



University of Banja Luka
milan.sipka@agro.unibl.org
milansipka@yahoo.com
MILAN ŠIPKA
MSC.



University of Banja Luka
mihajlo.markovic@agro.unibl.org
mikamarkovic60@gmail.com
MIHAJLO MARKOVIĆ
PROF.DR.

Poljoprivredu mijenjaju tri temeljne sile: revolucija molekularne biologije, proširenje kapaciteta osobnih računala i razvoj informacijske tehnologije poput geografskih informacijskih sustava (GIS) [17]. Poljoprivreda je poslovni sektor koji je idealno pogodan za primjenu GIS-a jer se temelji na prirodnim resursima, zahtijeva kretanje, distribuciju i / ili upotrebu velikih količina proizvoda, roba i usluga i sve je češći za bilježenje detalja svog poslovanja od polja do tržišta. Gotovo svi poljoprivredni podaci imaju neki oblik prostorne komponente, a GIS vam omogućava da vizualizaciju informacija koje bi inače bile teško opisati. Vrijednost GIS-a za poljoprivredu i dalje raste kako tehnološki napredak ubrzava potrebu i mogućnosti za pribavljanjem, upravljanjem i analizom prostornih podataka na farmi i u čitavom poljoprivrednom lancu vrijednosti [64].



Ekonomična proizvodnja hrane osnovni je cilj svakog poljoprivrednika, upravitelja gospodarstva i regionalne poljoprivredne agencije. Daljinsko istraživanje (RS) i GIS koji se koriste za analizu i vizualizaciju poljoprivrednog okruženja pokazali su se vrlo korisnima za poljoprivrednu zajednicu, kao i za industriju. GIS ima veliku ulogu u poljoprivredi širom svijeta pomažući poljoprivrednicima u povećanju proizvodnje, smanjenju troškova i učinkovitijem upravljanju njihovim zemljištem. GIS je široko rasprostranjen i prepoznat kao učinkovit i moćan alat u otkrivanju pokrova tla i promjene namjene zemljišta [39]. Suočeni sa smanjenjem zemljišta, pogoršanjem kvalitete tla, ograničenjem vodnih resursa i brzim klimatskim promjenama, glavni izazov svake države je vertikalno povećati proizvodnju kako bi se osigurala održiva sigurnost hrane za sve ljude u zemlji. Trenutni trend potražnje i proizvodnje hrane otkriva da bi u sljedećih 20 godina bilo sasvim nemoguće prehraniti rastuću populaciju bez odgovarajućeg znanstvenog upravljanja i planiranja postojećih prirodnih resursa. Međutim, maksimiziranje proizvodnje i za potencijalno korištenje zemljišta i zemljišnih resursa u smislu održavanja zdravlja tla, uštede vode kod navodnjavanja, prilagođavanja usjeva klimatskim promjenama, zahtjeva brzo prikupljanje sveobuhvatnih informacija za donošenje odluka, stvaranje tehnologije i skaliranje procesa. Upotreba GIS i RS tehnika može igrati aktivnu ulogu u ostvarivanju tih procesa. Međutim, GIS i RS nisu automatizirani sustavi donošenja odluka, već su alati za prikupljanje i analizu podataka i izradu relevantnih karata kao podrška procesu donošenja odluka [26].

GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEM (GIS)

Geografski informacijski sustavi posebna su klasa i nformacijskih sustava koji prate događaje, aktivnosti i stvari, kao i gdje se ti događaji, aktivnosti ili stvari događaju ili postoje [46].

Prema Sharmi R. i sur. (2018.), GIS se bavi prostornim podacima i vizualizira prikupljene informacije s uzorcima i odnosima pomoću računalnih alata. GIS uključuje sljedeće komponente:

- Pohranu prostornih podataka u digitalnom obliku.
- Upravljanje i integraciju prostornih podataka prikupljenih iz različitih izvora u GIS.
- Preuzimanje i pretvaranje prostornih podataka u potrebne formate.
- Izvođenje analitike podataka za pretvaranje podataka u korisne informacije.
- Razvoj različitih modela temeljenih na informacijama.
- Prikaz informacijskog modela i donošenje odluka.



Acharya S. M. i sur. (2018.) prepoznaju da GIS kombinira podatke o lokaciji s kvantitativnim i kvalitativnim podacima o lokaciji, omogućujući vizualizaciju, analizu i iznošenje informacija putem karata i grafikona. Kada se ti podaci organiziraju u GIS, zajedno s ostalim parametrima, oni postaju važan alat koji pomaže u donošenju odluka o usjevima i poljoprivrednim strategijama.

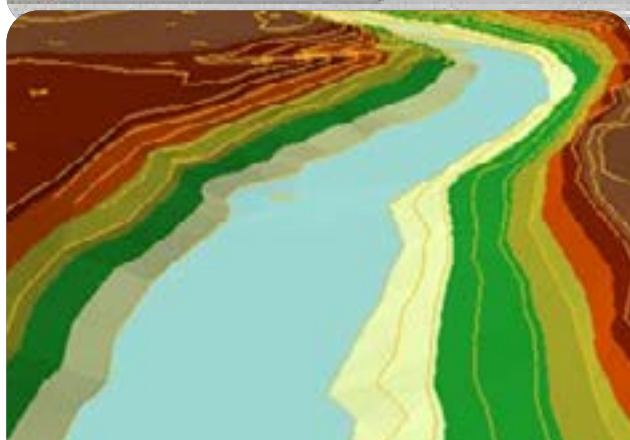
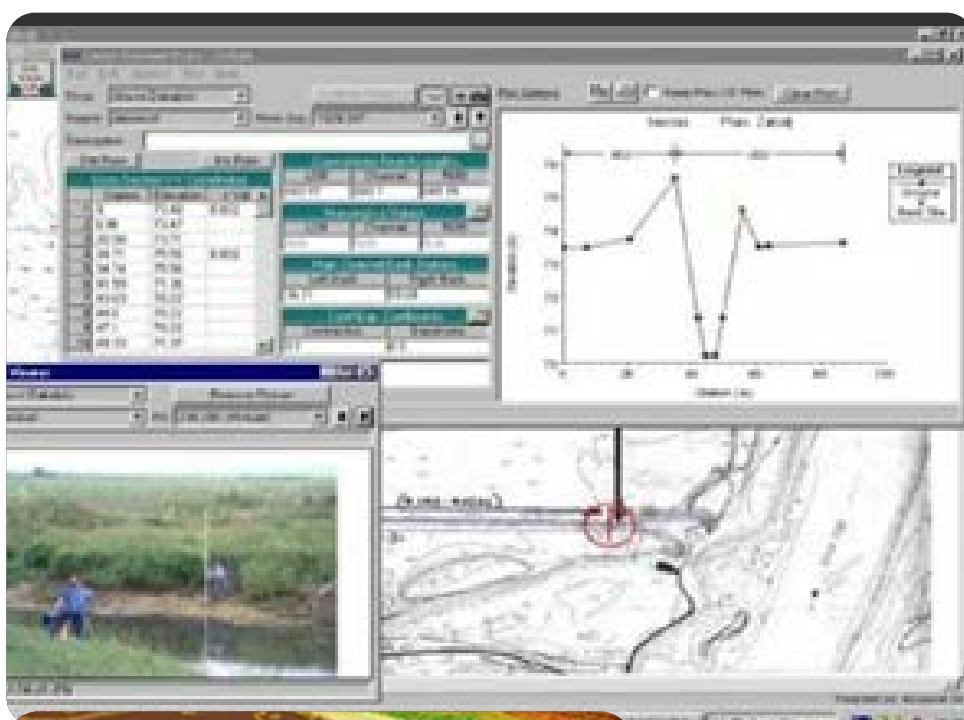
PRIMJENA GIS-a U POLJOPRIVREDI

GIS aplikacije igraju važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji, kako lokalno tako i širom svijeta. GIS je postao značajan resurs kao pomoć poljoprivrednicima u povećanju proizvodnje, smanjenju troškova i pružanju efikasnih sredstava za upravljanje zemljišnim resursima. Njegova primjena dolazi u različitim oblicima, uključujući preciznu poljoprivredu, bespilotne letjelice i satelitske tehnologije, te mogućnosti samih geografskih informacijskih sustava [1]. Prema Hartkampu i sur. (1999.), primjene GIS-a porasle su od primarno hidroloških primjena sredinom 1980-ih trenutnog širokog spektra primjena u istraživanjima agronomije i upravljanja prirodnim resursima. Računalni programi, poput GIS-a, doprinose brzini i učinkovitosti cjelokupnih procesa agronomskog planiranja [93].

Oshunsanya S. O. i Aliku O. (2016.) GIS-ove primjene u poljoprivredi dijele u sljedeće kategorije:

- Operativna primjena GIS-a u preciznoj poljoprivredi
- Primjena GIS-a u agrometeorološkim operacijama
- Operativna upotreba GIS-a u agroklimatološkim i agroekološkim studijama
- Korištenje GIS-a za agronomsku karakterizaciju i zonaciju
- Primjena GIS-a u istraživanju tla
- GIS kao agronomski alat za planiranje namjene zemljišta
- Operativna primjena GIS-a za studije plodnosti tla
- Proračun prostornog prinosa
- Procjena agronomskog utjecaja korištenjem GIS-a

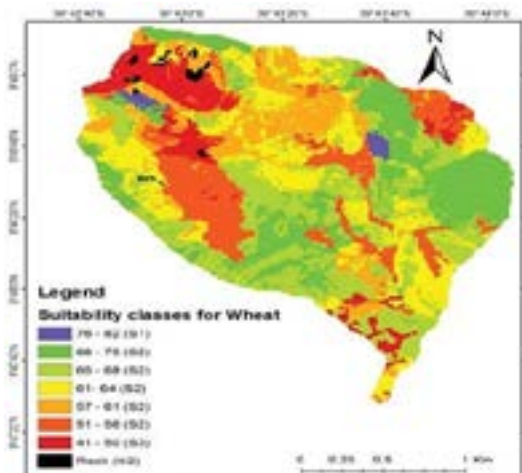
Primjeri primjene GIS-a u agronomiji i istraživanju upravljanja prirodnim resursima objašnjeni su u sljedećim radovima: modeliranje atmosfere [42] klimatske promjene, studije osjetljivosti i / ili varijabilnosti [71] [87] [8], karakterizacija i zoniranje [5] [11], kvaliteta vode, zagađenje vode [55] [73] [48] [20] [30], znanost o tlu [15] [49] i proračun prostornog prinosa - regionalno, globalno [29] [37] i precizna poljoprivreda (prostorni izračun prinosa) [10] [32] [14] [17].



GIS radni prostor HEC RAS
 aplikacijskog alata za hidrologiju,
 izvor: (Salvai A. 2004)

U svom radu Hingray B. i sur. (2009.) analiziraju uporabu hidroloških modela zajedno s GIS-om i velike količine podataka povezanih s čimbenicima koji doprinose te zaključuju da je to jeftin i bitan alat za sprovođenje djelotvornih i prilagođenih mjera zaštite zemljišta.

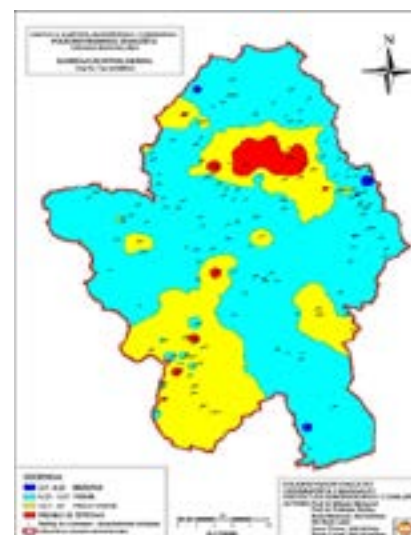
Hidrološko modeliranje za procjenu hrapavosti površine ili vrijednosti trenja, jer utječe na brzinu kopnenog protoka vode. Podaci o korištenju zemljišta, zajedno sa hidrološkim značajkama tla na površini, mogu pružiti mjere očekivanih procjednih voda i sposobnosti zadržavanja vode [57].



Karta pogodnosti zemljišta za pšenicu, izvor: Hamere Y i Teshome S. (2018)



Sadržaj humusa u zemljištu izvor: Osnove zaštite, korištenja i restrukturisanja poljoprivrednog zemljišta grad Doboj (BiH) 2020



Sadržaj teških metala (As) u tlu izvor: Osnove zaštite, korištenja i restrukturisanja poljoprivrednog zemljišta grad Banja Luka (BiH) 2006.

Najznačajnija primjena GIS-a koji se koristi za planiranje i upravljanje je mapiranje i analiza pogodnosti korištenja zemljišta i oni su pojašnjeni u [52] [43] [33] [12] [19]. Procjena pogodnosti zemljišta preduvjet je planiranja korištenja zemljišta. To je postupak utvrđivanja prikladnosti datog zemljišta u poljoprivredne svrhe [6]. Abdelrahman M.A. i sur. (2016.) tvrde da je procjena pogodnosti zemljišta procjena zemljišta koja se obično provodi kako bi se utvrdila specifična namjena zemljišta za određenu lokaciju i utvrdili ograničavajući faktori za određenu biljnu proizvodnju. Procjena pogodnosti zemljišta prema FAO standardima primjenjuje se u mnogim dijelovima svijeta, posebno u zemljama u razvoju [23].

Izvešteno je o nekoliko studija o primjeni GIS-a na različite prakse uzgoja [67] [21] [66] [61] [4]. U [75] autori su izvijestili o primjeni GIS-a na upravljanje plodnošću tla gdje su digitalizirane karte pH tla, kalija, fosfora i organske tvari pripremljene pomoću GIS softvera. Kokhan S. i sur. (2013.) objašnjavaju kako je baza geopodataka razvijena pomoću GIS mapiranja kako bi se osiguralo praćenje kakvoće tla na temelju podataka agrokemijskih istraživanja, te kako bi se nadzirale promjene u pokrovu tla / kvaliteti tla između razdoblja istraživanja.

Sustav potpore odlukama zasnovan na GIS-u korišten je za određivanje potencijala i ograničenja različitih tala za biljnu proizvodnju [76]. Dok je Gandomkar R. (2009.) u svom radu upotrijebio GIS u kontroli erozije tla gdje su analizirani faktori i elementi koji utječu na eroziju pomoću numeričkih karata različitih dijelova sliva. Erozijska tla prihvaćena je kao ozbiljan problem koji proizlazi iz intenziviranja poljoprivrede, degradacije zemljišta i vjerojatno zbog globalnih klimatskih promjena [91].

Korištenje GIS-a za korištenje zemljišta i klasifikaciju zemljišta (LULC) predstavljeno je u radovima [7] [63] [57]. Poznavanje uporabe tla i pokrivača važno je za mnoge aktivnosti planiranja i upravljanja i smatra se ključnim elementom za modeliranje i razumijevanje zemlje kao sistema. Karte pokrivača zemljišta trenutno su se razvile od lokalnih do nacionalnih pa do globalnih razmjera. Korištenje pankromatskih zračnih fotografija srednjih razmjera za mapiranje korištenja zemljišta prihvaćena je praksa još od 1940-ih. U novije vrijeme koriste se zračne fotografije i satelitski snimci malog opsega za korištenje zemljišta / mapiranje pokrivača zemlje [45].

Alokacija resursa često se koristi za procjenu korištenja i raspodjele resursa. Na primjer, procjena potencijala podzemne vode i prinosa usjeva opisane su u [53] [70] [79]. Nekoliko studija [65] [31] [35] [86] koristilo je GIS u procjeni utjecaja određenih događaja (produljena aktivnost kroz određeno vrijeme) na poljoprivrednu produktivnost. Sustavi zasnovani na znanju kombiniraju različite izvore informacija i pružaju uvid u informacije koje se daju. Ishod je slika koja se koristi za pružanje rješenja problema u perspektivi objašnjenju u [83] [90] [9] [44] [81].

Jedno od najvažnijih područja u kojem se možemo odlučiti za primjenu daljinskog istraživanja i GIS-a primjenom precizne poljoprivrede je upravljanje vodnim stresom te stresom uslijed nedostatka hraniva. Otkrivanje stresova povezanih s biljnim hranivima pomoću daljinskog istraživanja i GIS-a važni su u upravljanju hranivima na određenoj lokaciji, i na taj se način mogu smanjiti troškovi uzgoja, kao i povećati učinkovitost gnojidbe [77].



Pregled sistema upravljanja poljoprivrednim informacijama sa GIS platformom, izvor: Hitachi Software Engineering Co.

Sivakumar M.V.K. i sur. (2004.) izvijestili su da krajnja upotreba GIS-a leži u njegovoj sposobnosti modeliranja, koristeći podatke iz stvarnog svijeta za predstavljanje prirodnog ponašanja i simuliranje učinka specifičnih procesa. Modeliranje je moćan alat za analizu trendova i prepoznavanje čimbenika koji na njih utječu ili za prikaz mogućih posljedica ljudskih aktivnosti od kojih ovisi dostupnost resursa.

Jedna od najvažnijih funkcija GIS-a i mapiranja koristit će se za podizanje svijesti o pitanjima kao što je nestašica hrane ili za prikazivanje mogućih posljedica ljudskih aktivnosti koje utječu na dostupnost resursa. Alati za web mapiranje poput (FAO) Svjetske mape gladi pružaju jedinstveni pogled na globalnu proizvodnju hrane. Iako utvrđuju osnovne uzroke nesigurnosti hrane, GIS podaci i tehnologija pomažu u zaštiti područja i zajednica pogođenih nestašicom hrane [69].

IZAZOVI

Felicísimo A. i Gómez-Muñoz A. (2008.) raspravljali su o tome kako GIS može biti koristan alat za prostorno planiranje ili planiranje namjene zemljišta, ali samo ako je ispunjeno nekoliko uvjeta. Ključni se uvjeti odnose na:

1. kvaliteta osnovnih prostornih informacija,
2. statističke metode primijenjene na prostornu prirodu podataka.

Odgovarajuće informacije i metode omogućavaju stvaranje čvrstih modela koji jamče objektivne i metodološki ispravne odluke.

Informacije su vrijedne proizvođačima samo ako su pravovremene, točne i (a) lako dostupne, (b) izravno integrirane s više izvora, (c) analiziraju softverom i hardverom koji tipični tražitelj informacija posjeduje i (d) koriste se uz minimum obuke. Ti su izazovi u slučaju precizne poljoprivrede pogoršani digitalnom veličinom satelitskih scena i ograničenom širinom pojasa dostupnom proizvođačima u mnogim ruralnim područjima [89].

Wanjohi K. (2020.) primijetio je da je rast radne snage u GIS-u izazov jer većina ljudi koji se pridružuju radnoj snazi imaju znanja samo u prednjem dijelu GIS-a. Odnosno, mogu se koristiti nekim alatima za vizualizaciju kartiranja, ali nemaju pojma kako objasniti podatke u prostornom smislu. Da bi djelotvorno primijenili GIS u raznim industrijama, radna snaga mora naučiti teorijski aspekt prikupljanja i analize geografskih podataka. Nadalje, Lee J. G. i Kang, M. (2015.) izvijestili su da skupovi prostornih podataka premašuju tradicionalni računalni kapacitet, koji se naziva velikim geoprostornim podacima, a istraživači dobivaju veliku pozornost. S eksponencijalnim povećanjem količine velikih geoprostornih podataka, povećali su se i izazovi za upravljanje i analizu velikih podataka. Geoprostorni podaci predstavljaju značajan dio velikih podataka u poljoprivrednim lancima opskrbe, čija veličina svake godine raste za najmanje 20 posto.

Sharma R. i sur. (2018.) ističu potrebu za razvojem novih okvira koji uključuju različite slojeve ili platforme za učinkovito prikupljanje podataka, skladištenje podataka, analizu podataka i dijeljenje informacija. Ti bi se okviri trebali temeljiti na novim tehnologijama kao što su IoT, dronovi, mobilno računanje i računarstvo u oblaku. Različite aplikacije integracije novih tehnologija sa GIS podacima pomoći će praktičarima da odluče o usvajanju odgovarajućih tehnologija u svojim organizacijama. Razumijevajući važnost razmjene podataka u stvarnom vremenu s različitim dionicima u poljoprivrednom lancu opskrbe, od praktičara će se tražiti da razviju politike dijeljenja podataka. Od kreatora politika će se očekivati da kreiraju nova pravila i procedure za otvoreni pristup podacima, održavajući privatnost podataka i sigurnost sistema. Wanjohi K. (2020.) primjećuje da kao rezultat mapiranja otvorenog koda i brojnih GIS aplikacija, mnogi ljudi imaju pristup geografskim podacima. Ovo od sada može biti dobra stvar; veći broj industrija može iskoristiti podatke za donošenje boljih odluka. Međutim, nema učinkovite kontrole nad tim tko može pristupiti podacima i kako ih može koristiti. IoT također može dovesti do dostupnosti osjetljivih informacija, izlažući korisnike cyber napadima.

BUDUĆNOST

Tijekom određenog vremenskog razdoblja, upotreba GIS-a zabilježila je drastičan razvoj od tradicionalnih praksi koje uključuju planiranje korištenja zemljišta do suvremenih znanstvenih aplikacija. Veliki podaci, IoT, blockchain i druga tehnološka postignuća zavlada su svijetom svojom točnošću i pouzdanošću. Očekuje se da će velika GIS analitika igrati značajnu ulogu u oblikovanju suvremene poljoprivrede ispunjavajući očekivanja dionika u tri glavne dimenzije, a to su točnost, pristupačnost i odgovornost [78]. Također Carbonell I. (2016.) i Bronson K., Knežević I. (2016.) očekivali su da će primjena blockchain tehnologije donijeti značajan napredak u aspektima odgovornosti i transparentnosti u poljoprivrednim lancima opskrbe.

Rymaszewska A. i sur. (2017.) tvrde da bi organizacije trebale identificirati inovativne načine za dobivanje maksimalne vrijednosti iz moguće integracije GIS-a s blockchainom, velikim podacima i IoT tehnologijama.

Podrazumijeva se da će IoT aplikacije u poljoprivredi osnažiti većinu poljoprivrednih industrija da prošire svoje lance vrijednosti kako bi zadovoljile svoje dionike što rezultira povećanom isplativošću. Primjeri rane integracije gore spomenutih tehnologija mogu se naći u radovima Wu i sur. i Ye i sur. [92] [88].

Upotreba naprednih algoritama može točno predvidjeti potrebu za hranivima u polju. Buduća istraživanja trebale bi se usredotočiti na razvoj naprednih algoritama za utjecaja. Odluke o planiranju navodnjavanja takođe mogu imati koristi od primjene mjera procjene utjecaja pomoću GIS-a. Buduće studije trebale bi se fokusirati na razvoj aplikacija za mikro navodnjavanje za koje je utvrđeno da su održivije (Rao M., 2018.).

Uchiyama H. (2017.) izvijestio je da bespilotne letjelice mogu koristiti automatizirane kontrolne sisteme i i pomažu u pružanju potrebnih geoprostornih podataka za GIS smanjujući složenost prikupljanja podataka na terenu. Dronovi se također mogu koristiti za uzorkovanje tla, a njihova integracija sa GIS analitikom može pomoći u prikupljanju podataka o rastu usjeva što ilustriraju srodni radovi [34] [36].

Postoji značajan potencijal za integraciju Big GIS Analitike s drugim tehnologijama poput LiDAR radi poboljšanja pretraživanja i odabira web mjesta. Takva integracija analitičkih tehnika pomoći će u poboljšanoj simulaciji, što rezultira identificiranjem budućih rizika na osnovu prošlih i trenutnih trendova u potrošnji zemljišta [25]. Wanjohi K. (2020.) predstavio je sljedeće buduće perspektive i otkrio da je budućnost GIS-a najviše obećavajuća u kombinaciji sa strojnim učenjem, ali mnogo se može očekivati od kombinacije GIS-a, AI-ja, strojnog učenja, dubokog učenja, proširene stvarnosti, oblaka, IoT-a i prikupljanja i analize podataka u stvarnom vremenu. Na primjer, mogu pomoći u stvaranju prediktivnih modela za preciznu poljoprivredu, predviđanju ekstremnih vremenskih prilika i njihovih učinaka, te drugim primjenama. GIS računalske mogućnosti, poput upotrebe Pythona i R, omogućuju obradu grupnih podataka odjednom. Ostale korisne računalne mreže za rukovanje podacima uključuju CyberGIS i GIS u oblaku.

ZAKLJUČCI

U sljedećim će godinama upotreba učinkovitih informacijskih tehnologija igrati sve značajniju ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji i gospodarenju prirodnim resursima. U tom kontekstu GIS ima značajnu ulogu u procesu donošenja odluka u poljoprivredi na različitim razinama tj. na terenu, regionalno, nacionalno i globalno. GIS je izvrstan informacijski alat koji poboljšava vizualizaciju i jednostavnost analize i rukovanja prostornim podacima. Ova prostorna informacijska tehnologija omogućuje simultano i precizno ispitivanje i analizu šireg spektra poljoprivrednih resursa poput zemljišta, vremena, hidrologije, različitih socio-ekonomskih varijabli. Istodobno ispitivanje svih ovih varijabli u GIS okruženju dovodi do boljeg razumijevanja kako poljoprivredni sustavi funkcioniraju i komuniciraju u prostoru i vremenu. Ovo razumijevanje vodi razvoju stabilnih i održivih dinamičnih poljoprivrednih tehnologija.

LITERATURA

- [1] AABSys IT (2018): Agriculture
<https://www.aabsys.com/industries/gis-for-natural-resource-management/gis%20agriculture/>
- [2] Abdelrahman M.A., Natarajan A., Hegde R. (2016): Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, 19 (1), 125–141.
- [3] Acharya S.M., Pawar S.S., Wable N.B. (2018): Application of Remote Sensing & GIS in Agriculture. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, Vol-5, Issue-4, <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.4.10>.
- [4] Adams M.L., Norvell W.A., Philpot W.D., Peverly J.H. (2000): Spectral detection of micronutrient deficiency in 'Bragg' Soybean. *Agronomy Journal*, 92, 261–268.
- [5] Aggarwal P.K. (1995): Uncertainties in crop, soil and weather inputs used in growth models: Implications for simulated outputs and their application. *Agricultural Systems*, 48, 361–384.
- [6] Akinci H., Özalp A.Y., Turgut B. (2013): Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Comput. Electron. Agric.*, 97, 71–82.
- [7] Asadi S.S., Vasantha Rao B.V.T., Raju M.V., Anji Reddy (2012): M. Analysis and interpretation of land resources using remote sensing and GIS: a case study, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Vol. 2, Issue 1, pp. 309–314
- [8] Beinroth F.H., Jones J.W., Knapp E.B., Papajorgji P., Luijten J. (1998): Evaluation of land resources using crop models and a GIS. In: G. Y. Tsuji et al. (eds) *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, Netherlands, 293–311.
- [9] Blasch G., Spengler D., Hohmann C., Neumann C., Itzerott S., Kaufmann H. (2015): Multitemporal soil pattern analysis with multispectral remote sensing data at the field-scale. *Comput. Electron. Agric.*, 113, 1–13.
- [10] Bootink H.W.G., Verhagen J. (1997): Using decision support systems to optimize barley management on spatially variable soil. In: M. J. Kropff et al. (eds) *Applications of systems approaches at the field level*. Systems approaches for sustainable agricultural development. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, Netherlands, 6, 219–233.
- [11] Bouman B.A.M., Wopereis M.C.S., Riethoven J.J. (1994): The use of crop growth models in agroecological zonation of rice. *SARP Research Proceedings of DLO Research Institute for Agro-Biology and Soil Fertility*. Wageningen Agricultural University and IRRI, Manila, Philippines.
- [12] Brail R.K., Klosterman R.E. (2001): *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools*. ESRI Inc.
- [13] Bronson K., Knezevic I. (2016): Big Data in food and agriculture. *Big Data Soc.* 3 (1) p. 2053951716648174.
- [14] Bullock D.S., Lowenberg-DeBoer J., Swinton S.M. (2002): Adding value to spatially managed inputs by understanding site-specific yield response. *Agricultural Economics: The Journal of the International Association of Agricultural Economists*, 27, 233–245.
- [15] Burrough P.A. (1986): *Principles of geographical information systems for land resource assessment*. Oxford University Press, New York.
- [16] Carbonell I. (2016): The ethics of big data in big agriculture. *Internet Policy Rev.* 5(1). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2772247>
- [17] Clay D.E., Shanahan J.F. (2011): *GIS applications in agriculture, Volume two: Nutrient management for energy efficiency*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [18] Clay S.A. (2011): *GIS Applications in Agriculture, Volume Three: Invasive Species*. CRC Press Taylor & Francis Group.

- [19] Collins M.G., Steiner F.R., Rushman M.J. (2001): Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environ. Manage.*, 28 (5), 611–621.
- [20] Corwin D.L., Loague K. (1996): Applications of GIS to the modeling of non-point source pollutants in the vadose zone. SSSA, Madison, WI, SSSA Special Publication No. 48.
- [21] Deosthali V., Akmanchi A., Salunke C. (2005): Soybean agriculture in India: A spatial analysis. *Transactions of the Institute of Indian Geographers*, 27, 13–13.
- [22] Felicísimo A., Gómez-Muñoz A. (2008): GIS and Predictive Modelling: A Comparison of Methods for Forest Management and Decision-Making, Chapter 7 in GIS for environmental decision-making by Lovett A., Appleton K. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [23] FAO (2007): Land evaluation, towards a revised framework. Land and Water Discussion Paper 6. Rome: FAO Electronic publishing division.
- [24] Gandomkar R. (2009): Using GIS in Soil Erosion Control (Case study: Mousa Abad Basin, Isfahan, Iran). GIS Ostrava, Ostrava, January, 25–28.
- [25] García-Ayllón S. (2018): Retro-diagnosis methodology for land consumption analysis towards sustainable future scenarios: application to a Mediterranean coastal area. *J. Clean. Prod.*
- [26] Giashuddin M.M., Rafiqul M. (2011): Use of GIS and RS in Agriculture of Bangladesh: Present Status and Prospect. Proceedings of International Workshop on Advanced Use of Satellite and Geo-information for Agricultural and Environmental Intelligence Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- [27] Hamere Y., Teshome S. (2018): Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid watershed, Ethiopia, *Cogent Food & Agriculture*, 4:1, doi: 10.1080/23311932.2018.1470481
- [28] Hartkamp A.D., White J.W., Hoogenboom G. (1999): Interfacing geographic information systems with agronomic modeling. *Agronomy Journal*, 91, 761–772.
- [29] Haskett J.D., Pachepsky Y.A., Acock B. (1995): Use of the beta distribution for parameterizing variability of soil properties at the regional level for crop yield estimation. *Agricultural Systems*, 48, 73–86.
- [30] Hingray B., Picouet C., Musy A. (2009): Hydrologie 2. Une science pour l'ingénieur. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse.
- [31] Hinojosa L., Napoléone C., Moulery M., Lambin E.F. (2016): The “mountain effect” in the abandonment of grasslands: insights from the French Southern Alps. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 221, 115–124.
- [32] Hoogenboom G., Lal H., Gresham D.D. (1993): Spatial yield prediction. Paper, ASAE, St. Joseph, MI, 93–3550.
- [33] Hopkins L.D. (1977): Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation. *J. Am. Inst. Planners*, 43 (4), 386–400.
- [34] Huuskonen J., Oksanen T. (2018): Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>
- [35] Ines A.V., Gupta A.D., Loof R. (2002): Application of GIS and crop growth models in estimating water productivity. *Agric. Water Manage*, 54 (3), 205–225.
- [36] Jones J.W., Antle J.M., Basso B., Boote K.J., Conant R.T., Foster I., Godfray H.C.J., Herrero M., Howitt R.E., Janssen S., Keating B.A. (2017): Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: state of agricultural systems science. *Agric. Syst.*, 155, 269–288.
- [37] Karthikeyan R, Hoogenboom G, McClendon RW. (1996): Regional yield forecasting using crop models and GIS: A conceptual framework. Paper.; ASAE, St. Joseph, MI, 96–

- [39] Kumar N., Yamaç S.S., Velmurugan A. (2015): Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management, 20(1), 1-6.
- [40] Kumar S.K., Babu S.D.B. (2016): A Web GIS Based Decision Support System for Agriculture Crop Monitoring System-A Case Study from Part of Medak District. J Remote Sensing & GIS, 5, 177, doi: 10.4172/2469-4134.1000177.
- [41] Lee J.G., Kang, M. (2015): Geospatial big data: challenges and opportunities. Big Data Res., 2 (2), 74–81.
- [42] Lee T.J., Pielke R.A., Kittel T.G.F., Weaver J.F. (1993): Atmospheric modelling and its spatial representation of land surface characteristics. In: M. F. Goodchild et al. (eds) Environmental modelling with GIS. Oxford University Press, New York, 108–122.
- [43] Li G., Messina J.P., Peter B.G., Snapp S.S. (2017): Mapping land suitability for agriculture in Malawi. Land Degrad. Dev., 28 (7), 2001–2016.
- [44] Li Q., Yan J. (2012): Assessing the health of agricultural land with emergy analysis and fuzzy logic in the major grain-producing region. Catena, 99, 9–17.
- [45] Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman J.W. (2004): Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth edition, reprint by Wiley India Pvt. Ltd., New Delhi, page 215.
- [46] Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. (2006): Geographic information systems and science, 2nd edition, Wiley, New York. ISBN 0-470-87001-X paperback.
- [47] Lovett A., Appleton K. (2008): GIS for environmental decision-making. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [48] Mamillapalli S., Srinivasan R., Arnold J.G., Engel B.A. (1996): Effect of spatial variability on Basin scale modeling. In: Proceedings of International Conference/Workshop of Integrating GIS and Environmental Modeling, 3rd edition, Santa Fe, NM, 21–25, January. National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, CA.
- [49] Manchanda M.L., Kudrat M., Tiwari A.K. (2002) Soil survey and mapping using remote sensing. Tropical Ecology, 43(1), 61–74.
- [50] Markovic M. et al (2020): The Basis for Agricultural Land Protection, Use and Restructuring city Dobo (B&H)
- [51] Markovic M. et al (2006): The Basis for Agricultural Land Protection, Use and Restructuring city Banja Luka (B&H)
- [52] McHarg I.L. (1969): Design with Nature. American Museum of Natural History, New York.
- [53] McKinion J.M., Willers J.L., Jenkins J.N. (2010): Spatial analyses to evaluate multi-crop yield stability for a field. Comput. Electron. Agric., 70 (1), 187–198.
- [54] Miloudi L., Rezeg K., Kazar O., Miloudi M.K. (2019): Smart Sustainable Farming Management Using Integrated Approach of IoT, Blockchain & Geospatial Technologies. Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development Volume 2 - Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development Applied to Agriculture and Health.
- [55] Mohd M. I. S., Mansor M. A. (1999): Flood Prediction from LANDSAT Thematic Mapper Data and Hydrological Modeling. GIS Development.
- [56] Mueller T., Sassenrath G.F. (2015): GIS Applications in Agriculture, Volume Four: Conservation Planning. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [57] Nagarajan N., Poongothai S. (2011): Identification of Land use and Land cover Changes using Remote Sensing and GIS IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 3, No. 5.570-576.
- [58] Neufeldt H., Schäfer M., Angenendt E., Li C., Kaltschmitt M., Zeddies J. (2006): Disaggregated greenhouse gas emission inventories from agriculture via a coupled economic-ecosystem model. Agric. Eco-syst. Environ., 112 (2–3), 233–240.

- [59] Nigatu Gebeyehu M. (2019): Remote Sensing and GIS Application in Agriculture and Natural Resource Management. *Int J Environ 046 Sci Nat Res.*, 19(2), 556009. DOI: 10.19080/IJESNR.2019.19.556009.
- [60] Nowatzki J. (2011): Precision Manure Application Requirements, chapter 9 in *GIS Applications in Agriculture: Vol. 2 Nutrient Management for Energy Efficiency* by Clay D.E., Shanahan J.F. CRC Press Taylor & Francis Group. 147-155 .
- [61] Osborne S.L., Schepers J.S., Francis D.D., Schlemmer M.R. (2002): Detection of phosphorus and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements. *Agronomy Journal.*, 94, 1215–1221.
- [62] Oshunsanya S.O., Aliku O. (2016): GIS Applications in Agronomy. *Geospatial Technology - Environmental and Social Applications*. doi:10.5772/64528.
- [63] Pareta K. et al.(2013): Remote sensing and GIS based land use/land cover, soil and land capability analysis for agricultural resource management in Sagar district of Madhya Pradesh (India), *Indian journal of engineering*, 5(12), 18-26.
- [64] Pierce F.J., Clay D. (2007): GIS applications in agriculture. CRC Press Taylor & Francis Group.
- [65] Pradhan A., Jayasuriya H.P., Mbohwa C. (2016): Status and Potentials of Agricultural Mechanization in Sunsari District, Nepal. *Appl. Eng. Agric.*, 32 (6), 759–768.
- [66] Rao B.R.M., Ravishankar T., Dwivedi R.S., Thammappa S.S., Venkataratnam L, Sharma RC, Das SN. (1995): Spectral behaviour of salt affected soils. *International Journal of Remote Sensing.*; 16: 2125–2136.
- [67] Rao B.R.M. (2007): Remote sensing and GIS-Its applications in soil science. *Proceedings of National Symposium on Soil Science Research*, December 7–9, Indian Society of soil Science, Kolkata, 25–30.
- [68] Rao M., Chhabria R., Gunasekaran A., Mandal P. (2018): Improving competitiveness through performance evaluation using the APC model: a case in micro-irrigation. *Int. J. Prod. Econ.*, 195, 1–11.
- [69] Ravensberg S. (2018): GIS in Agriculture. *Integrate Sustainability Environment*.
- [70] Rey D., Holman I.P., Daccache A., Morris J., Weatherhead E.K., Knox J.W. (2016): Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agric. Water Manage*, 173, 13–22.
- [71] Rosenzweig C. (1990): Crop response to climate change in the southern Great Plains: A simulation study. *Professional Geography*, 42, 20–37.
- [72] Rymaszewska A., Helo P., Gunasekaran A. (2017): IoT powered servitization of manufacturing—man exploratory case study. *Int. J. Prod. Econ.*, 192, 92–105.
- [73] Salvai A., Josimov-Dundurski J.(2004): “Improving Water Management of the Drainage Systems for Sustainable Agriculture”, *International Conference on Sustainable Agriculture and European Integration Processes*, Abstracts, 141.
- [74] Sarmah K., Deka C.R., Sharma U., Sarma R. (2018): Role of GIS Based Technologies in Sustainable Agriculture Resource Planning & Management Using Spatial Decision Support Approach. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM)*, Volume-5, Issue-1.
- [75] Senthurpandian V.K., Jayaganesh S., Srinivas S., Palani N., Muraleedharan N. (2010): Application of geographic information system to fertility management of tea soils of Anamallais. *Asian Journal of Earth Sciences*, 3, 136–141.
- [76] Setia R., Verma V., Sharma P. (2012): Soil informatics for evaluating and mapping soil productivity index in an intensively cultivated area of Punjab, India. *Journal of Geographic Information System*, 4, 71–76.
- [77] Shanmugapriya P., Rathika S., Ramesh T., Janaki P. (2019): Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8(1), 2270-2283.

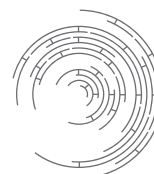
- [79] Singh A.K., Dubey O.P., Ghosh S.K. (2016): Irrigation scheduling using intervention of Geomatics tools-a case study of Khedli minor. *Agric. Water Manage.*, 177, 454–460.
- [80] Sivakumar M.V.K., Roy P.S., Harmsen K., Saha S.K. (2004): *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*. WMO.
- [81] Tayyebi A., Meehan T.D., Dischler J., Radloff G., Ferris M., Gratton C. (2016): SmartScape™: a web-based decision support system for assessing the tradeoffs among multiple ecosystem services under crop- change scenarios. *Comput. Electron. Agric.*, 121, 108–121.
- [82] Uchiyama H., Sakurai S., Hashimoto Y., Hanasaki A., Arita D., Okayasu T., Shimada A., Taniguchi R.I. (2017): Sensing technologies for advanced smart agricultural systems. In: *Eleventh International Conference on In Sensing Technology (ICST)*, December 2017. IEEE, 1–4.
- [83] Wachowiak M.P., Walters D.F., Kovacs J.M., Wachowiak-Smolíková R., James A.L. (2017): Visual analytics and remote sensing imagery to support community-based research for precision agriculture in emerging areas. *Comput. Electron. Agric.*, 143, 149–164.
- [84] Wang Y.Q., Zhang X.Y., Draxler R.R. (2009): TrajStat: GIS-based software that uses various trajectory statistical analysis methods to identify potential sources from longterm air pollution measurement data. *Environ. Modell. Software*, 24 (8), 938–939.
- [85] Wanjohi K. (2020): The future of GIS. <http://www.lifeingis.com/the-future-of-gis/>
- [86] Wei H., Li J.L., Liang T.G. (2005): Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. *Agric. Water Manage.*, 71 (1), 33–45.
- [87] Wei Y., Hoogenboom G., McClendon R.W., Gresham D.D. (1994): Impact of global climate change on crop production at a farm level. Paper, ASAE, St. Joseph, MI, 94-3523.
- [88] Wu Q., Liang Y., Li Y., Liang Y. (2017): Research on intelligent acquisition of smart agricultural big data. Conference Paper.
- [89] Zhang X. (2011): Digital Northern Great Plains and Zone Mapping Application for Precision Agriculture, Chapter 7 in *GIS applications in agriculture* by Clay D.E., Shanahan J.F., Volume two: Nutrient management for energy efficiency. CRC Press Taylor & Francis Group, 123-135.
- [90] Zhao Q., Lenz-Wiedemann V.I., Yuan F., Jiang R., Miao Y., Zhang F., Bareth G. (2015): Investigating within-field variability of rice from high resolution satellite imagery in Qixing Farm County, Northeast China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 4 (1), 236–261.
- [91] Yang D., Kanae S., Oki T., Koike T., Musiak T. (2003): Global potential soil erosion with reference to land use and climate change. *Hydrol Process* 17(14):2913–2928
- [92] Ye J., Chen B., Liu Q., Fang Y. (2013): A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS. In: *21st International Conference on Geoinformatics (GEOINFORMATICS)*, IEEE, 1–5.
- [93] GIS Data Depot. (2000): Internet publication; GeoComm International Corporation. Available from: <http://www.gisdatadepot.com> .



Vitalising ICT Relevance in Agricultural Learning

THE EUROPEAN COMMISSION'S SUPPORT FOR THE PRODUCTION OF THIS PUBLICATION DOES NOT CONSTITUTE AN ENDORSEMENT OF THE CONTENTS, WHICH REFLECT THE VIEWS ONLY OF THE AUTHORS, AND THE COMMISSION CANNOT BE HELD RESPONSIBLE FOR ANY USE WHICH MAY BE MADE OF THE INFORMATION CONTAINED THEREIN

Prepared by



WEBIN
Western Balkans Institute