

Utjecaj inovativne tehnike i tehnologije u suvremenoj poljoprivredi

Pepić, Dorian

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:360867>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dorian Pepić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer: Mehanizacija

**Utjecaj inovativne tehnike i tehnologije u suvremenoj
poljoprivredi**

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEKU

Dorian Pepić
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda
Smjer: Mehanizacija

**Utjecaj inovativne tehnike i tehnologije u suvremenoj
poljoprivredi**
Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Domagoj Zimmer
2. prof. dr. sc. Luka Šumanovac
3. prof. dr. sc. Tomislav Jurić

Osijek, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski stručni studij Mehanizacija

Završni rad

Dorian Pepić

Utjecaj inovativne tehnike i tehnologije u suvremenoj poljoprivredi

Sažetak:

U završnom radu istražuje se utjecaj inovativnih tehnika i tehnologija u suvremenoj poljoprivredi, s posebnim naglaskom na Internet Stvari (IoT), Big Data (Veliki Podaci), bespilotne zrakoplove i senzoriku. IoT omogućuje povezivanje poljoprivrednih uređaja i senzora putem interneta, omogućavajući precizno praćenje i upravljanje poljoprivrednim procesima. Big Data pruža mogućnost analiziranja ogromnih količina podataka prikupljenih iz različitih izvora kako bi se dobile vrijedne informacije i optimizirala poljoprivredna proizvodnja. Bespilotni zrakoplovi koriste se za nadzor i mapiranje polja, aplikaciju pesticidima i mineralnim sredstvima te prikupljanje podataka o stanju usjeva. Senzorika omogućuje praćenje uvjeta tla, temperature, vlage i drugih parametara koji su ključni za donošenje informiranih odluka o poljoprivrednoj proizvodnji. U radu pojašnjeni su primjeri primjene ovih tehnologija u stvarnim poljoprivrednim okruženjima i ističu se njihove prednosti i izazovi. Utjecaj inovativnih tehnika i tehnologija u suvremenoj poljoprivredi može rezultirati većom produktivnošću, smanjenjem troškova, kvalitetnijom proizvodnjom i poboljšanjem kvalitete poljoprivrednih proizvoda.

Ključne riječi: Internet stvari (IoT), Veliki Podaci, Senzorika, Bespilotni zrakoplovi

48 stranica, 45 slika

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Mechanization

Final work

Dorian Pepić

The impact of innovative techniques and technologies in modern agriculture

Summary :

The final paper examines the influence of innovative techniques and technologies in modern agriculture, with a special emphasis on the Internet of Things (IoT), Big Data, unmanned aircrafts and sensors. IoT enables the connection of agricultural devices and sensors via the Internet, enabling precise monitoring and management of agricultural processes. Big Data provides the ability to analyze huge amounts of data collected from different sources in order to obtain valuable information and optimize agricultural production. Drones are used to monitor and map fields, apply pesticides and mineral fertilizers, and collect data on crop conditions. Sensors enable monitoring of soil conditions, temperature, moisture and other parameters that are crucial for making informed decisions about agricultural production. The paper explains examples of the application of these technologies in real agricultural environments and highlights their advantages and challenges. The influence of innovative techniques and technologies in modern agriculture can result in higher productivity, cost reduction, higher quality production and improvement in the quality of agricultural products.

Key words: Internet Of Things (IoT), Big Data, Sensors, Drones

48 pages, 45 pictures

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. POLJOPRIVREDA 4.0.....	2
2.1. Usvajanje 4.0 rješenja u poljoprivredi i upravljanje podacima.....	3
2.2.1. <i>Bespilotni zrakoplovi i senzori (Drones and sensors)</i>	5
2.2.2. <i>Internet stvari (IoT)</i>	5
2.2.3. <i>Veliki podaci(Big Data)</i>	6
2.2.4. <i>Umjetna inteligencija(AI)</i>	7
3. TRENUTNA POVEZANOST U SUVREMENOJ POLJOPRIVREDI.....	11
3.1. Nove mogućnosti u suvremenoj poljoprivredi.....	13
3.2. Potencijal povezanosti za stvaranje vrijednosti.....	14
4. VAŽNOST IOT-A.....	15
4.1. Poboľšana učinkovitost.....	15
4.1.1. <i>Odlučivanje temeljeno na podacima</i>	16
4.1.2. <i>Ušteda troškova</i>	17
4.1.3. <i>Poboľšano korisničko iskustvo</i>	17
5. SLUČAJEVI KORIŠTENJA IOT-A U POLJOPRIVREDI.....	18
5.1. Praćenje klimatskih uvjeta.....	18
5.2. Automatizacija zaštićenih prostora.....	20
5.3. Upravljanje usjevima.....	21
6. POLJOPRIVREDNI BESPILOTNI ZRAKOPLOVI.....	22
6.1. Procjena stanja tla.....	25
6.2. Sadnja i sjetva budućih usjeva.....	26
6.3. Borba protiv infekcija i štetočina.....	27
6.4. Prskanje u poljoprivredi.....	28
6.5. Nadzor usjeva.....	29
6.6. Praćenje stoke.....	30
7. IOT SENZORI.....	31
7.1. Senzori temperature.....	31
7.2. Senzori tlaka.....	32
7.3. Senzori pokreta.....	33
7.4. Senzori razine.....	33

7.5. Senzori slike.....	34
7.6. Senzori blizine	35
7.7. Senzori kvalitete vode.....	36
7.8. Kemijski senzor i senzor za očitavanje plina.....	36
7.9. Senzori dima	37
7.10. Senzori vlažnosti.....	38
7.11. Žiroskopski senzori.....	38
7.12. Optički senzori	39
7.13. Senzori ubrzanja.....	40
8. UTJECAJ INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA I TEHNIKA U HRVATSKOJ	41
8.1. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije u Hrvatskoj.....	41
8.2. Cijene inovativnih tehnologija u R.H.	41
9. ZAKLJUČAK.....	42
10. LITERATURA.....	43

1. UVOD

Poljoprivredna industrija znatno se transformirala u zadnjih 40-50 godina, u razdoblju od 1970-2023-e godine se iz dana u dan sve više bližimo potpunoj automatizaciji. Napredak u strojevima proširio je omjer, brzinu i produktivnost sveukupne poljoprivredne opreme, što je dovelo do učinkovitijeg uzgoja uroda. Sjeme, navodnjavanje i mineralna sredstva također su se znatno poboljšali korištenjem suvremene agrotehnike i pravodobnim ispitivanjem u laboratorijima i usporedbom sa prijašnjim prinosima uzimajući u obzir što manje gubitke i bolju kvalitetu proizvoda (velika količina proizvoda sa vrlo malim udjelom toksičnosti zbog raznih kemijskih sredstava ili mehaničkih problema), pomažući ujedno i poljoprivrednicima da povećaju prinose. Sada je poljoprivreda u ranim danima još jednog velikog napretka kojoj pridonose inovativne tehnologije.

Suvremena poljoprivreda nudi nam umjetnu inteligenciju, analitičke postupke, povezane senzore i druge nove tehnologije koje bi mogle dodatno povećati prinose, poboljšati učinkovitost vode i drugih inputa te izgraditi održivost i otpornost u uzgoju usjeva i stočarstvu. Budućnost poljoprivrede ne može se postići bez digitalnih alata i snažnog pokretanja tehnoloških inovacija. S povećanjem svijesti potrošača o pitanjima okoliša i potrebom za boljim upravljanjem dostupnim resursima, novim konceptima zdravstvene ispravnosti, kvaliteta i kontrola su znatno poboljšane.

Suvremena poljoprivreda je pojavom poljoprivrede 4.0 kao središtem inovativne tehnologije revolucionirala poljoprivredu kao gospodarsku djelatnost i ona obuhvaća razvoj precizne poljoprivrede i odnosi se na sve radnje koje se provode u poljoprivredi temeljne na preciznoj i točnoj analizi podataka i informacija prikupljenih i prenesenih putem napredne tehnologije i dostupnih alata. To su alati i strategije koji omogućuju istovremeno korištenje niza digitalnih 4.0 tehnologija, zauzvrat omogućujući automatsko prikupljanje, ali i integraciju i analizu podataka prikupljenih s terena, bilo to od senzora ili iz drugih izvora. Zadatak ovih tehnologija je ponuditi najopsežniju i precizniju podršku poljoprivrednicima u procesu donošenja odluka vezanih za njihovu djelatnost i odnos s drugim stranama u lancu opskrbe. S time se pospešuje ekonomska, ekološka pa i društvena održivost, ali i profitabilnost i isplativost poljoprivrednih procesa.

Cilj završnog rada je prikazati specifične inovativne tehnologije koje utječu na razvoj poljoprivrede. U radu će se prikazati sve važnije komponente koje sačinjavaju današnje inovativne tehnologije poput: IoT (Internet Stvari), Big Data (Veliki Podaci), bespilotni zrakoplovi, senzorika i sl. Također, cilj je prikazati određene inovativne tehnologije koje utječu na razvoj poljoprivrede, istražujući njihovu primjenu, prednosti i izazove s kojima se suočavaju poljoprivrednici. Analizirat će se sve važnije komponente koje sačinjavaju današnje inovativne tehnologije, istražujući kako one mijenjaju poljoprivredne prakse i doprinose održivoj budućnosti.

2. POLJOPRIVREDA 4.0

Poljoprivreda, koja je bitan dio za svaku zajednicu, također spada u digitalnu transformaciju. Digitalna transformacija ujedno i dovodi do tehnološkog napredka iz više perspektiva. Poljoprivreda 4.0 je podržana inovativnom tehnologijom. Posjeduje digitalizirane poljoprivredne aplikacije, strojeve i daljinski upravljane alate podržane umjetnom inteligencijom. Kao temelji svih inovacija su Bluetooth i Internet. Opreme imaju senzore pomoću kojih prikupljavaju podatke. Poljoprivrednici ili ljudi iz drugih djelatnosti mogu pristupiti informacijama, bilo to o poljima, vozilima ili usjevima. Doseg tih pristupačnih informacija je nekoliko kilometara. Opremom se također može upravljati daljinski. Postoji mogućnost da automatizirani uređaj riješi problem sam u budućnosti, bez ikakve ljudske pomoći (Agrowell, 2021.).

Daljnji razvoj novih alata i strojeva će zasigurno osigurati visoku djelotvornost, kvalitetu, a zatim i zaštitu okoliša. Primarni alati za razvoj u poljoprivrednoj industriji su traktori, stoga je neophodno njihovo održavanje i kvaliteta. Korištenjem tehnologije povezivanja i određivanja lokacije optimizira se korištenje poljoprivrednih vozila. Ovom tehnologijom znatno se može smanjiti vrijeme sjetve i žetve, također, uvođenjem ovakve tehnologije zasigurno će se smanjiti i potrošnja goriva (Agrowell, 2021.).

Poljoprivreda 4.0 za cilj ima ostvariti sljedeće zadatke :

- a) Osigurati hranu i povećati njenu kvalitetu
- b) Prilagodba prilikom brojnih poteškoća u radu
- c) Smanjiti emisiju stakleničkih plinova

Konačni cilj poljoprivrede 4.0 je povećati ekonomsku, ekološku pa i društvenu održivost – kao i profitabilnost i isplativost poljoprivrednih procesa. Poljoprivreda 4.0 odnosi se na korištenje velikih količina podataka, umjetne inteligencije (artificial intelligence) i robotike za proširenje, ubrzanje i povećanje učinkovitosti aktivnosti koje utječu na cijeli proizvodni lanac (Agrowell, 2021.).

Slika 1. prikazuje značajne segmente poljoprivrede 4.0 koji čine jednu cjelinu kojom se omogućavaju kvalitetni prinosi uz što manje gubitaka (Bespilotni zrakoplovi, 5G mreža, sateliti, senzori, analitika i ostalo).



Slika 1. Poljoprivreda 4.0 - segmenti

(Izvor : <https://www.agmatix.com/blog/the-role-of-industry-4-0-in-agriculture/>)

2.1. Usvajanje 4.0 rješenja u poljoprivredi i upravljanje podacima

Kako bi pravilno koristili 4.0 rješenja u poljoprivredi, sljedeći postupci su neophodni :

A) Izbjegavanje nepotrebnog otpada izračunavanjem točnih potreba za navodnjavanjem usjeva ili unaprijed otkrivanjem pojave određenih biljnih bolesti ili štetnika.

B) Imati veću kontrolu nad troškovima i biti u mogućnosti planirati sve stadije uzgoja, sjetve i žetve s velikom preciznošću, štedeći i vrijeme i novac.

C) Poboljšanje opskrbnog lanca može rezultirati kratkim lancem opskrbe koji je sposoban proizvoditi hranu visoke kvalitete na održiv način s malim prostorom za pogreške.

Kada se govori o upravljanju podacima u poljoprivredi 4.0, podrazumijeva se :

1. korištenje inovativnih tehnologija
2. sposobnost upravljanja količinom podataka i informacija koje dolaze iz polja
3. sposobnost njihovog tumačenja na koristan način za sektor (McCormick, 2021.).

Slika 2. prikazuje uobičajenu mrežu pametne poljoprivrede koja se sastoji od: usjeva, potrebnog navodnjavanja, bespilotnih zrakoplova, radne snage, traktora, temperaturnog režima, dnevnog osvjetljenja i ostalog.



Slika 2. Primjer mreže pametne poljoprivrede

(Izvor : https://www.gruber-genetti.it/en/blog/b/smart-farming-agriculture-4-0-part-i_22)

2.2. Inovativne tehnologije u poljoprivredi koje se koriste za digitalizaciju poljoprivrednog poduzeća

2.2.1. *Bespilotni zrakoplovi i senzori (Drones and sensors)*

Bespilotni zrakoplovi su male bespilotne letjelice koje služe za praćenje usjeva u stvarnom vremenu. Također mogu prikupljati slike i korisne informacije. Koriste se primarno za kartiranje zemljišta, ali najnaprednije verzije imaju infracrvene senzore i slikovne sustave za otkrivanje problema koji se inače ne mogu otkriti. Senzori okoliša, s druge strane, mogu bilježiti podatke o klimi i informacije o zahtjevima za dostatnu vlagu u tlu (McCormick, 2021., Krevh. V., 2018., Lemić i sur., 2021.). Na slici 3. je prikazano djelovanje bespilotnog zrakoplova u poljoprivredi.



Slika 3. Bespilotni zrakoplov

(Izvor: <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/farmeri-traze-dozvolu-za-prskanje-usjeva-dronovima-zele-bit-konkurentni/61281/>)

2.2.2. *Internet stvari (IoT)*

Ova tehnologija omogućuje raznim alatima (npr. bespilotni zrakoplovi, senzori ili sateliti) da se međusobno umreže i komuniciraju radi razmjene informacija kao i podataka korisnih za poboljšanje uvjeta razvoja usjeva (npr. potrebna količina oborina za usjev, detekcija bolesti, korova i štetnika i prinos).

Korištenjem IoT-a se znatno smanjuju gubitci, veća je raspoloživost podacima i brža ali i djelotvornija obrada(Mccormick, 2021., Šipek, D., 2022., Poveznica 1). Na slici 4. su prikazani svi umreženi dijelovi IoT-a.



Slika 4. Primjer povezanosti IoT tehnologije

(Izvor: <https://www.techybio.com/iot-and-networking-how-the-internet-of-things-is-changing-connectivity/>)

2.2.3. Veliki podaci(Big Data)

Koncept velikih podataka odnosi se na sve informacije i podatke priključene raznim tehnologijama i koji će pomoći u donošenju učinkovitijih odluka tijekom proizvodnog procesa. Kao rezultat toga, ovi skupovi podataka su vrlo različiti jer potječu iz različitih izvora i pri potrebi ih može obraditi umjetna inteligencija kako bi se dobili praktični odgovori na određene probleme(Mccormick, 2021., Segal, T., 2022., Poveznica 2). Na slici 5. je prikazana rasprostranjenost Velikih Podataka.



Slika 5. Big Data u poljoprivredi i ostalim industrijama

(Izvor: <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20210211STO97614/veliki-podaci-definicija-koristi-izazovi-infografika>)

2.2.4. Umjetna inteligencija(AI)

Ovim pojmom označavamo tehnologiju koja upućuje strojeve da procjenjuju složene i specifične situacije i donose odluke u stvarnom vremenu u odnosu na razvoj poljoprivrednih površina. Akumulacija i sposobnost obrade i interpretacije velikih količina podataka glavni je čimbenik za strojno učenje(Mccormick, 2021., Poveznica 2, James M. Tien., 2017.). Na slici 6. je prikazna primjena umjetne inteligencije u poljoprivredi.



Slika 6. Umjetna inteligencija u poljoprivredi

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/nove-tehnologije/umjetna-inteligencija-moze-pomoci-u-poljoprivredi/>)

Postoje dva glavna područja primjene :

Robotika (Robotics) pomoću strojeva koji automatiziraju određene zadatke. Roboti u poljoprivredi se mogu koristiti i za zadatke kao što su rezidbe u voćarstvu, operacije zaštite od korova, i nadgledanje svih faza rada. Roboti se također mogu koristiti u stočarstvu, kao što je automatska mužnja, pranje i nadgledanje kretanja životinja u svim fazama uzgoja (McCormick, 2021.) (Robotnik, 2022., Gossett, S i Velazquez, R., 2023.). Na slici 7. je prikazana primjena robotike u poljoprivredi.



Slika 7. Robotika u poljoprivredi

(Izvor: <https://www.cyberweld.co.uk/robots-in-agriculture-and-farming>)

Softver za upravljanje (management software) smanjuje radno vrijeme koje zaposlenici provode obavljajući automatske i zadatke koji se ponavljaju. Nadalje, ovakav softver je napravljen kako bi se pojednostavio ali i automatizirao proces upravljanja čime se smanjuje složenost velikih zadataka i projekata.

Time se potiče olakšana timska suradnja i pravodobno i pravilno izvješćivanje o specifičnom projektu (McCormick, 2021., Microsoft, 2021., Itarian, 2023.). Na slici 8. je prikazan softver za upravljanje u poljoprivredi i koji su pristupačni segmenti.



Slika 8. Softver za upravljanje u poljoprivredi

(Izvor: <https://www.agrivi.com/hr/>)

Cloud je skup dostupnih usluga i zajedničkih resursa na mreži. To je vrlo koristan i djelotvoran alat za osiguravanje pristupa određenim tehnologijama i podacima za veći broj ljudi. To može pružiti pomoć manjim tvrtkama koje su u ekonomski nepovoljnom položaju i imaju manje internih vještina.

Upravljanje podacima i informacijama vrlo je važno za :

- a) Razumjeti ekonomsku vrijednost ovih informacija za svaku pojedinu tvrtku koja ih koristi (razina poslovnog upravljanja)
- b) Razumjeti koji su podatci stvarno korisni i kako se mogu realizirati u kratkom vremenu (razina upravljanja tehnologijom)
- c) Osigurati da prikupljanje ovih podataka bude u skladu s najnovijim europskim propisima o privatnosti i da se izbjegne koncentracija informacija u rukama nekoliko tvrtki (McCormick, 2021., CloudFare, 2023., Svitla Systems, 2023.). Slika 9. prikazuje sustav Cloud-a u poljoprivredi 4.0.



Slika 9. Sustav Cloud-a u poljoprivredi 4.0

(Izvor : <https://www.dincloud.com/blog/cloud-computing-powered-agriculture-sustainable-and-greener>)

Slika 10. prikazuje senzor okoliša sa Sensirionovim kompletom.



Slika 10. Senzor okoliša sa Sensirionovim kompletom za procjenu

(Izvor: <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/>)

3. TRENUTNA POVEZANOST U SUVREMENOJ POLJOPRIVREDI

Posljednjih godina, ponajviše u drugom desetljeću 21. stoljeća mnogi su poljoprivrednici počeli konzultirati podatke o bitnim varijablama poput tla, usjeva, stoke i vremena. Međutim, malo tko je imao pristup naprednim digitalnim alatima koji bi pomogli da se ti podaci pretvore u vrijedne, djelotvorne uvide na digitalnim platformama. U manje razvijenim regijama, gotovo svi poljoprivredni radovi su ručni, uključujući malo ili nimalo napredne povezanosti ili opreme. Ipak, trenutne IoT tehnologije koje rade na 3G i 4G (treća i četvrta generacija tehnologije) staničnim mrežama u mnogim su slučajevima dovoljne da omoguće jednostavnije slučajeve korištenja, kao što je napredno praćenje usjeva i stoke. U prošlosti je, međutim, cijena hardvera bila dosta visoka, pa se poslovni slučaj za implementaciju IoT-a u poljoprivredi nije održao radi nemogućnosti nabavljanja resursa. Danas troškovi uređaja i hardvera brzo padaju, a nekoliko davatelja sada nudi rješenja po cijeni za koju se vjeruje da će donijeti povrat u prvoj godini ulaganja. Jednostavniji alati nisu dovoljni za otključavanje svih potencijalnih vrijednosti koje povezanost ima za poljoprivredu (Goedde i sur., 2020.).

Kako bi se to postiglo, industrija mora u potpunosti iskoristiti digitalne aplikacije i analitiku, što će zahtijevati nisko kašnjenje, veliku propusnost (propusnost ili povezanost opisuje u kojoj mjeri urbani oblici dopuštaju (ili ograničavaju) kretanje ljudi ili vozila u različitim smjerovima), visoku otpornost na nepovoljne uvjete i podršku za gustoću uređaja koje nude napredne i granične tehnologije povezivanja kao što su *LPWAN*, 5G i *LEO* sateliti (Goedde i sur., 2020.).

Na slici 11. je prikazan spektar povezanosti i vrijednosni prijedlog. Napredne mreže se sastoje od: RFID ili *radio frequency identification* (identifikacija radio frekvencije)/bluetooth, *LPWAN* ili *low-power wide area network* (bežična mreža šireg područja), *Fiber/DOCSIS* ili *Data Over Cable Service Interface Specification* (Specifikacija sučelja usluge prijenosa podataka putem kabela), Wi-Fi 6 ili *Wireless fidelity 6* (bežična vjernost), *Low-to mid-band 5G*. Ogranične mreže su High-Band 5G i *Leo constellation* (J, kasterenakes., 2019.).

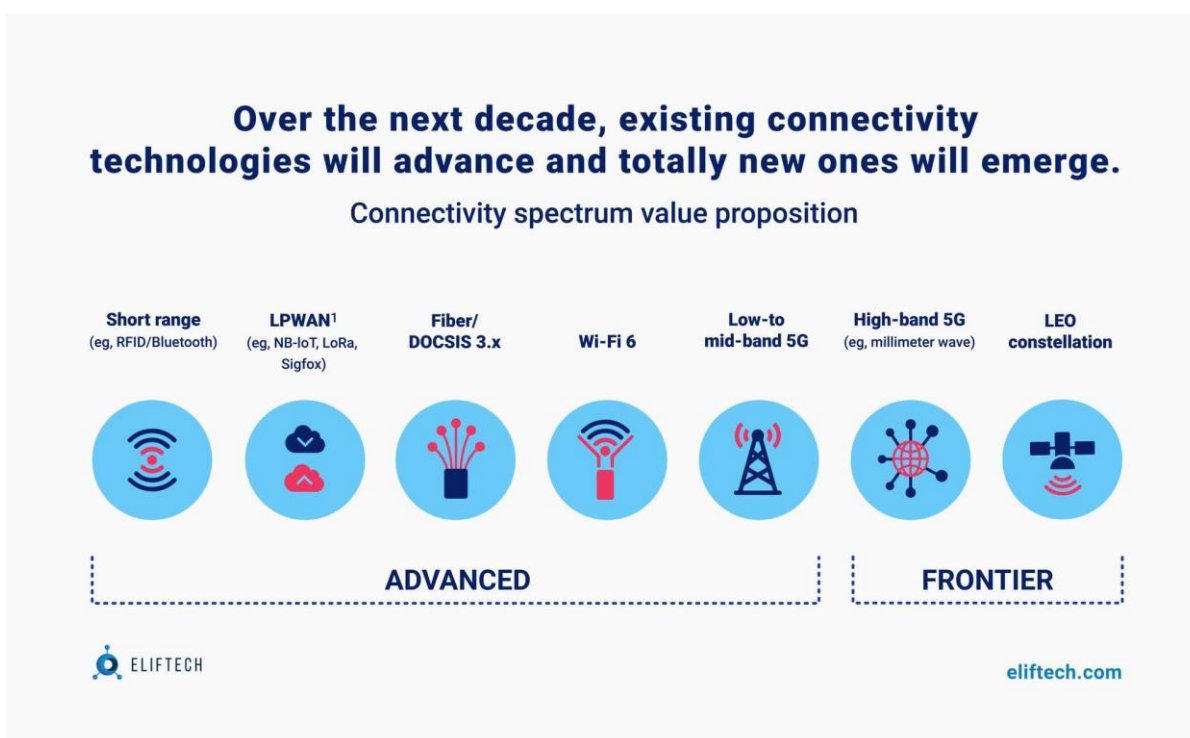
RFID (*Radio-frequency identification*) je bežična tehnologija koja koristi radio frekvenciju kojom se razmjenjuju informacije između prijenosnih uređaja host računala. *RFID* sustav sastoji se od *RFID* medija i *RFID* čitača koji izmjenjuju signale putem radio valova, i tako izmjenjuju informacije (N, Rusković., 2020).

Bluetooth je način bežične razmjene podatka između dvaju ili više uređaja. Digitalne kamere, mobiteli, moderna računala te audio uređaju imaju mogućnost slanja podataka preko bluetootha. Ovakva veza se uspostavlja putem radio valova frekvencije od 2,4 do 2,48 GHz (Poveznica 4).

Data Over Cable Service Interface Specification (*DOCSIS*) ili Specifikacija sučelja usluge prijenosa podataka putem kabela je međunarodni telekomunikacijski standard koji dopušta dodavanje prijenosa podataka velike propusnosti postojećem sustavu kableske televizije (Poveznica 5).

Wi-fi 6 je šesta generacija tehnologije bežičnog lokalnog umrežavanja i omogućuje učinkovit i brži rad sa umreženim uređajima prilikom rada u gustim uvjetima (C, BasuMallick., 2023.).

5G je podijeljen u tri frekvencijska pojasa (niski, srednji i visoki). Svaki pojas ima različite mogućnosti: niski pojas (manje od 1GHz) ima veću pokrivenost, ali manje brzine, srednji pojas (1GHz–6GHz) nudi ravnotežu oba, a visoki pojas (24GHz–40GHz) nudi veće brzine, ali manji radijus pokrivenosti (Team Celona, 2020.).



Slika 11. Spektar povezanosti i vrijednosni prijedlog
(Izvor : <https://www.eliftech.com/insights/what-is-connected-agriculture/>)

3.1. Nove mogućnosti u suvremenoj poljoprivredi

Kako je povezanost sve više naprednija, alati poput IoT, Veliki Podaci i sveobuhvatne senzoričke omogućiti će nove mogućnosti u poljoprivredi poput: pravodobnije dobivanje podataka o poljoprivrednim česticama, kvalitetnije i brže raspolaganje sa spomenutim podacima, te veća preglednost, smanjenje gubitaka, veći prinosi i ostalo. Mreže male snage i jeftiniji senzori služe pri poboljšanju IoT-a, omogućujući takve slučajeve upotrebe kao što su precizno navodnjavanje ratarskih usjeva, praćenje velikih stada stoke i praćenje korištenja i karakteristike udaljenih zgrada i velikog broja poljoprivredne tehnike.

Ultra niska latencija (vrijeme čekanja odnosno vrijeme koje protekne od trenutka zahtijeva za podatke do trenutka dok se ti podaci ne pojave) ili brzina prijenosa i poboljšana stabilnost veza potaknut će samopouzdanje za pokretanje aplikacija koje zahtijevaju apsolutnu pouzdanost i odaziv (vrijeme potrebno za slanje upita, njegovu obradu u računalu i slanje odgovara natrag na terminal), kao što je upravljanje autonomnim strojevima i bespilotnim zrakoplovima (Goedde i sur., 2020.).

Satelit u niskoj orbiti Zemlje (LEO) je objekt, općenito dio elektroničke opreme koji kruži oko Zemlje na nižim visinama od geosinkronih satelita. Leo sateliti kruže između 200 i 2000 km iznad Zemlje. Ako LEO (*Low Earth Orbit*) sateliti ostvare svoj potencijal, omogućit će i najudaljenijim ruralnim područjima svijeta korištenje opsežne digitalizacije, što će povećati globalnu poljoprivrednu produktivnost (TechTarget, 2019.).

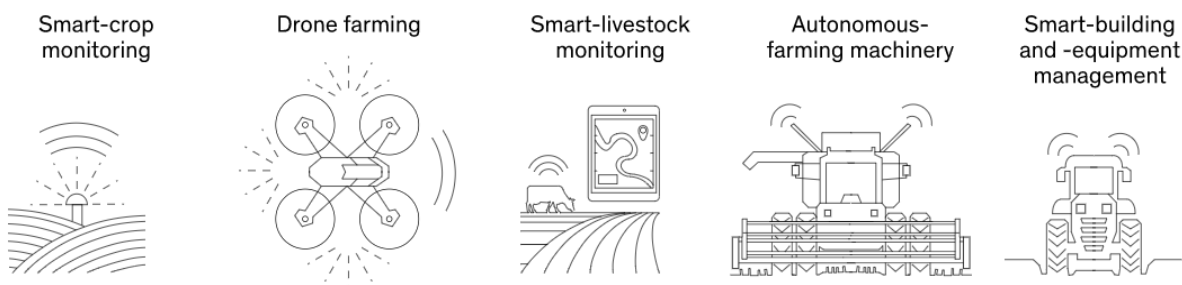
3.2. Potencijal povezanosti za stvaranje vrijednosti

Do kraja drugog desetljeća 21. stoljeća, poboljšana povezanost u poljoprivredi mogla bi dodati više od 500 milijardi dolara globalnom BDP, što je poboljšanje produktivnosti od 7 do 9% za industriju. Međutim, veći dio te vrijednosti zahtijevat će ulaganja u povezanost koja danas uglavnom izostaju iz poljoprivrede. Druge industrije već koriste tehnologije kao što su LPWAN, računalstvo u *Cloud-u* i jeftinije, bolje senzore koji zahtijevaju minimalan hardver, što može značajno smanjiti potrebna ulaganja (Goedde i sur., 2020., FAOLEX, 2022.).

Analizirani su pet slučajeva korištenja – praćenje usjeva, praćenje stoke, upravljanje zgradama i opremom, izvršavanje zadataka pomoću dronova i autonomni poljoprivredni strojevi – gdje je poboljšana povezanost već u ranoj fazi korištenja i najvjerojatnije će donijeti veće prinose, niže troškove, te veću otpornost i održivost koja je potrebna industriji kako bi mogla napredovati u 21. stoljeću. Važno je napomenuti da se slučajevi upotrebe ne primjenjuju jednako u svim regijama. Na primjer, u Sjevernoj Americi, gdje su doprinosi već prilično optimizirani, rješenja za praćenje nemaju isti potencijal za stvaranje vrijednosti kao u Africi ili Aziji, gdje ima puno više prostora za poboljšanje stupnja djelotvornosti. Bespilotni zrakoplovi i autonomni strojevi pružit će veći utjecaj na napredna tržišta jer će tehnologija bit dostupnija (Goedde i sur., 2020., Ivković, Ivona., 2017.).

Na slici 12. prikazani su slučajevi korištenja povezivanja u poljoprivredi poput: *smart crop monitoring* (pametno praćenje usjeva), *drone farming* (poljoprivreda pomoću bespilotnih zrakoplova), *livestock monitoring* (pametno praćenje stoke), *autonomous-farming machinery* (autonomni poljoprivredni strojevi) i *smart-building and equipment management* (pametna izgradnja i upravljanje opremom).

Agriculture connectivity use cases



Slika 12. Slučajevi korištenja povezivanja u poljoprivredi

(Izvor : <https://www.betashares.com.au/insights/why-smart-agriculture-may-be-a-smart-investment/>)

4. VAŽNOST IOT-A

4.1. Poboljšana učinkovitost

Korištenjem IoT uređaja za automatizaciju i optimizaciju procesa, tvrtke mogu poboljšati učinkovitost i produktivnost. Na primjer, IoT senzori mogu se koristiti za praćenje performansi opreme i otkrivanje ili čak rješavanje potencijalnih problema prije nego što uzrokuju prekid rada, smanjujući troškove održavanja i poboljšavajući vrijeme rada (IBM, 2023.). Na slici 13. je prikazana bolja učinkovitost prilikom korištenja IoT tehnologija.

4.1.2. Ušteda troškova

Smanjenjem ručnih procesa i automatiziranjem zadataka koji se ponavljaju, IoT može pomoći tvrtkama u smanjenju troškova i poboljšanju profitabilnosti. Na primjer, IoT uređaji mogu se koristiti za praćenje potrošnje energije i optimizaciju potrošnje, smanjujući troškove energije i poboljšavajući održivost (IBM, 2023.). Na slici 15. je prikazna ušteda trškova prilikom povezanosti i optimizacije IoT-a.



Slika 15. Ušteda troškova prilikom povezanosti i optimizacije

(Izvor: <https://theceoviews.com/how-iot-optimizes-costs-for-industry/>)

4.1.3. Poboľšano korisničko iskustvo

Korištenjem IoT tehnologije za prikupljanje podataka o ponašanju kupaca, tvrtke mogu stvoriti personaliziranija i zanimljivija iskustva za svoje klijente. Na primjer, trgovci mogu koristiti IoT senzore za praćenje kretanja kupaca u trgovinama i isporuku personaliziranih ponuda na temelju njihovog ponašanja (IBM, 2023.). Na slici 16. su prikazane mogućnosti IoT-a i poboljšano korisničko iskustvo.



Slika 16. Poboljšano korisničko iskustvo pri korištenju IoT tehnologije

(Izvor: <https://lilacinfotech.com/blog/34/How-to-improve-customer-experience-through-IoT>)

5. SLUČAJEVI KORIŠTENJA IOT-A U POLJOPRIVREDI

5.1. Praćenje klimatskih uvjeta

Jedni od najpopularnijih uređaja za pametnu poljoprivredu su meteorološke stanice. Zadatak im je kombinirati različite senzore za suvremenu pametnu poljoprivredu. Kako su smješteni preko polja, prikupljaju razne podatke iz određenog radijusa okoline, obrađuju ih i šalju u oblak odnosno *cloud*. Nadalje, ova mjerenja mogu se koristiti za mapiranje klimatskih uvjeta te odabir usjeva sa odgovarajućim karakteristikama. Precizna poljoprivreda nastoji koristiti specifične mjere za poboljšanje mnogobrojnih usjeva. IoT uređaji koji će najbolje rezultate postići za poljoprivredu su : *SmartElements*, *Pycno* i *allMETEO* i drugi (A, Shalimov., 2023.). Na slici 17. je prikazan IoT proizvod kojemu je zadatak pratiti klimatske uvjete.



Slika 17. Primer IoT proizvoda za praćenje klimatskih uvjeta

(Izvor: <https://pycno.co>)

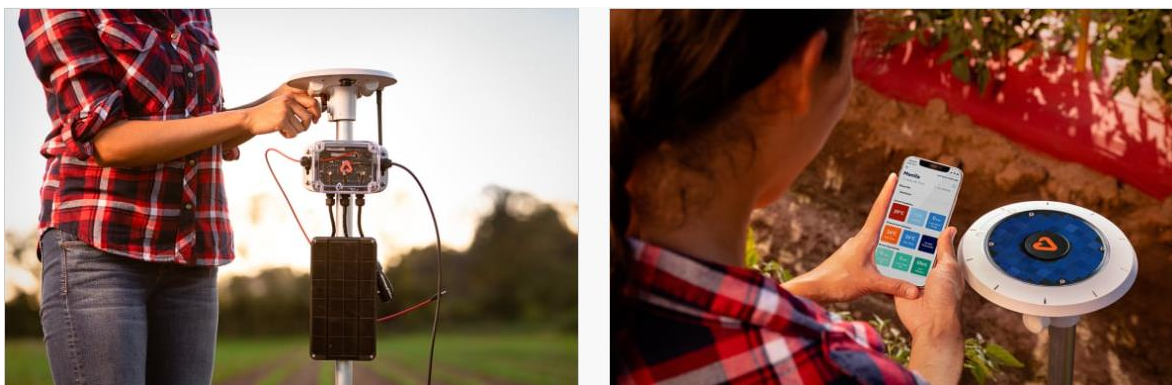
Na slici 18. je prikazano sučelje za nadzor klimatskih uvjeta u vinogradu



Slika 18. Sučelje za nadzor klimatskih uvjeta u vinogradu

(Izvor: https://www.freepik.com/premium-photo/farmer-using-smart-farming-technologies-vineyard_33578672.htm)

Na slici 19. je prikazan osjet i praćenje IoT proizvoda te analitika i integracija potrebnih podataka.

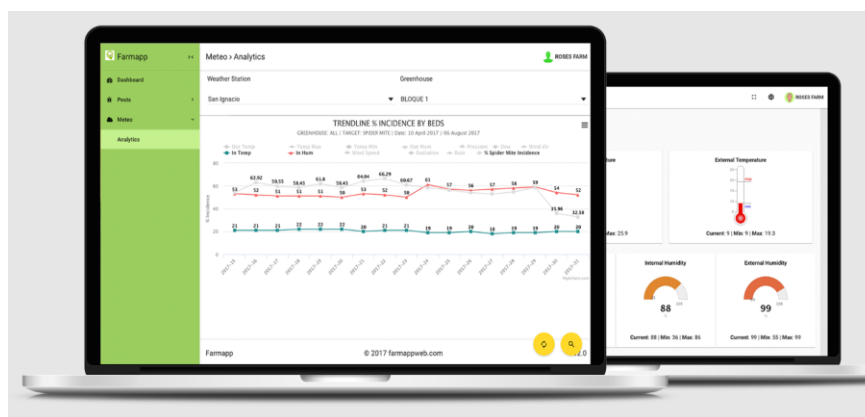


Slika 19. Osjet i praćenje te analitika i integracija podataka
(Izvor: <https://www.arable.com/products/>)

5.2. Automatizacija zaštićenih prostora

Staklenici se čuvaju najčešće ručno, no kako bi unaprijedili prinose i smanjili gubitke i fizički rad, u današnje vrijeme se uvode IoT senzori. To su senzori koji omogućavaju dobivanje pravodobnih i točnih informacija u stvarnom vremenu o uvjetima u stakleniku, poput temperature, stanje tla, vlažnost i stupanj osvjetljenja. Prikupljanje podataka je najbitniji zadatak meteoroloških stanica, ali također mogu automatski prilagoditi uvjete kako bi odgovarali drugim parametrima. IoT proizvodi koji nude ovakve mogućnosti su *Growlink* i *Farmapp* (A, Shalimov., 2023.).

Na slici 20. je prikazano sučelje softvera za pregled stanja u stakleniku. Postoji mogućnost pregledavanja temperature u stakleniku, izvan staklenika, vlažnost, broj štetočina i ostalo.



Slika 20. Primjer sučelja softvera *Farmapp*

(Izvor: <https://www.agrivi.com/hr/>)

5.3. Upravljanje usjevima

Još jedna vrsta IoT proizvoda u poljoprivredi i još jedan element precizne poljoprivrede su uređaji za upravljanje usjevima. Baš kao i meteorološke stanice, treba ih postaviti na terenu za prikupljanje podataka specifičnih za uzgoj usjeva; od temperature i padalina do prihvatljive količine vode u lišću i ukupnog zdravlja usjeva. Na ovaj način se može pratiti rast usjeva i sve abnormalnosti i pri tome smanjiti odnosno spriječiti bilo kakve moguće zaraze ili bolesti koje bi zasigurno naškodile sveukupnom prinosu. IoT proizvodi *Semios* i *Arable* izvrsno prikazuju kako se ovaj jedan slučaj upotrebe IoT-a primjenjuje u stvarnom životu (A, Shalimov., 2023.). Na slici 21. je kratki uvid u platformu za upravljanje usjevima.



Slika 21. Kratki uvid u sveobuhvatnu platformu za upravljanje usjevima *Semios*

(Izvor: <https://semios.com>)

*Arable*ovi agronomski modeli su jednostavni modeli i temeljni podaci pomažu tvrtkama da u lancu poljoprivrede i hrane optimiziraju odluke, pruže višu razinu održivosti ali i poboljšana učinkovitost pri radu. *Arable* se lagano uspostavi i to u par minuta. Zatim preko računala ili mobitela se prikupljaju podaci o vremenu, tlu, biljkama i potrebnom navodnjavaju. Prilikom korištenja, visoka je točnost, izdrživost i zadovoljavajuća količina povratne informacije o usjevu (*Arable*, 2023.). Na slici 22. su primjeri korištenja modela *Arable* u poljoprivredi.



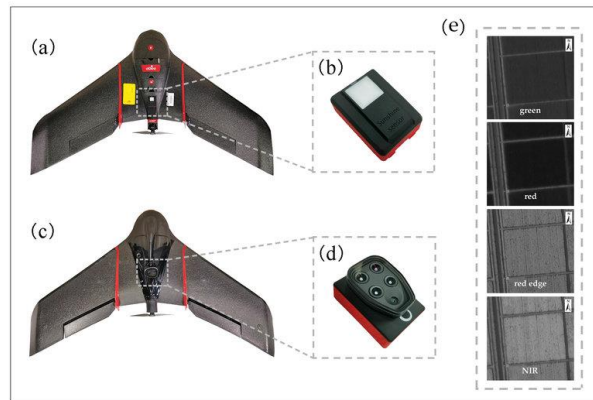
Slika 22. Primjer korištenja modela Arable u poljoprivredi

(Izvor: <https://www.arable.com>)

6. POLJOPRIVREDNI BESPILOTNI ZRAKOPLOVI

Korištenje poljoprivrednih bespilotnih zrakoplova je jedan od važnijih čimbenika u pametnoj poljoprivredi. Osim nadzora, bespilotni zrakoplovi obavljaju značajnu količinu drugih zadataka koji su prije zahtijevali ogroman udio ljudskog rada: od sadnje usjeva, prskanja u poljoprivredi, borbe protiv zaraza i štetnika pa sve do praćenja usjeva. Primjerice, *DroneSeed* izrađuje bespilotne zrakoplove za sadnju drveća u područjima koja nemaju ili imaju vrlo malu količinu šuma. Pri korištenju ovih bespilotnih zrakoplova, postižu se 6 puta bolji rezultati od ljudskog rada. Poljoprivredni bespilotni zrakoplov *Sense Fly eBee SQ* izvršava procjenu zdravlja usjeva tako da koristi multispektralne analize slika (A, Shalimov., 2023.). Na slici je prikazan napredni bespilotni zrakoplov *Sense Fly eBee SQ* i njegovi dijelovi:

a) Prednji dio bespilotnog zrakoplova, b) senzor sunčeve svjetlosti, c) zadnji dio bespilotnog zrakoplova, d) multispektralna kamera, e) krnje slike četiriju uvećanih ortomozaičnih slika generiranih u fazi izduživanja stabljike. Na slici 23. je prikazan bespilotni zrakoplov *Sense Fly eBee SQ* i njegovi dijelovi.



Slika 23. Беспилотни зракoплов Sense Fly eBee SQ i njegovi dijelovi

(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/UAV-platform-eBee-SQ-and-sensors-used-in-this-study-a-Front-of-the-UAV-b-sunshine_fig1_333690031)

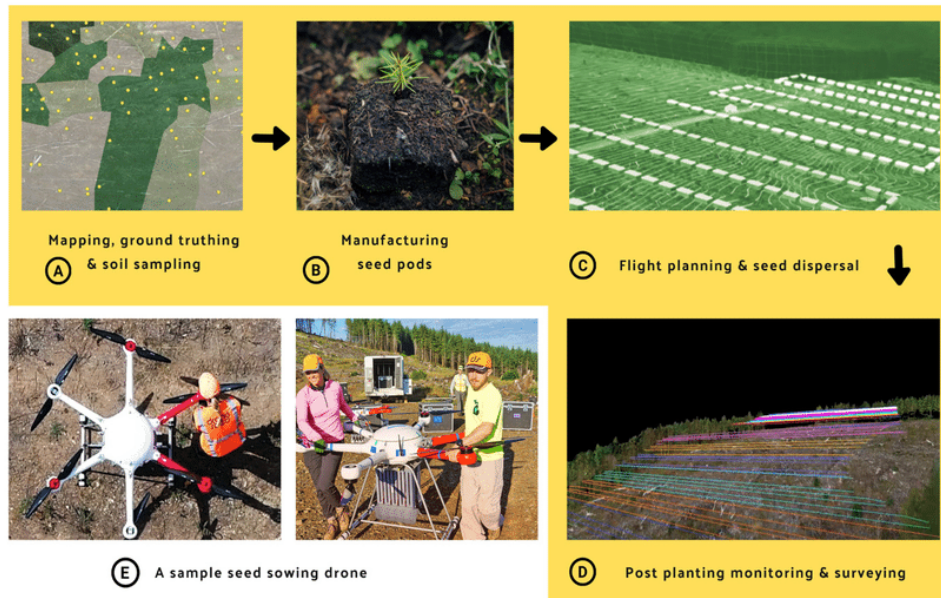
Na slici 24. prikazan je DroneSeed беспилотни зракoплов i njegovo djelovanje.



Slika 24. *DroneSeed* беспилотни зракoплов

(Izvor: <https://www.intelligentliving.co/deforestation-fighting-drones-plant-thousands-seeds-daily/>)

Na slici 25 su prikazane osnovne faze sjetve sjemena pri radu DroneSeed беспилотног зракoплова. Faze pri korištenju ovog беспилотног зракoплова su: Kartiranje zemljišta i uzorkovanje tla, proizvodnja sjemenskih mahuna, planiranje leta i raspršivanje sjemena, praćenje i mjerenje nakon sadnje i uporaba drona za sjetvu uzorka sjemena.



Slika 25. Osnovne faze sjetve sjemena uz pomoć DroneSeed bespilotnog zrakoplova

(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Basic-stages-of-UAV-supported-seed-sowing-A-D-examples-of-a-seed-sowing-UAV-E_fig1_352903488)

Prednosti proizlaze većinski iz uklanjanja bilo kakvog nasumičnog nagađanja i smanjenja nepredviđenosti odnosno neizvjesnosti. Kako uspjeh poljoprivrede gotovo uvijek ovisi o mnoštvu čimbenika nad kojima poljoprivrednici najčešće imaju minimalnu kontrolu (uvjeti tla i klime, padaline, štetnici, bolesti...) treba nastojati usavršiti korištenje ovakvih bespilotnih zrakoplova. Učinkovitost ponajviše ovisi o sposobnosti prilagodbe ovih zrakoplova, jer u velikoj mjeri utječu na daljnju dostupnost točnim informacijama u stvarnom vremenu (A, Shalimov., 2023.).

Konstrukcija bespilotnog zrakoplova u većini slučajeva uključuje: pogonske i navigacijske sustave, senzore i kamere, GPS, programabilne kontrolere i opremu za automatizirane letove. Tehnologija koja se koristi za bespilotne zrakoplove za preciznu poljoprivredu izgrađena je na način da prikuplja znatno preciznije informacije nego što to mogu prikupiti sateliti i ostali zrakoplovi. *AgriTech* softver koji se ujedno i temelji na bespilotnim zrakoplovima prikuplja i zatim obrađuje prikupljene podatke i isporučuje ih u lako čitljivom formatu (A, Shalimov., 2023.).

Proces prikupljanja pravodobnih podataka kod korištenja poljoprivrednih bespilotnih zrakoplova uključuje četiri logična koraka :

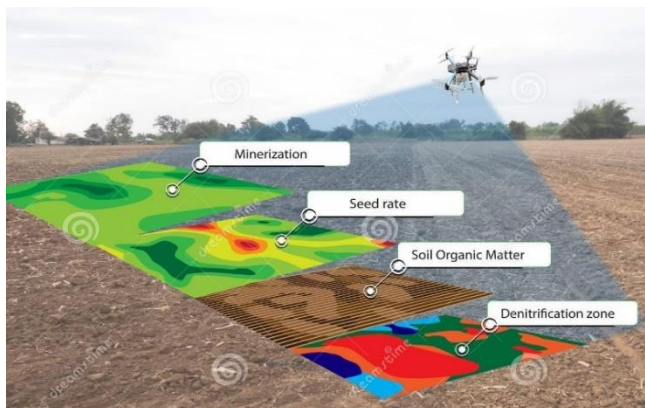
1. Označavanje parametara leta: ocrtavanje i procjena područja nadzora i učitavanje GPS informacija u navigacijski sustav bespilotnog zrakoplova.
2. Autonomni letovi: bespilotni zrakoplov izvodi obrazac leta prema unaprijed utvrđenim parametrima i uputama za rad i prikuplja podatke potrebne za korisnika ili korisnike.
3. Prijenos podataka: bespilotni zrakoplov šalje podatke koje je snimio na obradu i analizu.
4. Izlaz informacija: nakon što su podaci prikupljeni i obrađeni, oni se šalju poljoprivrednicima u lako čitljivom formatu. Izvješće sadrži pronicljive informacije koje doprinose donošenju boljih odluka o upravljanju usjevima na gospodarstvu (A, Shalimov., 2023.).

Najčešća područja primjene bespilotnih zrakoplova su :

6.1. Procjena stanja tla

Izdvajanjem podataka koji omogućuju poljoprivrednicima poduzimanje radnji na temelju točnih informacija o stanju tla je prethodno uključivalo ručno prikupljanje mjernih podataka i fizičke posjete terenu. Bespilotni zrakoplovi su opremljeni pametnim sensorima s kojima prikupljaju i zatim isporučuju podatke (A, Shalimov., 2023.).

Na slici 26. je prikazan bespilotni zrakoplov koji vrši analizu tla pomoću pametnih senzora. Ovaj bespilotni zrakoplov očitava : mineralizaciju, normu sjemena, količinu organske tvari u tlu i zonu denitrifikacije.



Slika 26. Procjena tla pomoću pametnih senzora

(Izvor: <https://semantictech.in/blogs/uses-of-drones-in-agriculture-in-india/>)

6.2. Sadnja i sjetva budućih usjeva

Tlo se priprema za sadnju i bespilotni zrakoplov izbacuje sjeme u njega, umjesto da se koriste zastarjele tehnike sadnje. Korištenje bespilotnih zrakoplova za sadnju sjemena relativno je novo, no neke tvrtke eksperimentiraju s ovim pristupom. Tlo se priprema za sadnju i to kada je zadovoljavajuće kvalitete (ispravna vlažnost, temperatura i geografski položaj) i bespilotni zrakoplov izbacuje sjeme u njega, što je brže i djelotvornije od prethodnih tehnika sadnje. Ovakav pristup sadnji je relativno nov pa određene tvrtke eksperimentiraju s ovim pristupom. Bespilotni zrakoplovi mogu prskati polja vodom, herbicidima ili gnojivom, i na taj način smanjuju ručni rad, troškove i vrijeme sveobuhvatnog procesa (A, Shalimov., 2023.).

Na slici 27. prikazano je na koji način bespilotni zrakoplov vrši sjetvu.

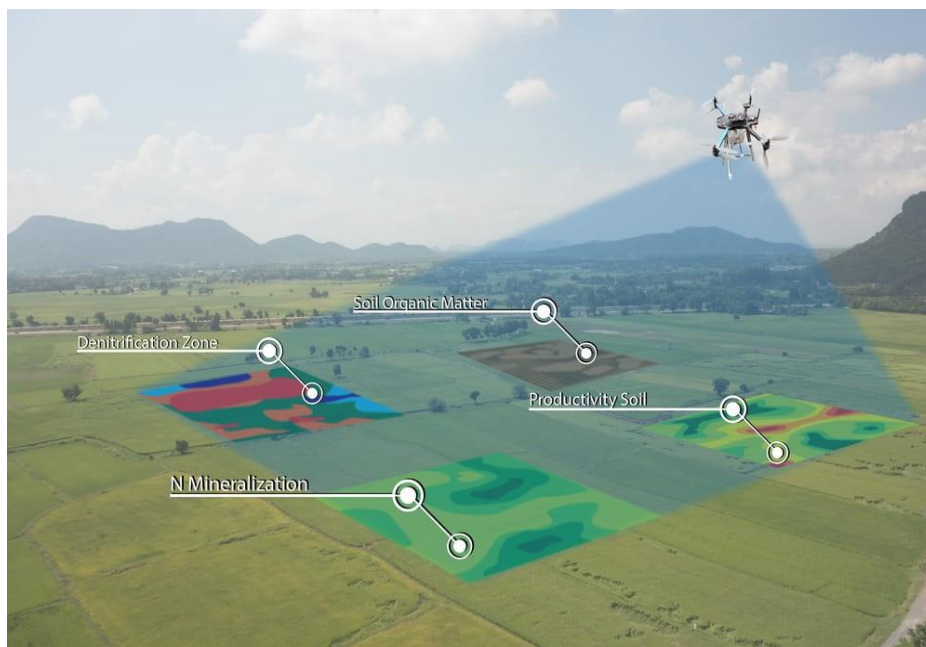


Slika 27. Primjer bespilotnog zrakoplova i način sjetve(Izvor: <https://www.fastcompany.com/40450262/these-tree-planting-drones-are-about-to-fire-a-million-seeds-to-re-grow-a-forest>)

6.3. Borba protiv infekcija i štetočina

Osim što bespilotni zrakoplovi opskrbljavaju poljoprivrednike sa pravodobnim i visoko točnim informacijama pomoću multispektralne, hiperspektralne i toplinske tehnologije, također mogu detektirati usjeve koji su zaraženi korovima, štetočinama i infekcijama. Sa spoznajom o navedenim otkrivenim problemima na usjevima, poljoprivrednici lako mogu odlučiti o točnim količinama kemikalija potrebnih za borbu protiv zaraza. Ovakav pristup će zasigurno smanjiti troškove, no ne samo to već će i doprinjeti boljem zdravlju polja jer se sazna koja količina kemikalija je dopuštena, kako se ne bi koristilo premalo ili pak previše kemikalija što može uzrokovati propadanje usjeva i nanijeti veliku štetu (A, shalimov., 2023.).

Na slici 28. je prikazan bespilotni zrakoplov koji detektira infekcije i štetočine na površinama usjeva pomoću analize pravodobnih poljskih aktivnosti poput: Denitrifikacijska zona, organska tvar tla, produktivno tlo i mineralizacija dušika.



Slika 28. Primjer analize tla pomoću bespilotnog zrakoplova pri borbi protiv infekcija i štetočina

(Izvor: <https://dronector.com/services/agricultural-applications/>)

6.4. Prskanje u poljoprivredi

Bespilotni zrakoplovi se također koriste na pametnim farmama za prskanje, što znatno pomaže u ograničavanju ljudskog kontakta s pesticidima, gnojivima i drugim opasnim kemikalijama. Izvršavaju prskanje znatno brže od ostalih vozila i jako su dobra zamjena za farme koju još uvijek koriste ručni rad. Troškovi i vrijeme rada su također svedeni na minimum jer kamerama i sensorima mogu detektirati zaražena područja, a da pri tome zdravio dio ostavljaju netaknutim. Na ovaj način, sigurnost u radu je vrlo velika (A, Shalimov., 2023.). Na slici 29. je primjer višerednog prskanja usjeva pomoću bespilotnog zrakoplova.



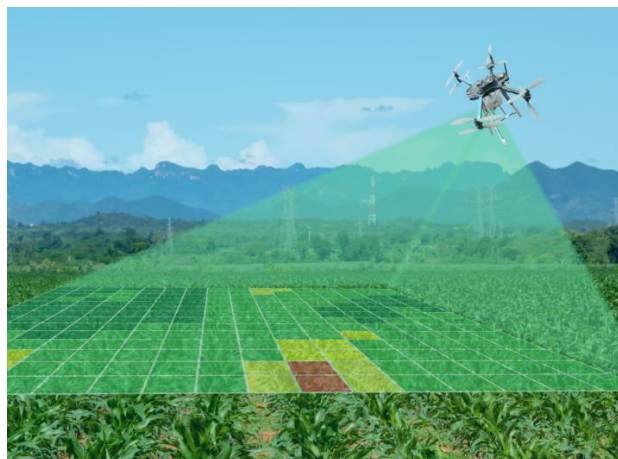
Slika 29. Primjera prskanja usjeva pomoću bespilotnog zrakoplova

(Izvor: <https://www.hitechagro.co.in/agriculture-drones.html>)

6.5. Nadzor usjeva

Poljoprivredne površine znaju biti vrlo velike i u većini slučajeva ih je gotovo nemoguće pratiti i procijeniti stanje usjeva. Korištenjem bespilotnih zrakoplova za kartiranje određene poljoprivredne površine, poljoprivrednicima je znatno lakše vršiti procjenu i mogu biti u tijeku sa trenutnim zdravljem biljaka te prikupljaju informacije na koja područja u polju trebaju obratiti pozornost. Ovi zrakoplovi koriste infracrvene kamere kako bi pregledali polje i time određuju razinu aporpcije svjetla. Za poboljšanje stanja biljaka na bilo kojem mjestu, poljoprivrednici poduzimaju mjere na temelju točnih informacija u stvarnom vremenu (A. Shalimov, 2023.).

Slika 30. prikazuje bespilotni zrakoplov koji detektira pojedine usjeve te koji su izvršili potrebnu količinu fotosinteze a kojima je potrebno obratiti pažnju jer nisu rasli kako trebaju.



Slika 30. Primjer bespilotnog zrakoplova pri analizi stanja usjeva

(Izvor: <https://www.maxinai.com/blog/2021/03/16/drones-for-crop-health-monitoring-taking-agriculture-to-new-heights/>)

6.6. Praćenje stoke

Pri uzgoju stoke, pomoću bespilotnih zrakoplova pazi se na stoku dok pase na pašnjacima. Ovom metodom se smanjuje potreba za ljudskom radnom snagom. Koristeći toplinske senzore, dronovi mogu pronaći izgubljenu stoku, ali i otkriti ozlijeđene ili čak bolesne životinje i zatim izračunati njihov točan broj (A, Shalimov., 2023.). Na slici je prikazan bespilotni zrakoplov koji vrši detekciju stoke. Slika 31. prikazuje radnika koji vodi evidenciju stoke (broj, bolesti, itd.) uz pomoć bespilotnog zrakoplova.



Slika 31. Primjer bespilotnog zrakoplova pri detekciji stoke

(Izvor: <https://dairynow.ca/monitoring-and-moving-livestock-on-the-farm-using-drones/>)

7. IOT SENZORI

IoT senzori su dijelovi hardvera koji otkrivaju promjene u okruženju i tako prikupljaju podatke. Oni su dijelovi IoT ekosustava koji spajaju digitalni svijet s fizičkim svijetom. Ovi senzori imaju sposobnost otkrivanja stvari poput temperature, kretanja i tlaka, i ako su povezani s mrežom dijele podatke s tom mrežom. Senzori su osmišljeni tako da mogu reagirati na određene specifične vrste uvjeta u fizičkom svijetu, a zatim generiraju signal (najčešće električni) koji će predstavljati veličinu stanja koje se prati. Navedeni uvjeti mogu biti zvuk, udaljenost, svjetlo, tlak, toplina ili čak neka druga specifičnija situacija, kao odsutnost, prisutnost tekućine i plina (Thomas Publishing Company, 2023.).

Postoje raznovrsni senzori, u IoT su uobičajeno korišteni :

7.1. Senzori temperature

Primarni zadatak temperaturnih senzora je otkrivanje temperature zraka ili fizičkog objekta te usklađivanje temperaturne razine u električni signal koji se obavezno kalibrira kako bi točno mogao odražavati izmjerenu temperaturu. Ovi senzori bi se mogli koristiti pri nadziranju temperature tla kako bi pomogli u poljoprivrednij proizvodnji. Osim toga, značajna uloga ovog senzora je pri nadziranju temperature ležaja kako bi osjetili eventualno pregrijavanje ili približavanje točki kvara (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 32. je prikazan senzor temperature.



Slika 32. Senzor temperature

(Izvor : <https://www.autokreso.hr/kategorija-proizvoda/ostali-proizvodi/elektronika-motora-ems/senzor-temperature-ulje-gorivo-ras-tek/>)

7.2. Senzori tlaka

Senzori tlaka imaju sposobnost mjerenja tlaka ili sile po jedinici površine koja se primjenjuje na senzor te mogu detektirati atmosferski tlak, tlak pohranjene tekućine ili plina u sustavukoji je zatvoren kao što je tlačna posuda ili spremnik. Također, mogu detektirati težinu određenog predmeta (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 33. je prikazan senzor tlaka.



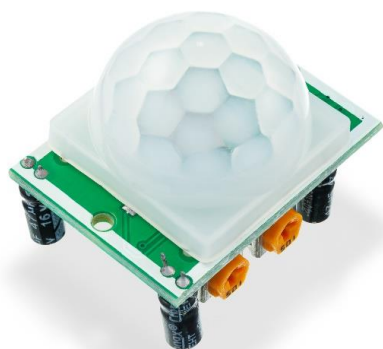
Slika 33. Senzor tlaka

(Izvor : <https://www.hennlich.hr/proizvodi/mjerna-oprema-tlacni-senzori-1740.html>)

7.3. Senzori pokreta

Senzori pokreta mogu osjetiti kretanje fizičkog objekta promatranja pomoću nekoliko tehnologija, kao što su pasivna infracrvena (PIR), ultrazvuk ili mikrovalnu detekciju, koji koristi zvuk za otkrivanje objekata. Zbog velike preciznosti, ovi senzori se koriste u sigurnosnim sustavima i sustavima za otkrivanje provala. Ostala područja primjene obuhvaćaju: automatiziranje kontrole vrata, klima uređaja i grijanja ili sudopera (Thomas Publishing Company, 2023.).

Slika 34. prikazuje senzor pokreta.



Slika 34. Senzor pokreta

(Izvor: <https://soldered.com/hr/proizvod/senzor-pokreta-hc-sr501/#gallery-1>)

7.4. Senzori razine

Senzori razine mogu pretvarati razinu tekućine u odnosu na referentnu normalnu vrijednost u signal. Primjerice, mjeraci goriva prikazuju razinu goriva u spremniku vozila, što omogućava kontinuirano očitavanje razine tekućine. Glede senzora razine, postoje i točkasti senzori, koji su *go-no/go* (postupak provjere u dva koraka koji koristi dva rubna uvjeta ili binarnu klasifikaciju) ili digitalni prikaz razine tekućine.

Pojedini automobili imaju svjetlo koje će svijetliti kada je razina goriva u spremniku vrlo blizu praznog, što djeluje kao alarm koji će upozoriti vozača da će gorivo postepeno potpuno nestati (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 35. je prikazan senzor razine vode i goriva.

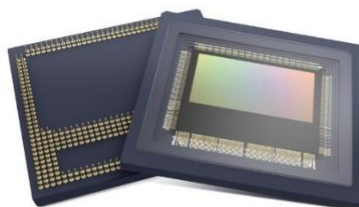


Slika 35. Senzor razine vode i goriva

(Izvor : <https://iotfactory.eu/products/iot-sensors/water-fuel-level-sensor-pressure-lorawan/>)

7.5. Senzori slike

Senzori slike snimaju slike koje se digitalno pohranjuju za obradu. Izvrsnu primjenu imaju kod prepoznavanja lica, i dobro služe kao čitači registarskih pločica. Automatizirane proizvodne linije koriste ove senzore za pravodobno otkrivanje problema s kvalitetom kao što je kvaliteta obojene površine(točnost i popunjenost) nakon izlaska iz kabine za prskanje (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 36. je prikazan senzor slike.



Slika 36. Senzor slike

(Izvor : <https://www.teledynedalsa.com/en/products/imaging/image-sensors/>)

7.6. Senzori blizine

Senzori blizine otkrivaju prisutnost ili odsutnost fizičkog objekta koji se postepeno približava senzoru putem niza različitih tehnoloških dizajnova. Pristupi su sljedeći :

- a) Induktivne tehnologije za detekciju metalnih predmeta
- b) Fotoelektrične tehnologije, koje koriste snop svjetlosti kako bi osvijetlili objekt i reflektirali objekt
- c) Kapacitivne tehnologije funkcioniraju na temelju objekata kojima je karakteristično da imaju različitu dielektričnu konstantu (fizička veličina koja opisuje električnu propusnost tvari u odnosu na dielektričnu permitivnost vakuuma) od one koju ima zrak
- d) Ultrazvučne tehnologije koriste zvučni signal za detekciju objekta koji se približavaju senzoru (Thomas Publishing Company, 2023.). Slika 37. prikazuje senzor blizine.



Slika 37. Senzor blizine

(Izvor : <https://www.amazon.com/Heschen-Inductive-Proximity-LJ12A3-4-Z-BX/dp/B071ZQ6VV6>)

7.7. Senzori kvalitete vode

Senzori kvalitete vode nadziru kvalitetu vode. Ponajviše se koriste u distribucijski sustavima vode, no njihova primjena nije zanemariva i u ostalim industrijama. Postoje različite vrste ovih senzora, senzori zamućenosti, pH senzori, senzori ukupnog organskog ugljika pa čak i senzori zaostalog klora u vodi (R, Heredia., 2021.). Na slici 38. je prikazan senzor kvalitete vode.



Slika 38. Senzor kvalitete vode

(Izvor : <https://www.pasco.com/products/sensors/pasport/ps-2230>)

7.8. Kemijski senzor i senzor za očitavanje plina

Ovi senzori su iznimno važni jer nadziru kvalitetu zraka odnosno prisutnost otrovnih ili opasnih plinova. Korištenjem tehnologija kao što su elektrokemijske, poluvodičke ili fotoionizacijske, detekcija je omogućena do zadovoljavajuće razine. Najčešće se koriste u proizvodnim i industrijskim postavkama, no nalaze se i u detektorima ugljičnog dioksida (R, Heredia., 2021.).

Na slici 39. prikazan je kemijski senzor.



Slika 39. Kemijski senzor

(Izvor : <https://www.technologyreview.com/2009/06/23/212122/cheaper-chemical-sensor-2/>)

Na slici 40. prikazan je senzor za očitavanje plina.



Slika 40. Plinski senzor

(Izvor : <https://ai.thestempedia.com/docs/evive-iot-kit/interfacing-mq-2-gas-sensor-with-evive/>)

7.9. Senzori dima

Većina ljudi je donekle upoznata s detektorima dima. Duže vrijeme štite naše domove i poslovne prostore. Detektori dima su u današnje vrijeme lakši za korištenje, bez žica i stoga praktičniji i to zahvaljujući poboljšanjima koja su temeljena na IoT-u (R, Heredia., 2021.). Na slici 41. prikazan je senzor dima.

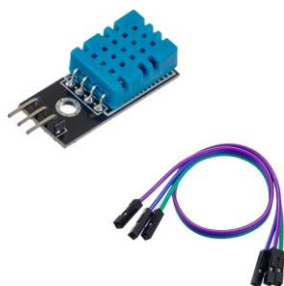


Slika 41. Senzor dima

(Izvor : <https://www.spyalarms.co.uk/optical-smoke-detector/>)

7.10. Senzori vlažnosti

Ovi senzori funkcioniraju tako da mjere količinu vodene pare u zraku. Upotrebljavaju se kod sustava za grijanje i klimatizaciju ali i za praćenje i predviđanje vremena. U slučaju kada se treba vlaga strogo kontrolirati, primjerice u bolnicama, plastenicima, staklenicima ili muzejima, senzori vlage značajno pomažu u tom procesu (R, Heredia., 2021.). Na slici 42. je prikazan senzor vlažnosti.



Slika 42. Senzor vlažnosti

(Izvor: <https://www.amazon.in/REES52-Temperature-Relative-Humidity-Sensor/dp/B01HXNI53K>)

7.11. Žiroskopski senzori

Žiroskopski senzori mjere brzinu ili brzinu rotacije oko osi. Ovi senzori se koriste u automobilskoj industriji za općenitu navigaciju i kod sustava protiv proklizavanja, kao i u video igrama i bespilotnim zrakoplovima. Neki od najčešće korištenih su rotacijski, s vibrirajućom strukturom i optički žiroskopi (R, Heredia., 2021.). Na slici 43. je prikazan žiroskopski senzor.



Slika 43. Žiroskopski senzor

(Izvor : <https://corporate.epson/en/technology/search-by-products/microdevice/gyro-sensor.html>)

7.12. Optički senzori

Optički senzori reagiraju na svjetlost koja se reflektira od fizičkog objekta i na taj način generiraju odgovarajući električni signal koji će koristiti u otkrivanju ili mjerenju stanja. Ovakvi senzori rade tako da detektiraju prekid snopa svjetlosti ili njegovu refleksiju uzrokovanu prisutnošću specifičnog objekta. Vrste optičkih senzora uključuju:

- a) Senzori za prolazne zrake koji detektiraju objekte prekidom svjetlosnih zraka dok objekt prijeđe put između odašiljača i daljinskog prijammnika.
- b) Senzori difuzne refleksije koji su bliskoznačni sa retroreflektirajućim sensorima glede principa rada, jedino što predmet koji se otkriva služia kao reflektirajuća površina.
- c) Retroreflektirajućii senzori koji kombiniraju odašiljač i prijammnik u jednu svojstvenu cjelinu i koriste specifičnu odvojenu reflektirajuću površini za odbijanje svjetlosti natrag na uređaj (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 44. je prikazan optički senzor.



Slika 44. Optički senzor

(Izvor : <https://www.electronic-shop.ba/proizvod/opticki-senzor-6-do-36-vdc-do-30-cm/>)

7.13. Senzori ubrzanja

Za razliku od senzora kretanja koji detekiraju kretanje objekta, senzori ubrzanja detektiraju stopu promjene brzine objekta. Promjena brzine objekta može biti posljedica stanja slobodnog pada, iznenadnih neželjenih vibracija koje uzrokuju kretanja s promjenama uobičajene brzine ili pak rotacijskog gibanja. Koriste se nekoliko tehnologija kod senzora ubrzanja poput :

- a) Kapacitivni senzori koji ovise o mjerenju razlike napona s dvije površine
- b) Senzori *Hallovog* efekta koji se oslanjaju na mjerenje nastalih promjena u magnetskim poljima
- c) Piezoelektrični senzori generiraju napon koji će se promijeniti na temelju nastalog pritiska zbog izobličenja senzora (Thomas Publishing Company, 2023.). Na slici 45. je prikazan senzor ubrzanja.



Slika 45. Senzor ubrzanja

(Izvor : <https://www.bkvibro.com/product/as-079-acceleration-sensor/>)

8. UTJECAJ INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA I TEHNIKA U HRVATSKOJ

8.1. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije u Hrvatskoj

Inovativne tehnologije i tehnike imaju znatan utjecaj na život i poslovanje u R.H.

Prednosti inovativnih tehnologija uključuju poboljšanje kvalitete života i rada ljudi, smanjenje troškova, povećanje učinkovitosti, proširenje horizonta, povećanje znanja, olakšavanje učenja te očuvanje i zaštita okoliša i ljudskog zdravlja. Nove tehnologije također omogućuju rast tvrtki i gospodarstva kroz stvaranje dodane vrijednosti za kupca, bolje korisničko iskustvo i oblikovanje korisničkog iskustva (Poveznica 19).

Ipak, postoji nekoliko nedostataka. Na primjer, tehnološki napredak može smanjiti vrijednost ljudskih radnika jer strojevi automatiziraju procese i mogu obavljati posao deset osoba s jednim računalom. Nadalje, razvojem tehnologije ujedno se povećava i ovisnost, smanjuje se kreativnost ljudi (prilikom postepene izloženosti naprednoj tehnologiji), veće su šanse za socijalnu izolaciju i mogućnost korištenja oružja za masovno uništenje ako tehnologija pripadne u krive ruke (Thpanorama, 2023.).

8.2. Cijene inovativnih tehnologija u R.H.

Postoje razne IoT tvrtke u R.H., poput: Serengetti, Ars Futura, Eternax, Intellexi, Beyondi i drugi. Što se tiče cijena, inovativne tehnologije mogu biti skupe za uvođenje, posebno za male tvrtke. Međutim, dugoročno gledano, mogu donijeti značajne uštede kroz povećanje učinkovitosti i smanjenje troškova. Potrebno je nastaviti poticati inovacije i primjenu novih tehnologija kako bi se poboljšala konkurentnost i gospodarski rast. Ove tvrtke obuhvaćaju razne industrije: financijske usluge, proizvodnju, informacijsku tehnologiju, energiju i prirodne resurse, logistiku i transport, proizvodi i usluge kupaca, medicinu, telekomunikaciju, e-trgovinu, reklamiranje i marketing, poslovne usluge i ostalo.

Cijene projekata variraju ovisno o kojoj tvrtci je riječ te kojom industrijom se bave. Pojedine tvrtke imaju relativno nisku cijenu projekta, dok je kod drugih znatno veća cijena, stoga cijene projekata iznose od 1.000 pa sve do 100.000\$ (The Manifest, 2023.).

9. ZAKLJUČAK

Suvremena poljoprivreda doživljava revoluciju zahvaljujući inovativnim tehnologijama i tehnikama. Ove promjene značajno utječu na djelotvornost, produktivnost i održivost proizvodnje hrane. Pomoću naprednih tehnologija kao što su umjetna inteligencija, povezani senzori, analitika podataka i njihova obrada i druge tehnologije mogu doprinijeti većim prinosima, poboljšati navodnjavanje te izgraditi održivost i otpornost pri uzgoju usjeva.

Inovacije u poljoprivredi nisu samo ograničene na usjeve. Tehnologija također ima ključnu ulogu u stočarstvu, poboljšavajući dobrobit životinja i savladavanje rastućih briga o dobrobiti životinja.

S druge strane poljoprivreda se suočava s nekoliko prepreka kada je u pitanju prihvaćanje novih tehnologija. Precizna poljoprivreda, pametno navodnjavanje, raznovrsne suvremene tehnologije i automatizacija su samo neke od tehnologija koje mogu donijeti značajna poboljšanja u svijetu poljoprivrede i poljoprivredne tehnike.

Na kraju, usvajanje inovativne tehnologije u suvremenoj poljoprivredi nije samo pitanje učinkovitosti i produktivnosti, također je ključno za postizanje veće održivosti, smanjenje negativnog utjecaja poljoprivrede na okoliš i pružanje boljih uvjeta kako za ljude tako i za životinje.

10. LITERATURA

1. A, Shalimov., (2023.): "IoT in Agriculture: 9 Technology Use Cases for Smart Farming(and Challenges to Consider)"
2. C, BasuMallick., (2023.): "What is Wifi 6? Meaning, Speed, Features and Benefits"
3. Goedde, L, i sur., (2020.): "Agriculture's connected future: How technology can yield new growth."<https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yeild-new-growth>
4. Gossett, S. i Velazquez, R. (2023.): "16 Agricultural Robots and Farm Robots You Should Know" <https://builtin.com/robotics/farming-agricultural-robots>
5. Ivković, Ivona., (2017.): "Odabir vrste bespilotne letjelice primjenom podrške odlučivanja." Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakulte strojarstva i brodogradnje, 2017.
<https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb:5000>
6. J, kasterenakes., (2019.): "Wi-Fi 6, explained, how fast it really is."
7. James M. Tien., (2017.): "Internet of Things, Real-Time Decision Making, and Artificial Intelligence"
8. Krevh. V., (2018.): "Primjena bespilotnih letjelica u poljoprivredi." (3-51) Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2018.
<https://repositorij.agr.unizg.hr/islandora/object/agr%3A827>
9. Lemić, D., i sur. (2021.): "Dronovi kao moderan alat za suvremenu poljoprivredu." 21 (4), 477-480
10. R, Heredia., "What Are IoT Sensors?" Types, Uses, and Examples"
11. Rusković, N., (2020.): "Što je zapravo RFID?"
12. Segal, T. (2022.): "What is Big Data? Definition, How It Works, and Uses"
13. Šipek, D., (2022.): "Što je IoT ili internet of things?"

14. Poveznica 1: Agrowell, 2021., <https://agrowell.com.tr/what-is-agriculture-4-0-what-innovations-does-it-offer/> (6.9.2023)
15. Poveznica 2: McCormick, 2021 <https://www.mccormick.it/as/agriculture-4-0-what-is-it-and-what-are-its-tools-and-benefits/> (6.9.2023)
16. Poveznica 3: https://hr.wikipedia.org/wiki/Internet_stvari (6.9.2023.)
17. Poveznica 4: https://en.wikipedia.org/wiki/Big_data (6.9.2023)
18. Poveznica 5: https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence (6.9.2023.)
19. Poveznica 6: Robotnik (2022.): "Robotics applications in agriculture"
<https://robotnik.eu/robotics-applications-in-agriculture/> (6.9.2023)
20. Poveznica 7: Microsoft (2021.): "Korištenje softvera za upravljanje zadacima radi smanjenja neučinkovitog trošenja vremena". <https://www.microsoft.com/hr-hr/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/using-task-management-software-to-reduce-wasted-time> (6.9.2023.)
21. Poveznica 8: Itarian (2023.): "Benefits of Software Management System" ITarian, 2023.
<https://www.itarian.com/itsm/software-management-system.php> (6.9.2023.)
22. Poveznica 9: CloudFare (2023.): "What is the cloud?" | Cloud definition"
<https://www.cloudflare.com/learning/cloud/what-is-the-cloud/> (6.9.2023)
23. Poveznica 10: Svitla Systems (2023.): "Cloud Computing Technologies in Agriculture(Solutions overview and examples)" <https://svitla.com/blog/cloud-computing-technologies-in-agriculture> (6.9.2023.)
24. Poveznica 11: FAOLEX (2022.) "Agriculture strategy until 2030"
<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC208532/> (6.9.2023)
25. Poveznica 12: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> (6.9.2023)
26. Poveznica 13: <https://en.wikipedia.org/wiki/DOCSIS> (6.9.2023)
27. Poveznica 14: Team Celona (2020.): "5G Bands Explained: How They Work & Why They Matter" <https://www.celona.io/5g-lan/5g-bands> (6.9.2023).

28. Poveznica 15: TechTarget (2019.): “What is low earth orbit(LEO) satellite?”
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/low-earth-orbit-LEO-satellite> (6.9.2023)
29. Poveznica 16: (IBM, 2023.): “What is the internet of things?”
<https://www.ibm.com/topics/internet-of-things> (6.9.2023)
30. Poveznica 17: (Arable, 2023.): “Decision Agriculture” <https://www.arable.com> (6.9.2023)
31. Poveznica 18: Thomas Publishing Company (2023.) “Different types of Internet of Things(IoT) Sensors” <https://www.thomasnet.com/articles/instruments-controls/types-of-internet-of-things-iot-sensors/> (6.9.2023.)
32. Poveznica 19: Jutarnji list (2020.): “KAD HRVATI NOVINIRAJU : “Nove tehnologije omogućavaju bolji život građanima, rast tvrtki i gospodarstva i održivi razvoj, evo kako”
<https://www.jutarnji.hr/life/tehnologija/kad-hrvati-inoviraju-nove-tehnologije-omogucavaju-bolji-zivot-gradanima-rast-tvrtki-i-gospodarstva-i-odrzivi-razvoj-evo-kako-10361404>
(6.9.2023.)
33. Poveznica 20: Thpanorama (2023.): “10 Prednosti i nedostaci tehnologije”
<https://hr.thpanorama.com/articles/tecnologa/10-ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologa.html>
(6.9.2023.)
34. Poveznica 21: The Manifest (2023.): “Top 20 Internet of Things(IOT) Development Firms in Croatia” <https://themanifest.com/croatia/internet-of-things/companies> (6.9.2023.)
35. <https://ai.thestempedia.com/docs/evive-iot-kit/interfacing-mq-2-gas-sensor-with-evive/>
(6.9.2023.)
36. <https://corporate.epson/en/technology/search-by-products/microdevice/gyro-sensor.html>
(6.9.2023.)
37. <https://dairynow.ca/monitoring-and-moving-livestock-on-the-farm-using-drones/>
(6.9.2023.)
38. <https://dronector.com/services/agricultural-applications/> (6.9.2023.)
39. <https://gospodarski.hr/rubrike/nove-tehnologije/umjetna-inteligencija-moze-pomoci-u-poljoprivredi/> (6.9.2023.)

40. <https://iotfactory.eu/products/iot-sensors/water-fuel-level-sensor-pressure-lorawan/> (6.9.2023.)
41. <https://lilacinfotech.com/blog/34/How-to-improve-customer-experience-through-IoT> (6.9.2023.)
42. <https://pycno.co> (6.9.2023.)
43. <https://semantictech.in/blogs/uses-of-drones-in-agriculture-in-india/> (6.9.2023.)
44. <https://semios.com> (6.9.2023.)
45. <https://soldered.com/hr/proizvod/senzor-pokreta-hc-sr501/#gallery-1> (6.9.2023.)
46. <https://theceoviews.com/how-iot-optimizes-costs-for-industry/> (6.9.2023.)
47. <https://www.agmatix.com/blog/the-role-of-industry-4-0-in-agriculture> (6.9.2023.)
48. <https://www.agrivi.com/hr/> (6.9.2023.)
49. <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/farmeri-traze-dozvolu-za-prskanje-usjeva-dronovima-zele-biti-konkurentni/61281/> (6.9.2023.)
50. <https://www.amazon.com/Heschen-Inductive-Proximity-LJ12A3-4-Z-BX/dp/B071ZQ6VV6> (6.9.2023.)
51. <https://www.amazon.in/REES52-Temperature-Relative-Humidity-Sensor/dp/B01HXNI53K> (6.9.2023.)
52. <https://www.arable.com> (6.9.2023.)
53. <https://www.arable.com/products/> (6.9.2023.)
54. <https://www.autokreso.hr/kategorija-proizvoda/ostali-proizvodi/elektronika-motora-ems/senzor-temperature-ulje-gorivo-ras-tek/> (6.9.2023.)
55. <https://www.betashares.com.au/insights/why-smart-agriculture-may-be-a-smart-investment> (6.9.2023.)
56. <https://www.bkvibro.com/product/as-079-acceleration-sensor/> (6.9.2023.)
57. <https://www.cyberweld.co.uk/robots-in-agriculture-and-farming> (6.9.2023.)

58. <https://www.dincloud.com/blog/cloud-computing-powered-agriculture-sustainable-and-greener> (6.9.2023.)
59. <https://www.electronic-shop.ba/proizvod/opticki-senzor-6-do-36-vdc-do-30-cm/> (6.9.2023.)
60. <https://www.eliftech.com/insights/what-is-connected-agriculture/> (6.9.2023.)
61. <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20210211STO97614/veliki-podaci-definicija-koristi-izazovi-infografika> (6.9.2023.)
62. <https://www.fastcompany.com/40450262/these-tree-planting-drones-are-about-to-fire-a-million-seeds-to-re-grow-a-forest> (6.9.2023.)
63. https://www.freepik.com/premium-photo/farmer-using-smart-farming-technologies-vineyard_33578672.htm (6.9.2023.)
64. https://www.gruber-genetti.it/en/blog/b/smart-farming-agriculture-4-0-part-i_22 (6.9.2023.)
65. <https://www.hennlich.hr/proizvodi/mjerna-oprema-tlacni-senzori-1740.html> (6.9.2023.)
66. <https://www.hitechagro.co.in/agriculture-drones.html/> (6.9.2023.)
67. <https://www.ictbusiness.info/internet/digitalna-transformacija-drzave-i-rad-od-kuce-u-krizi> (6.9.2023.)
68. <https://www.intelligentliving.co/deforestation-fighting-drones-plant-thousands-seeds-daily/> (6.9.2023.)
69. <https://www.maxinai.com/blog/2021/03/16/drones-for-crop-health-monitoring-taking-agriculture-to-new-height> (6.9.2023.)
70. <https://www.mojix.com/iot-manufacturing/> (6.9.2023.)
71. <https://www.pasco.com/products/sensors/pasport/ps-2230> (6.9.2023.)
72. https://www.researchgate.net/figure/Basic-stages-of-UAV-supported-seed-sowing-A-D-examples-of-a-seed-sowing-UAV-E_fig1_352903488 (6.9.2023.)

73. https://www.researchgate.net/figure/UAV-platform-eBee-SQ-and-sensors-used-in-this-study-a-Front-of-the-UAV-b-sunshine_fig1_333690031 (6.9.2023.)
74. <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/> (6.9.2023.)
75. <https://www.spyalarms.co.uk/optical-smoke-detector/> (6.9.2023.)
76. <https://www.technologyreview.com/2009/06/23/212122/cheaper-chemical-sensor-2/> (6.9.2023.)
77. <https://www.techybio.com/iot-and-networking-how-the-internet-of-things-is-changing-connectivity/> (6.9.2023.)
78. <https://www.teledynedalsa.com/en/products/imaging/image-sensors/> (6.9.2023.)