

# Primjena kamera u voćarstvu

---

**Džin, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:832988>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Preddiplomski studij:  
**Biljne znanosti**

**Primjena kamera u voćarstvu**

ZAVRŠNI RAD

**Marko Džin**

Mentor: **izv. prof. dr. sc. Goran Fruk**

Zagreb, svibanj, 2024.

## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Marko Džin**, JMBAG **0178126580**, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

### **PRIMJENA KAMERA U VOĆARSTVU**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga završnog rada
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, primjereno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada
- da ovaj završni rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnoga ili stručnog studija
- da je elektronička verzija ovoga završnog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkoga kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19.).

U Zagrebu, 27.05.2024.

---

Potpis studenta

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA**

Završni rad studenta **Marko Džin**, JMBAG **0178126580**, naslova

**PRIMJENA KAMERA U VOĆARSTVU**

mentor je ocijenio ocjenom \_\_\_\_\_.

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_, te je student postigao ukupnu ocjenu<sup>1</sup> \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Goran Fruk mentor

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ član

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_ član

\_\_\_\_\_

---

<sup>1</sup> Ocjenu završnog rada čine ocjena rada koju daje mentor (2/3 ocjene) i prosječna ocjena prezentacije koju daju članovi povjerenstva (1/3 ocjene).

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Opis metoda.....	1
1.2. Cilj rada .....	1
2. Informacijske i komunikacijske tehnologije u poljoprivredi .....	2
2.1. Daljinsko istraživanje .....	3
2.2. Korištenje daljinskog istraživanja u poljoprivredi .....	4
2.3. Satelitska fotografija .....	4
2.4. Aerofotogrametrija .....	4
2.5. Stereofotogrametrija .....	5
2.6. Geografski informacijski sustav (GIS) .....	5
2.7. Elektromagnetsko zračenje .....	6
2.8. Senzori .....	7
3. Obrada slike .....	11
4. Kamere u poljoprivrednoj proizvodnji .....	14
4.1. Vrste kamera u poljoprivredi .....	14
4.1.1. RGB kamere .....	14
4.1.2. Termalne kamere .....	16
4.1.3. Multispektralne kamere .....	16
4.1.4. Hiperspektralne kamere .....	17
4.1.5. Stereo i dubinske kamere .....	18
4.1.6. Sonar – Radar .....	19
4.1.7. LiDAR .....	20
4.2. Primjena kamera .....	21
5. Sateliti .....	22
5.1. Automatsko navođenje vozila .....	24
6. UAV – Dronovi .....	29
7. Roboti .....	34
8. Pregled dosadašnjih istraživanja o primjeni kamera u voćarstvu .....	38
8.1. Istraživanja u Hrvatskoj .....	38
8.2. Istraživanja izvan Hrvatske .....	42
9. Zaključak .....	46
10. Popis literature .....	47
11. Prilozi .....	52
11.1. Popis slika .....	52
11.2. Popis tablica .....	53
11.3. Popis oznaka i kratica .....	53
12. Životopis .....	57

# Sažetak

Završnog rada studenta **Marko Džin**, naslova

## PRIMJENA KAMERA U VOĆARSTVU

Suvremeni razvoj precizne poljoprivrede rezultirao je istraživanjem primjene kamera u uzgoju voća, koji su ovdje prikazani.

Različite komponente ICT-ja daju tehnološku bazu za daljinsko istraživanje, rad senzora i obradu slike. Kamere (RGB, HSI, termalne) su sastavni dijelovi strojeva integrirani u satelite, UAV-letjelice, automatski navođena vozila te robote.

Svi oni su predmet istraživanja o upotrebi kamera u voćnjacima. Strojevi koji su opremljeni s više različitih kamera daju različite vrste slika voćki, a sakupljeni podaci pomažu uvećanju prinosa te boljoj kvaliteti plodova. Raznovrsnost podataka varira od praćenja biljke i kvalitete tla, preko motrenja rasta drveta, cvijeta i ploda, do berbe voćki, sortiranja plodova i pripreme za prodaju. Ovaj način uzgoja voćnjaka, vinograda ili maslinika još nije zaživio kod nas, zbog visoke cijene nabave, iako je populariziran ubrzanom padom cijene strojeva i digitalnim opismenjavanjem stanovništva.

Precizna agronomija (PA) popularna je tema istraživanja, s velikim brojem suvremenih radova objavljenih na internetskim serverima, no kamere nisu primarni subjekt istraživanja.

**Ključne riječi:** precizna poljoprivreda, voćnjaci, senzori, kamere, dronovi

## Summary

Of the final work - student **Marko Džin**, entitled

### **APPLICATION OF CAMERAS IN FRUIT GROWING**

The modern development of precision agriculture has resulted in research into the application of cameras in fruit cultivation, which are presented here.

The various components of ICT provide the technological base for remote sensing, sensor operation and image processing. Cameras (RGB, HSI, thermal) are integral parts of machines integrated into satellites, UAVs, automatically guided vehicles and robots.

All of them are the subject of research on the use of cameras in orchards. Machines that are equipped with several different cameras provide different types of images of fruit trees, and the collected data help to increase the yield and improve the quality of the fruits. The variety of data varies from monitoring plant and soil quality, through monitoring tree, flower and fruit growth, to fruit tree harvesting, fruit sorting and preparation for sale. This way of growing orchards, vineyards or olive groves has not yet taken root in our country, due to the high cost of procurement, although it has been popularized by the rapid decline in the price of machinery and the digital literacy of the population.

Precision agronomy (PA) is a popular research topic, with a large number of contemporary papers published on Internet servers, but cameras are not the primary research subject.

**Keywords:** precision agriculture, orchards, sensors, cameras, drones

# 1. Uvod

Informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT) sve više nalaze primjenu u poljoprivredi. Praktično se ostvaruju kroz daljinska istraživanja koja potpomažu razvoj precizne poljoprivrede. Njezini rezultati pomažu smanjenju troškova proizvodnje, i povećanju uroda što doprinosi boljem profitu i učinkovitijoj proizvodnji

Jedan od najvažnijih dijelova daljinskog istraživanja jesu precizni mjerni instrumenti koji većinom imaju u svojem sklopu razne kamere. Ubrzano napredovanje tehnologije, omogućio je razvoj različitih senzora koji su baza za proizvodnju sve boljih raznovrsnih kamera. Kamere su ključni instrumenti kod snimanja i praćenja raznih procesa tijekom poljoprivredne proizvodnje. Olakšavaju rano otkrivanje i detekciju problema, te pravovremeno i precizno reagiranje, ako je potrebno uporabiti zaštitna sredstva, čime se smanjuje trošak proizvodnje. Osim što pomažu praćenju i očuvanju uroda, one se ugrađuju na razne automatske uređaje koji sve češće zamjenjuju ljudski rad u tijeku raznih faza poljoprivrednog proizvodnog procesa.

Zbog svoje raznovrsnosti primjene, kamere su jedan od nužnih dijelova tehnologije koja se razvija u daljinskim istraživanjima. Suvremeni tehnološki napredak je ubrzan i teško uhvatljiv, no upotreba kamera za detekciju raznih pojava u voćnjacima tijekom čuvanja plodova intenzivno se istražuje tijekom zadnjih 10-ak godina. Ovaj rad prikazat će kako se razvijalo istraživanje upotrebe kamera u poljoprivredi u hrvatskoj znanosti i potom će se posvetiti situaciji izvan naše zemlje.

## 1.1. Opis metoda

U drugom poglavlju će se deskriptivnom metodom prikazati što podrazumijeva informacijska i komunikacijska tehnologija u poljoprivredi. Deduktivnom metodom odvojiti će se precizna poljoprivredna proizvodnja od poljoprivredne proizvodnje. Deskriptivnom metodom prikazat će se daljinsko istraživanje, elektromagnetsko zračenje i vrste senzora, te proces nastajanja i obrade slike.

U trećem poglavlju deskripcijom će se prikazati vrste kamere koje se upotrebljavaju u poljoprivredi, i analizirat će se njihove komponente radi komparativnog prikaza njihovog učinka u proizvodnji. Potom će se izložiti načini primjene kamera, i deskriptivnom metodom prikazat će se njihova učinkovitost na satelitima, automatski navođenim vozilima, dronovima i robotima.

U četvrtom poglavlju prikupljena literatura koja je poslužila za deskripciju i analizu gradiva, sintetizirat će se, te se njima pridružuje i sakupljena nova građa o dosadašnjim istraživanjima u hrvatskoj i svjetskoj znanstvenoj produkciji. Prvo će se deskripcijom prikazati razvoj istraživanja u hrvatskoj znanosti o primjeni kamera u voćnjacima. Zbog velikog broja novo prikupljene građe, istraživanja izvan Hrvatske će se sintetizirano navesti. Na kraju će se sintezom ovih informacija ocijeniti stanje istraživanja o primjeni kamera u voćnjacima do danas. U zaključku rezimirat će se upotreba kamera u poljoprivredi i navest će se rezultati istraživanja dosadašnje literature o kamerama.

## 1.2. Cilj rada

Cilj rada je napraviti pregled dosadašnjih istraživanja primjene kamera (RGB, HSI termalne, binokularne i dr.) u proizvodnim procesima u voćnjacima i tijekom očuvanja plodova.



## 2. Informacijske i komunikacijske tehnologije u poljoprivredi

Informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT) svojim ubrzanim razvojem stigle su i poljoprivredu. Napredni uređaji unaprijedili su i poboljšali poljoprivrednu proizvodnju i pridonijeli su njezinoj produktivnosti i ekonomičnosti. Ovaj spoj pridonio je novim znanstvenim spoznajama i pristupu koji su obogatili poljoprivredu kao precizna poljoprivredna tehnologija (PAT) i precizna poljoprivreda (PA). One teorijski proučavaju i promatraju koje tehnologije imaju najbolji učinak za primjenu u poljoprivredi.

Povećanje produktivnosti gospodarstva rezultat je primjene precizne poljoprivredne tehnologije (PAT). Primjenom PAT-a poboljšava se prinos i smanjuju se troškovi proizvodnje bez negativnog utjecaja za okoliš. Alati za PAT su zrakoplovi i sateliti koji snimaju i obrađuju informacije energije koja je odbijena ili emitirana iz tla, vode ili usjeva, te ih prezentiraju korisnicima (Lemić et al. 2021). Još 1972.g. NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) je poslala u svemir Landsat I s kojim je započelo promatranje zemlje iz svemira (Bugarin, 2022) ali s tehnološkim problemom slabe prilagodljivosti, spore obradivosti satelitskih i avionskih snimaka, dok im oblaci i zračne pojave stvaraju problem zaklanjanjem informacija što ih čini nepotpunim. Uz to ova tehnologija teško je dostupna i veoma skupa (Lemić et al. 2021).

Zbog teške dostupnost i visoke cijene PAT-a u praksi se pojavila PA. Ona koristi podatke koje prikuplja iz više izvora kako bi dobila informacije koje omogućavaju učinkovito upravljanje gospodarstvom i brzo donošenje ključnih odluka. Precizna poljoprivreda omogućava promatranje cijelog polja i promatranje svake pojedine biljke čime se optimizira zaštita i smanjuje rizike ulaganja. Ova tehnologija nadilazi iskustveno znanje poljoprivrednika jer daje mnoštvo različitih i sveobuhvatnih informacija za specifičnu poljoprivrednu površinu.

Funkcioniranje precizne poljoprivrede:

1. prikupljanje informacije,
2. obrada informacije i usporedba s prijašnjim podacima o uzgoju
3. ispravan oblik interpretacije podataka
4. ubrzavanje primjene informacija.

Važna je pravovremena informacija kako bi se poboljšala njihova učinkovitost u poljoprivrednoj praksi.

Glavni cilj PA je prikupljanjem pravovremenim preciznim informacijama pravovremeno saznati stanje: usjeva, tla i okoliša te tako omogućiti ispravnu poljoprivrednu praksu za svaku posebnu uzgajanu kulturu. Sastavni dio precizne poljoprivrede je i upravljanje repromaterijalima i svim potrebnim sredstvima kako bi se povećala kvaliteta proizvoda, umnožio urod i postigao profit. Uz to bavi se i prikupljanjem podataka i protokom informacija, te usavršavanjem informacijske tehnologije a koja se u poljoprivredi ostvaruje daljinskim istraživanjem (Lemić et al. 2021).

## 2.1. Daljinsko istraživanje

Daljinsko istraživanje (eng. *remote sensing*) prikuplja i interpretira informacije bez fizičkog dodira s objektom koji se promatra. Ostvaruje se daljinskim snimanjem (iz zraka, svemira) objekta različitim tehnikama snimanja i raznovrsnim izmjerama podataka. Ti podaci su varijabilni (od nekoliko centimetara do nekoliko kilometara). Daljinska istraživanja mogu definirani dio zemljinog prostora, snimiti ga ili topografski ispitati. Ukoliko se isti prostor uzastopno sustavno snima bilježe se sve promjene (npr. dnevne, sezonske, godišnje).

Vrsta snimaka u daljinskom istraživanju:

1. fotografske,
2. termalne,
3. radarske, itd. (Krevh, 2018).

Postupak prikupljanje snimaka:

1. definirati zadatak istraživanja,
2. prikupiti podatke daljinskim snimanjem,
3. analizirati i interpretirati podatke,
4. provjera i verifikacija na terenu,
5. prezentirati podatke,
6. praktična primjena mjera temeljem rezultata snimanja (Krevh, 2018).

Osnovne dobrobiti daljinskih istraživanja:

1. Sinoptički pregled svih dijelova složene cjeline,
2. Mogućnost analize terena svih kategorija (pristupačnih, nepristupačnih),
3. Sinkronizirano prikupljanje informacija o većem prostoru (ušteda vremena, radne snage, materijalnih resursa),
4. Multidisciplinarna primjena u šumarstvu, geodeziji, prostornom planiranju, zaštiti okoliša, i dr.,
5. Prikupljene i evaluirane nove informacije za geoinformacijske sustave.

Daljinska istraživanja ostvaruju se fotogramijom. Definirana je kao tehnika mjerenja kada se iz fotografskih snimaka dobiva pouzdana kvantitativna informacija o objektima i okolišu snimanjem, mjerenjem i interpretacijom slika ili odrazima elektromagnetskog zračenja senzorskim sustavima.

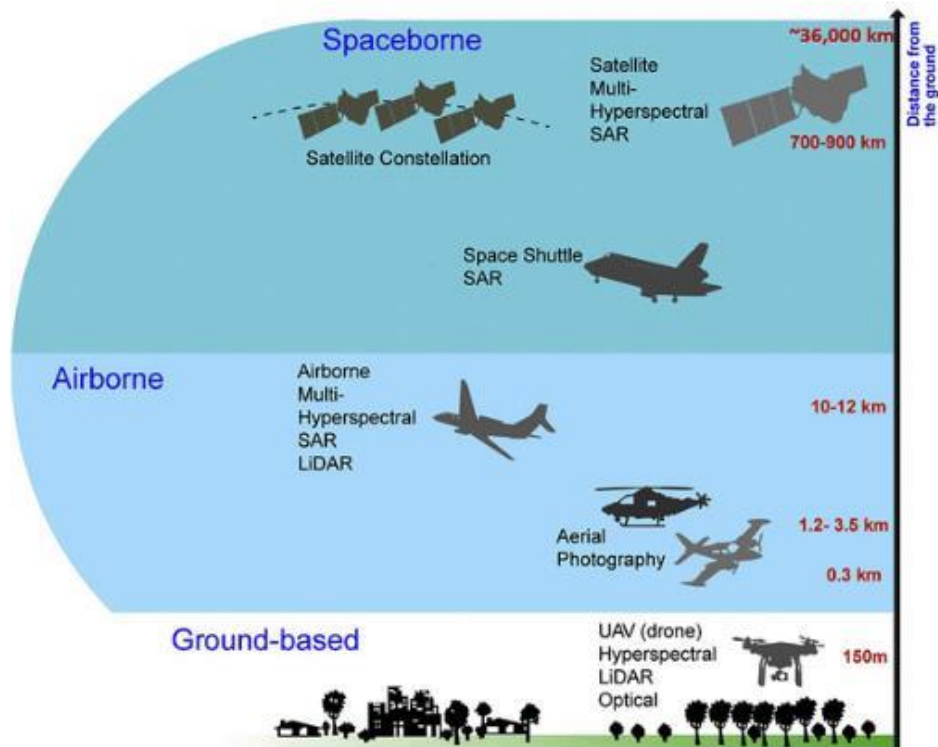
Fotogrametrija dijelimo:

1. temeljem postava kamere na:
  1. terestričku,
  2. satelitsku i
  3. aerofotogrametriju;
2. A prema osi snimanja:
  1. okomitu,
  2. vodoravnu,
  3. blago nagnutu i
  4. kosu (Krevh, 2018).

## 2.2. Korištenje daljinskog istraživanja u poljoprivredi

Daljinska istraživanja u poljoprivredi koriste se za:

1. kartiranje stanja biljaka,
2. svojstva tla,
3. količina vode,
4. rasprostranjenosti korova,
5. zrelosti uroda,
6. stupnju zdravlja biljaka



Slika 1. Daljinsko istraživanje po visinama (Bugarin, 2022).

## 2.3. Satelitska fotogrametrija

Izvodi se uređajima u satelitima Zemljine orbite. Nakon što je 1972.g. satelit Landsat je počeo promatrati zemljinu površinu, pridružilo mu se mnoštvo drugih satelita, dok je istovremeno razvojem tehnologije značajno unaprijeđena kvaliteta satelitskih snimaka. Nedostatak je nedovoljna razlučivost snimki; za korekciju deformacija potrebni su složeni matematički modeli (platforme, senzor, reljef, informacije o putanjama satelita, itd.), a često se na snimkama pojavljuju i oblaci (Krevh, 2018).

## 2.4. Aerofotogrametrija

Snima iz zraka zemljište, a kamera je na posebno opremljenom avionu. Avion krstarećom brzinom 200-400 km/h postiže veliku visinu kroz atmosferske slojeve, ima veliki radijus kretanja, navigaciju i nosivost. Os snimanja je gotovo okomita na tlo pa je jednostavno odrediti mjerilo snimke. Upotrebljava za potrebe kartiranja (za veća područja smanjuje rad na terenu,

skraćuje vrijeme izrade karata i smanjuje troškove). Važna je kvaliteta snimka jer se ekonomičnost metode postiže odabirom povoljnih vremenskih uvjeta. U digitalnoj fotogrametriji se izrađuje više snimaka s otklonom radi postizanja visinske razlike i izrade 3D model terena (Krevh, 2018).

Aerofotogrametrija se u poljoprivredi većinom ostvaruje bespilotnim letjelicama jer slobodno lete točno određenom putanjom uz mogućnost nošenja dodatne opreme (uređaje za snimanje i navigaciju, za uravnoteženost pri vibracijama i turbulencijama tijekom leta). Ovako dobiveni snimak ima prednost nad satelitskim snimkom jer daje realan odraz stanja. Naime, niža relativna visina leta daje preciznu snimku bez oblaka ili slabe magle te prezentira realne podatke s kojima se može pravovremeno brzo reagirati u slučaju potrebe (Krevh, 2018).

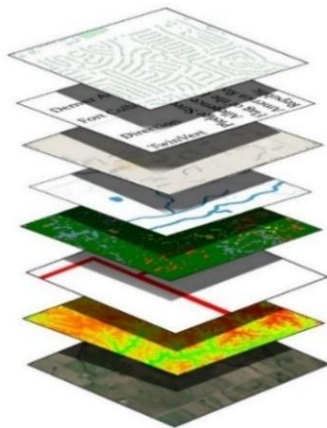
## 2.5. Stereofotogrametrija

Fotoplan se izrađuje na ravnom terenu jednom strogo okomitom snimkom. Više snimaka se naziva stereofotogrametrija. Stereoskopsko snimanje se primjenjuje ukoliko je tlo koje se snima neravno u kojem se željeno područje snima iz dva položaja, a tako dobivena snimka zove se steropar. Kada se stereopar rekonstruira fotogrametrijski dobiva se stereofotogrametrijski snimak (Krevh, 2018).

## 2.6. Geografski informacijski sustav (GIS)

Geografski informacijski sustav (GIS) ima geokodirane podatke odnosno određene geografske koordinate u koordinatnom sustavu ili kartografskoj projekciji. Sustav čini skup objekata i aktivnosti za dobivanje informacija o upravljanju prostornim aktivnostima. Svrha GIS-a je ubrzano donošenje odluka o prostoru. GIS je računalni sustav koji prikuplja, obrađuje, analizira i prikazuje prostorne podatke uz pomoć hardvera, softvera i čovjeka (Krevh, 2018).

Podaci o istom području u GIS-u podijeljeni su na slojeve koji su povezani, ali svaki za sebe imaju odvojeni različiti prikaz podataka. Svi slojevi su usporedivi i moguće ih je analizirati tijekom preklapanja radi dobivanja sažetih podataka.



Slika 2. Slojevi u GIS-u (Krevh, 2018).

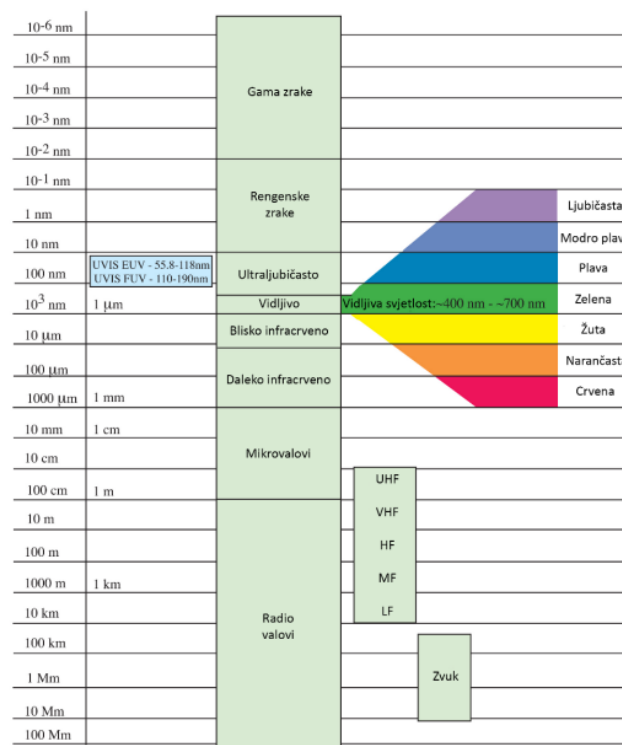
Upotrebom GIS-a uklonjene su iz upotrebe analogne karte.

Prednost GIS-a:

1. brzina obrade podataka o prostoru i
2. relativno laka dostupnost podataka za ažuriranje
3. mogućnost prijenosa rezultata velikom broju korisnika
4. brza simulacije mogućih scenarija
5. kvalitetno odlučivanje.

## 2.7. Elektromagnetsko zračenje

Informacijske i komunikacijske tehnologije kao i daljinska istraživanja ne bi bila ostvariva bez elektromagnetskog zračenja. Interakcijom refleksije elektromagnetskog zračenja od površine stvaraju se fizikalne pojave koje detektiraju uređaji a dobivene podatke proučava daljinsko istraživanje. Elektromagnetskog zračenja i registriraju senzori kao fizičke veličine koje emitira/reflektira promatrani objekt. U daljinskim istraživanjima ispituju se različiti dijelovi elektromagnetskog spektra (Bugarin, 2022).



Slika 3. Spektar elektromagnetskih valova (Bugarin, 2022).

Ljudskom oku nevidljive spektre elektromagnetskih valova otkrivaju senzori.

Ljudsko oko detektira spektar od 0,4 μm do 0,7 μm:

1. ljubičasta: 0,4 – 0,446 μm
2. plava: 0,446 – 0,500 μm
3. zelena: 0,500 – 0,578 μm

4. žuta: 0,578 – 0,592  $\mu\text{m}$
5. narančasta: 0,592 – 0,620  $\mu\text{m}$
6. crvena: 0,620 – 0,7  $\mu\text{m}$ .

Infracrveni dio spektra (engl. *Infra Red – IR*), obuhvaća valne duljine od 0,7  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ :

1. reflektirani IR (0,7 – 3,0  $\mu\text{m}$ )
2. termalni IR (3,0 – 100  $\mu\text{m}$ ).

Ovaj dio spektra je nevidljiv ljudskom oku.

## 2.8. Senzori

Senzor je element koji daje izlazni elektronički mjerljiv signal. Senzor registrira, mjeri i pohranjuje elektromagnetsko zračenje za daljnju obradu.

Senzori pokrivaju spektralna područja – spektralne kanale a podijeljeni su na:

1. vidljivo,
2. infracrveno,
3. mikrovalno. (Krevh, 2018).

Senzori mogu biti aktivni i pasivni. Aktivni senzor prima i šalje energiju, registrira ju, te nose vlastiti izvor svjetlosti. Koristi se neovisno o vremenskim uvjetima. Pasivni senzor mjeri energiju koju prima od ispitivanog objekta.

Senzori u poljoprivredi mjere:

1. osvjetljenje,
2. količinu radijacije,
3. kontrolu usjeva,
4. količinu gnojiva,
5. razlike u rastu biljaka,
6. atmosferske uvjete.

Senzori nove generacije opremljeni su s dugotrajnim baterijama s dodatnim napajanjem, te imaju sposobnost više mjerenja istovremeno.



Slika 4. Senzor za kontrolu usjeva (Ćosić, 2021).

Senzore dijelimo po širini elektromagnetskog spektra koji obrađuje na:

1. Pankromatski - mjeri refleksije u širokom dijelu elektromagnetskog spektra, široki rasponom valnih duljina
2. Multispektralni - mjere u višekanalnom detektoru i s uskom rasponom valnih duljina

3. Hiperspektralni- sadrže više od sto spektralnih kanala
4. Ultraspektralni - još su u razvoju

Light Detecting and Ranging LiDAR:

1. optički radar koji mjeri visinu i volumen biljke
2. koristi se u analizi i praćenje biljaka.

Sonar:

1. mapiraju terene,
2. korisniji su u podvodnim ronilicama zbog osjetljivosti na turbulencije

RGB Senzori (engl. *red, green, blue*):

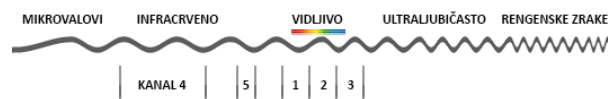
Zbog ekonomičnosti najčešće korišteni senzori. Oponašaju ljudski vid prikupljajući crveni, zeleni i plavi spektar vidljivog svjetla (0,446-0,578  $\mu\text{m}$ ). Izračun boje pojedinog piksela na fotografiji dolazi od jakosti signala sva tri kanala. Različitosti u karakteristikama objekta ogledaju se u različitim refleksijama u vidljivom spektru. Podaci RGB senzora su jednostavni za kvalitativnu interpretaciju jer daju svima poznate informacije.



Slika 5. RGB senzor (Gelenčir, 2022).

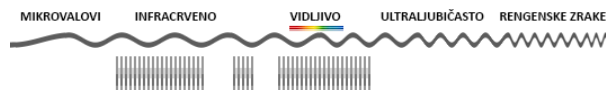
Širokopojasni infracrveni senzor je podtip RGB senzora. Sadrži Notch i Band pass filtere koji u jedan kanal (crveni ili plavi, ovisno o dizajnu) izdvaja bliski infracrveni spektar (engl. *near infrared* (NIR)) a preostalo svjetlo se sakuplja u preostala dva kanala. Senzor mjeri vidljivi dio spektra sa NIR spektrom te bilježi fotosintetsku aktivnost biljaka. Ekonomičan je i kvalitetan senzor koji ima veliku prostornu rezoluciju i daje kvalitetne fotografije, stoga je jako raširene upotrebe u poljoprivredi. Razlika između multispektralnog i hiperspektralnog senzora je u širini spektra koji prikupljaju.

Multispektralni senzori prikupljaju uglavnom 4-10 pojasa svjetla. Trenutno su u razvoju jer kvaliteta njihovih podataka treba poboljšanje, a ima dobru perspektivu za upotrebu u poljoprivredi zbog cijenu i nešto kompleksniju upotrebu od RGB senzora.



Slika 6. Kanali u multispektralnemu snimanju (Krevh, 2018).

Hiperspektralni senzori prikupljaju više od stotinu pojaseva svjetla na uskim valnim duljinama. Zbog precizne spektralne rezolucije ovaj senzor je kompleksniji, potrebno mu je dulje vrijeme obrade podataka, te treba više prostora za pohranu podataka. Zbog tih karakteristika nabavna cijena mu je veća, te se najviše koristi u istraživačke svrhe.

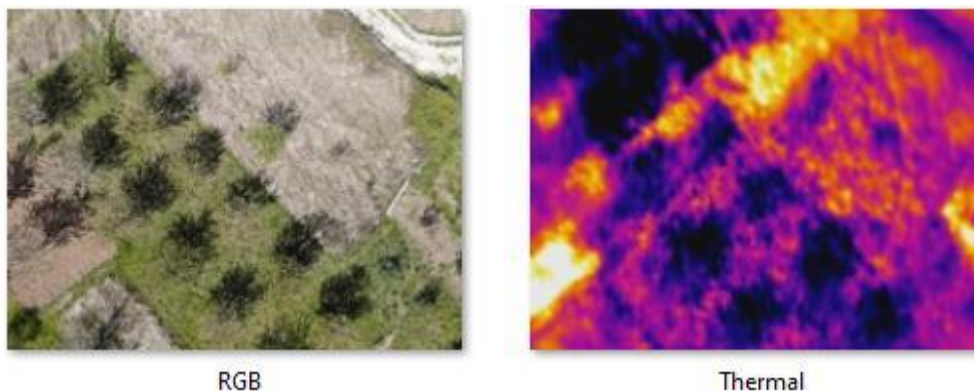


Slika 7. Kanali u hiperspektralnom snimanju (Krevh, 2018).



Slika 8. Hiperspektralni senzor (Gelenčir, 2022).

Termalni senzor je vrsta pankromatskog senzora koji prikuplja infracrveno svjetlo koje objekti emitiraju u valnoj duljini 7.5-13  $\mu\text{m}$  na temelju temperature. U usporedbi sa RGB i NIR (engl. *near-infrared*) senzorima oni ne mogu snimati velike površine. Senzori daju termalnu preciznost dovoljnu za usporedno promatranje temperatura u poljoprivredi. Uz odgovarajući broj piksela moguće je razlikovati površinske temperature. Moderni termalni senzori mogu izračunati temperature sa pogreškom od  $\pm 1\text{C}$  od stvarne temperature biljke. (Gelenčir, 2022).



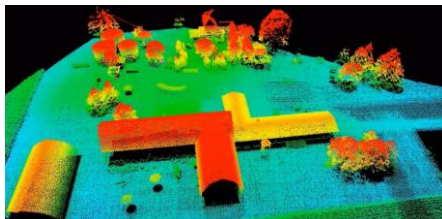
Slika 9. Snimka načinjena RGB senzorom i termalnim senzorom (Bugarin, 2022).

Radar je najpoznatija vrsta mikrovalnog senzora je. To je aktivni uređaj koji prikuplja podatke, ali i odašilje energiju iz svojeg izvora, te prima reflektirani podatak. On emitira kratki elektromagnetski val određene frekvencije koji se raspršuje po površini objekta, dio energije se odbija i vraća do sustava koji ga prima. Primljena energija se pojačava, i obrađuje, te se registriraju značajke površine, sastav objekta udio vlage u objektu, i sl. (Krevh, 2018).

LiDAR je aktivni senzor u kombinaciji lasera i radara. Laserom se emitira svjetlo i mjeri vrijeme koje je potrebno svjetlu da se reflektira od objekta do senzora stvarajući pri tome 3D točke koje mjere udaljenost od senzora tisuću puta u sekundi. Iz podataka se točkama opisuje površina. Njegovi osnovni podaci mogu se kombinirati s informacijama o intenzitetu i boji



reflektiranog svjetla vidljivog spektra. Najčešće se LiDAR koristi za istraživanje topografije, kartiranje, a može odrediti biljni pokrova na tlu, se izračunava volumena biljnog pokrova.



Slika 10. Snimka s LiDAR - om (Gelenčir, 2022).

Tablica 1. Opis senzora i njihove upotrebe (Bugarin, 2022).

Vrsta senzora	Primjena	Ograničenja
Multispektralni	Vegetacija – stanje, rast, suhoća	Hvata vidljivi i mali dio nevidljiva spektra.
Hiperspektralni	Prevenција za biljni stres, kvaliteta ploda	Zahtjevno procesiranje slika, i skupoća opreme.
LiDAR	Precizni prikaz visine i volumena vegetacije -3D model	Osjetljiv na varijacije duljine puta lasera.
SONAR	Mapiranje	Obrađuje manje uzoraka od LIDAR-a. Osjetljivost na pozadinski šum.
RGB senzor	Vidljiv spektar - vizualizacija biljke	Limitiran na vizualni dio spektra.
Termalni	Detektira razinu otpornosti vegetacije.	Ne detektira malene razlike temperature, a okoliš smanjuje učinkovitost. Visoko razlučive kamere su velike težine.



Slika 11. Različite vrste senzora (Ćosić, 2021).

- A. Tropojasni multispektralni fotoaparati Tetracam ADC-Lite,
- B. Šesteropojasni multispektralni fotoaparati Tetracam Mini-MCA,
- C. Hiperpektralna kamera Micro-Hyperspec VNIR,
- D. Spektrometar Ocean Optics USB4000,
- E. FLIR TAU II senzor,
- F. YellowScan LiDAR.

Od vrste senzora s kojim je slika načinjena ovisiti će i vrsta slike koja će biti prikazana.

### 3. Obrada slike

Pikseli su sjecište redaka i stupaca te čine digitalnu sliku. Računalna obrada slike je grupiranje piksela po njihovim vrijednostima u mozaike prema određenim kriterijima. Dostupnost satelitskih snimaka visoke rezolucije potakla je razvoj i digitalne obrade slika. Razvoj računalnih programa potakao je nove metode interpretacije prepoznavanjem uzoraka digitalnih zapisa.

U klasifikaciji zemljišnog pokrova uveden je numerički algoritam za prepoznavanje uzoraka, te je postao baza za suvremene metode klasifikacije daljinskog istraživanja u poljoprivredi.

Faze obrada slike:

1.1 Pred obrada ili pred procesiranje – vrijednost digitalnih piksela kalibrira se kako bi se uklonili izobličenja i šumovi. Digitalne vrijednosti pretvaraju se u vrijednosti površinske refleksije.

1.2 Poboljšanje slike - proces u kojem se nastoji povećati kvaliteta vizualnog prikaza slike. Obrađuje se čitljivost i detaljnost kvalitete zapisa te se identificira i klasificira željena karakteristika. Takva analiza daje bolju interpretaciju video sadržaja, pogotovo za daljinska istraživanja, u kojima podaci prolaze kroz promjene u zemljinoj atmosferi i dugo putuju do korisnika. Prije interpretacije snimaka potrebno je ispraviti podatke tj. provesti pretvorbu (procesiranje) slike. Pogreške mogu biti radiometrijske ili geometrijske, a podaci snimljeni satelitima imaju greške bilo zbog senzora koji ih snimaju ili formata snimanja. Prije prikaza i analize snimaka provodi se uklanjanje i smanjenje grešaka.

1.3 Klasifikacija

1.4 Segmentacija

Semantička segmentacija slika vegetacije bazira se na neuronskim mrežama. Dubinsko učenje (engl. *deep learning*) se koristi za prepoznavanje broja stabala, vrsta bolesti ploda, vrsta nametnika i gljivica (Bugarin, 2022).

Vegetacijski indeks se sastoji od nedimenzionalnih veličina iz apsorbirane i reflektirane svjetlosti. Svaki indeks ima drugačiji vizualni izlaz i drukčiju svrhu.

Vegetacijski indeksi su:

1. VI,
2. NDVI,
3. TNDVI,
4. NDRE,
5. VARI,
6. SAVI,
7. MSAVI2,
8. TGI,
9. SIPI2,
10. LCI,
11. BNDVI,
12. GNDVI.

Uloga vegetacijskog indeksa:

1. evidencija
2. pregled
3. provjera zdravstvenog stanja biljke
4. informacija o stanju vegetacije
5. potreba za vodom
6. potreba za gnojivom
7. potvrda bolesti ili
8. prisutnost insekata na biljci.

Vrsta vegetacijskog indeksa ovisi o spektralnom senzoru kojim je snimano (Bugarin, 2022).

Tablica 2. Vegetacijski indeksi (Bugarin, 2022).

<b>Multispektralni vegetacijski indeks</b>	<b>Hiperspektralni vegetacijski indeks</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ashburn Vegetation Index (AVI)</li> <li>2. Greenes Above Bare Soil (GRABS)</li> <li>3. Multi-Temporal Vegetation Index (MTVI)</li> <li>4. Greenness Vegetation and Soil Brightnes (GVSB)</li> <li>5. Adhust Soil Brightness Index (ASBI)</li> <li>6. Adjusted Green Vegetatin Index (AGVI)</li> <li>7. Transformed Vegetatin Index (TVI)</li> <li>8. Diferend Vegetation Index (DVI)</li> <li>9. Normalized Diffrence Greenness Index (NDGI)</li> <li>10. Redness Index (RI)</li> <li>11. Normalized Differnce Index (NDI)</li> <li>12. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</li> <li>13. Perpendicular Vegetatin Index (PVI)</li> <li>14. Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)</li> <li>15. Transformed SAVI (TSAVI)</li> <li>16. Modified SAVI (MSAVI)</li> <li>17. Weighted Difference Vegetatin Index (WDVI)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>18. Discrete-Band Normalised Difference Vegetation Index (DBNDVI)</li> <li>19. Yellowness Index (YI)</li> <li>20. Photochemical Reflectance Index (PRI)</li> <li>21. Descrete-Band Normalised Difference Water Index (DBNDWI)</li> <li>22. Red Edge Positin Determination (REPD)</li> <li>23. Crop Chlorophyll Content Prediction (CCCP)</li> <li>24. Moment Distance Index (MDI)</li> </ol>

Izbor vegetacijskog indeksa uvjetovan je stupnjem osjetljivosti vegetacijskog pokrova, stupnjem neosjetljivosti tla i boju tla na svjetlost i solarnu svjetlosnu geometriju, stupnjem atmosferskog utjecaja i utjecaja okoliša, te uvjetima vidljivosti senzora (Bugarin, 2022).

NDVI - normalizirani indeks razlike u vegetaciji (engl. *Normalized Difference Vegetation Index*) je vegetacijski indeks, tridesetak godina u upotrebi, najrašireniji je i najlakše se računa. Njime se mjeri aktivnost klorofila u biljkama kako bi se dobila informacija o razini zasićenosti dušikom biljke, a to je ogledalo općeg zdravlja biljke. NDVI se koristi i u šumarstvu za indeks šumske raznolikosti, ekologiji za karakterizaciju vrsta ili analizu intenziteta ispaše morskih i kopnenih organizama.

NDVI indeks nije ovisan o pojavi refleksnog zračenja, ali traži kvalitetne visoko rezolutne fotografije područja u obradi jer olakšava izdvajanje vegetacije od okoliša.

Na vrijednosti NDVI indeksa utječe:

1. Rezolucija digitalne fotografije
2. Atmosferski uvjeti
3. Vlažnost tla
4. Salinitet tla
5. Pokrov tla
6. Razlike u tipu tla
7. Vlažnost vegetacije (Bugarin, 2022).

NDRE - normalizirani indeks razlike crvenog ruba (engl. *Normalized Difference Red Edge*) je drugi vegetacijski indeks. Ovaj indeks je modificirani NDVI u kojemu je crveni spektralni pojas (RED) zamijenjen pojasom crvenog ruba koje može prodrijeti kroz zelenu masu.

NDRE indeks je osjetljiviji od NDVI vegetacijskog indeksa a pokazuje:

1. zdravlje vegetacije,
2. visokom razinom klorofila u listovima biljke.

NDRE odlično prati stanje vegetacije u svim fazama razvoja i u svim godišnjim dobima, iz razloga što se ne blokira tijekom maksimalne akumulacije sadržaja klorofila u biljkama. NDRE se koristi za izradu pristupnih karti za promatranje poljoprivrednih kultura. NDRE vegetacijski indeks se ponekad kombinira s NDVI vegetacijskim indeksom.

Jedan od modifikacija NDVI vegetacijskog indeksa je SAVI- *Soil Adjusted Vegetation Index* odnosno Indeks vegetacije prilagođen tlu (Bugarin, 2022).

NGRDI – indeks razlike zelenog i crvenog (engl. *Normalized Green Red Difference*), te određuje vegetaciju pomoću vidljivog elektromagnetskog spektra. Kako NDVI i NDRE koriste samo nevidljivi dio spektra, NGRDI ih upotpunjuje jer koristi i vidljivi dio spektra. Zato NGRDI ima širu primjenu pri praćenju usjeva i vegetacije a oprema je ekonomičnija i manje tehnički zahtjevnija jer mu je dovoljan RGB senzor (Bugarin, 2022).

## 4. Kamere u poljoprivrednoj proizvodnji

Agrarnim proizvođačima su ciljevi: kvalitetni usjevi i nasadi, povećani prinosi, optimalan razvoj biljnog materijala i dobro gospodarenje. Iz tih razloga potrebno je na vrijeme uočiti i reagirati na pojavu štetnika, vremenskih nepogoda, divljači i ostalih neodgovornih aktivnosti.

Brzo uočavanje i individualizacija problema moguća je digitalnim kamerama. (Lemić et al. 2021).

Kamere su alat s kojim se snima i nadzire objekt, izuzetno su korisne i lako se uklapaju u ostale alate koji su nužni u poljoprivrednoj proizvodnji. One mogu snimati objekt iz različitih kutova, ali za poljoprivredu najviše se koriste horizontalni i vertikalni način snimanja, tako da su kamere postavljene ili u razini tla, ili u razini snimanog objekta, ili iznad samog objekta.

Kamere mogu biti statične ili instalirane na pokretne objekte. Ako su statične mogu biti stavljene na stup ili stablo u vinogradu ili voćnjaku. Pokretne kamere mogu biti priključene traktoru koji prolazi voćnjakom, ili stavljene na robot koji prolazi i prska zaštitu za biljke, ili bere voće. Kamere mogu biti instalirane na kombajnu ili u sklopu mobilnih senzorskih platformi koje ispituju koliko je biljka zasićena vodom. Na kraju, zbog snimanja iz zraka, kamere su sastavni dio drona, aviona, satelita.

### 4.1. Vrste kamera u poljoprivredi

Kamera je uređaj za dobivanje slikovnih zapisa. Tim se uređajem najčešće bilježi svjetlost odražena od snimanog objekta, ali se gdjekad snima i u drugom području elektromagnetskog spektra. Od vrste senzora koji je ugrađen ovisi vrsta kamere, pa tako imamo RGB kameru, HSI kameru, Termalnu kameru, Multispektralnu kameru, Radar, Sonar i LiDAR. Prema vrsti zapisa kamera može biti analogna ili digitalna, a prema mjestu upotrebe podvodna, aerokamera, endoskopska i dr... (Hrvatska enciklopedija, 2021).

Kamera snima po načelu tamne komore - *camera obscura* koji je već 350.g. pr. Kr. opisao Aristotel. Kamera je osmišljena nakon izuma celuloidnog filma Hannibala Goodwina 1887.g., uzlet ima nakon patentiranja kamere za perforirani film Oscara Barnacka, a komercijalno se proizvodi već 1925.g. pod nazivom *Leica*. Prva digitalna kamera izumljena je 1951. godine (Hrvatska enciklopedija, 2021).

#### 4.1.1. RGB kamere

RGB kamere u sebi imaju ugrađen multispektralni RGB (*Red Green Blue*) senzor a funkcija mu je hvatanje elektromagnetskog spektra crvene, zelene i plave valne duljine (0,380 $\mu$ m do 0,700 $\mu$ m), uz praćenje stanja okoliša (Bugarin, 2022).



Slika 11. Standardna RGB kamera razlučivosti 18.2 megapiksela, model WX (Krevh, 2018).

Tablica 3. Funkcije RGB kamere (Lemić et al. 2021).

Terensko izviđanje	Zračno snimanje sa informacijama o značajkama zemljišta.
Fotogrametrija, Snimanje područja Mapiranje	Digitalne fotografije snimljene RGB kamerom spajaju se u karte visoke rezolucije. Ako te snimke spojimo s RTK modulom, mape su precizne. Snimke RGB kamere daju digitalni prikaz 3D modela terena - DTM; i 3D modela reljefa - DSM. Trodimenzionalni prikaz površine tla, vegetacije i umjetnih predmeta, koristi se u planiranju, modeliranju krajobraza i gradova te vizualizaciju površine.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procjena uroda</li> <li>• Izračun biljaka</li> </ul>	Iz slika softver automatski prepoznaje i broji usjeve, a taj izračun zajedno sa podacima o napretku rasta i podacima iz prijašnjih godina daju procjenu prinosa.
Osiguranje u slučaju nesreće	Dokumentiranje štete olakšava dobivanje naknade od osiguranja.
Indeksi vegetacije	RGB kamera može izračunati: VARI ( <i>Visible Atmospherically Resistant Index</i> ) i NGRDI ( <i>Normalized Green Red Difference Index</i> )

RGB kamere su komercijalno dostupne i posjeduju različite prostorne rezolucije. Snimaju visoko razlučive digitalne slike koje se prenose na široki spektar aplikacija (Bugarin, 2022). Standardna su oprema većine bespilotnih letjelica – dronova, jer predstavljaju idealno i povoljno rješenje za praćenje vegetacije. Često se RGB kamere stavljaju u kombinaciji s drugom vrstom kamere, kako bi se povećao broj informacija koje se dobivaju letovima. Dronovi koji imaju multispektralne i RGB kamere omogućuju snimanje zračenja infracrvenog dijela elektromagnetskog spektra bez utjecaja na usjeve. (Lemić et al. 2021).

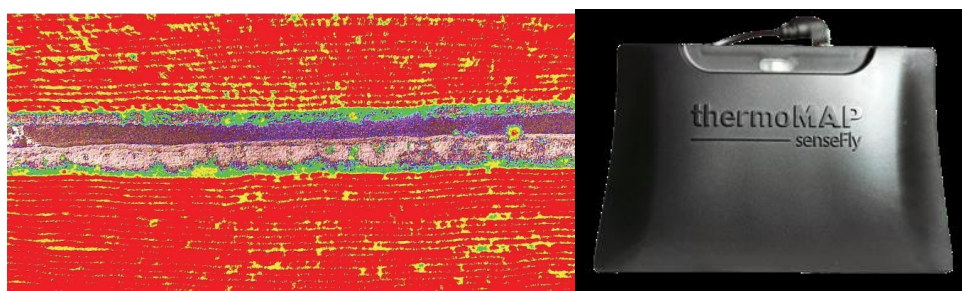


Slika 12. Canon S110 kamera NIR (Krevh, 2018).

Kamera NIR, koja radi i u RE (eng. *red-edge*) području. Ona učinkovito detektira biljni stres čime pomaže u upravljanju navodnjavanja, te registrira svaku pojedinu biljku itd.

#### 4.1.2. Termalne kamere

Termalne kamere otkrivaju infracrveno zračenje poljoprivredne površine. Više temperature emitiraju više infracrvenog zračenja, a termalna kamera registrira i prikazuje vruća i hladna mjesta na snimanom prostoru.



Slika 13. Termalno IR Svjetlo (0,700µm - 14.000µm ) i Kamera: model ThermoMAP (Krevh, 2018).

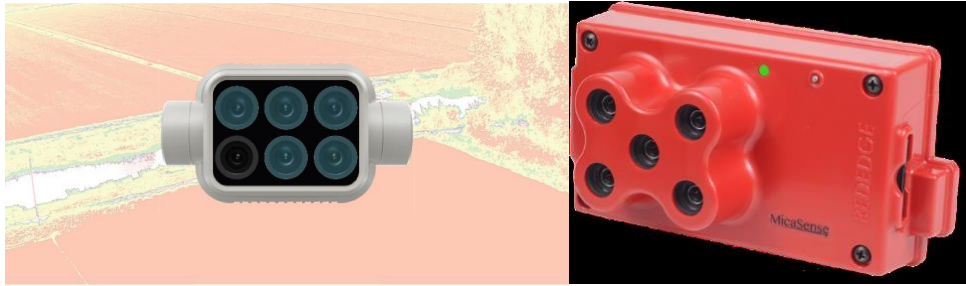
Tablica 4. Funkcije termalne kamere (Lemić et al. 2021).

Daje Indeks stresa vlage usjeva - CWSI	CWSI ( <i>Crop Water Stress Indeks</i> ) je indeks vegetacije koji predviđa razinu vode u biljkama. Termalnom kamerom se dobiva CWSI karta.
Navodnjavanje	Termalna kamera detektira područje pod vodnim stresom, i usmjerava raspored navodnjavanja, te omogućuje brzu reakciju.
Broji stoku	U stadu svaka životinja ima specifičan toplinski trag. Infracrvene kamere bilježe te pojedinačne tragove i omogućavaju brojanje stoke, štedeći vrijeme i energiju.
Slika zdravlje stoke	Slika termalne kamere daje uvid u bolesne ili zaražene životinje koje imaju abnormalne tjelesne temperature, čime omogućava brzo prepoznavanje životinje u nevolji.

Termalne kamere povezane s GPS-om detektiraju simptome folijacije i širenje bolesti. Slike pokazuju razinu upijanja pesticida, količinu klorofila i nedostatak vode. (Lemić et al. 2021).

#### 4.1.3. Multispektralne kamere

Ova vrsta kamera sastoji se od senzora koji primaju različite specifične valne duljine svjetlosti izvan našeg vidljivog spektra. Ova vrsta kamera radi kao spoj RGB kamere i termalne kamere. Multispektralna fotografija u poljoprivredi bilježi zeleno, crveno, Red Edge i blisko infracrveno svjetlo (NIR) s ciljem prikupljanja informacija poljoprivrednim iz spektra nevidljivog ljudskom oku.



Slika 14. Multispektralna kamera - bespilotne letjelice model Red Edge (Mica Sense) (Krevh, 2018).

Tablica 5. Funkcije Multispektralne kamere (Lemić et al. 2021).

Indeksi vegetacije	Multispektralne kamere prikupljaju i obrađuju podatke iz širokog spektra ortomozaičnih karata (2D karte), uključujući NDVI, GNDVI, NDRE, LCI i OSAVI.
Procjena zdravlja usjeva	Ortomozaici prenose informaciju o zdravlju usjeva. NDVI indeks izračunava se na temelju količine bliske infracrvene (NIR) svjetlosti koja se odbija od lišća usjeva. Zdravi listovi reflektiraju više NIR svjetlosti, dok bolesni, stresni ili dehidrirani listovi apsorbiraju više NIR svjetlosti.
Analiza tla	Multispektralni podaci mjere plodnost tla i prepoznaju područja na kojima nedostaju hranjive tvari. Informacije pomažu upravljanje zemljištem, daju podatke pri donošenju odluke o primijeni gnojiva ili dušika
Analiza navodnjavanja	Voda koja isparava hladi, a multispektralni senzor otkriva temperaturnu razliku i bilježi blisko-infracrvene valne duljine. Informacije ukazuju nedostatno ili prekomjerno navodnjavanje

Multispektralne kamere često se ugrađuju u dronove, ali zbog cijene nisu toliko zastupljene kao RGB kamere.

#### 4.1.4. Hiperspektralne kamere

Hiperspektralnom kamerom provodi se daljinsko istraživanje s puno spektralnih kanala u elektromagnetskom spektru, visoke spektralne razlučivosti. Hiperspektralne kamere prikupljaju više informacija od multispektralnih jer njihovi spektralni kanali obuhvaćaju šire područje. Hiperspektralne kamere, za razliku od kamere koje registriraju energiju u vidljivom dijelu spektra i postižu vrhunske prostorne razlučivosti u samo nekoliko stotinjaka grama, i dalje nisu na toj razini.





Slika 15. Hiperspektralna kamera - model za bespilotne letjelice model OCI-UAV-1000 (Krevh, 2018).

Tablica 6. Funkcije Hiperspektralne kamere (Lemić et al. 2021).

Stres biljke	Fotografije bilježe ljudskom oku nevidljive promjene optičkih svojstava biljne mase
Preventiva	Rana detekcija i identifikacija bolesti biljke.

Hiperspektralne fotografije imaju i nedostatke:

1. nisu visoko razlučive,
2. procesiranje slika je zahtjevno,
3. njihova težina i dimenzije nisu svedene na prihvatljivu mjeru u poljoprivredi,
4. nabavna cijena im je jako visoka, te nisu često u upotrebi u poljoprivredi.

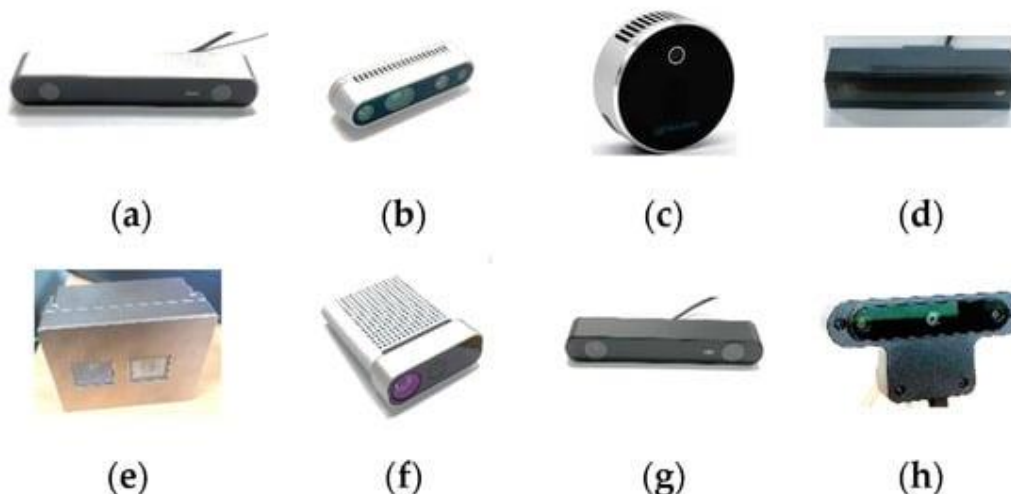
#### 4.1.5. Stereo i dubinske kamere

Kamera ima dvije ili više leća s posebnim senzorom slike za pojedinu leću, te simulira ljudski vid s dva oka. Iz tog razloga ima mogućnost snimanja trodimenzionalnih slika. Ova vrsta kamere često projicira infracrveno svjetlo kako bi se poboljšala točnost podataka. Stereo kamere mogu koristiti bilo koje svjetlo za mjerenje dubine. Ova dubinska kamera nema ograničenja za korištenje u određenom prostoru, te ne ometa druge kamere u radu.



Slika 16: Intel RealSense kamera D455 (Prpić, 2022).

Intel RealSense D455 kamera je dubinska stereo kamera koja uz standardnu RGB sliku daje informaciju o dubini svakog piksela u slici. Spaja se na računalo. Omogućava prikaz slike u različitim rezolucijama. Uz maksimalnu rezoluciju za RGB sliku (1280x800) moguće je postići 30 slika u sekundi. Smanjenjem rezolucije postiže se 60 slika u sekundi dok za dubinsku iste rezolucije moguće je postići 90 slika.



Slika 17. Dubinske kamere: (a) ZED, (b) RealSense D435, (c) RealSense LiDAR L515, (d) Kinect v2, (e) Basler Blaze 101, (f) Azure Kinect, (g) ZED 2 i (h) OAK-D. (Neupane et al., 2021)

#### 4.1.6. Sonar - Radar

Sonar je instrument koji ima sadrži uređaj koji prikuplja podatke, posjeduje autonomni izvor energije kojim odašilje i prima reflektiranu energiju. Tijekom leta emitira svjetlost po analiziranom prostoru, a potom mjeri vrijeme refleksije. Emitirani elektromagnetski val se prima, pojačava i obrađuje, te se na osnovu raspršenosti i reflektiranja s površine stvara slika objekta.



Slika 18. NanoSAR B - primjer radarske kamere (Krevh, 2018).

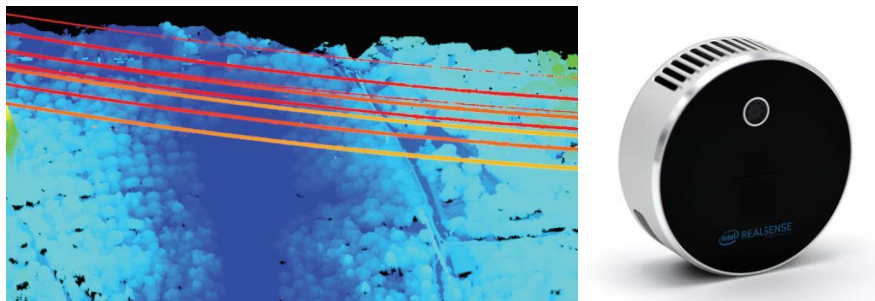
Tablica 7. Funkcije Sonara (Lemić et al. 2021).

Mapiranje terena	gustoća sklopa terena
Zaštita biljaka	digitalna aplikacija pesticida ili gnojiva

Primarni nedostatak SONAR-a osjetljivost je na turbulencije i nije moguće postići pouzdan rad senzora u nemirnom okruženju (zrak). Iz tog razloga više se koristi za podvodna istraživanja. Ima problem interferencije s drugim kamerama u istom prostoru. Svjetlost koja dopire do senzora a nije iz svjetlosnog snopa kamere kvvari dubinsku sliku Osjetljivost na pozadinski šum i mogućnost obrade manjeg broja uzoraka od LiDAR-a smanjuje mu upotrebu u poljoprivredi. (Lemić et al. 2021).

#### 4.1.7. LiDAR

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) mjeri reflektiranu svjetlost na ciljanom području. Djeluje na principu visoko preciznog oblaka laserskih točaka na određenoj površini.



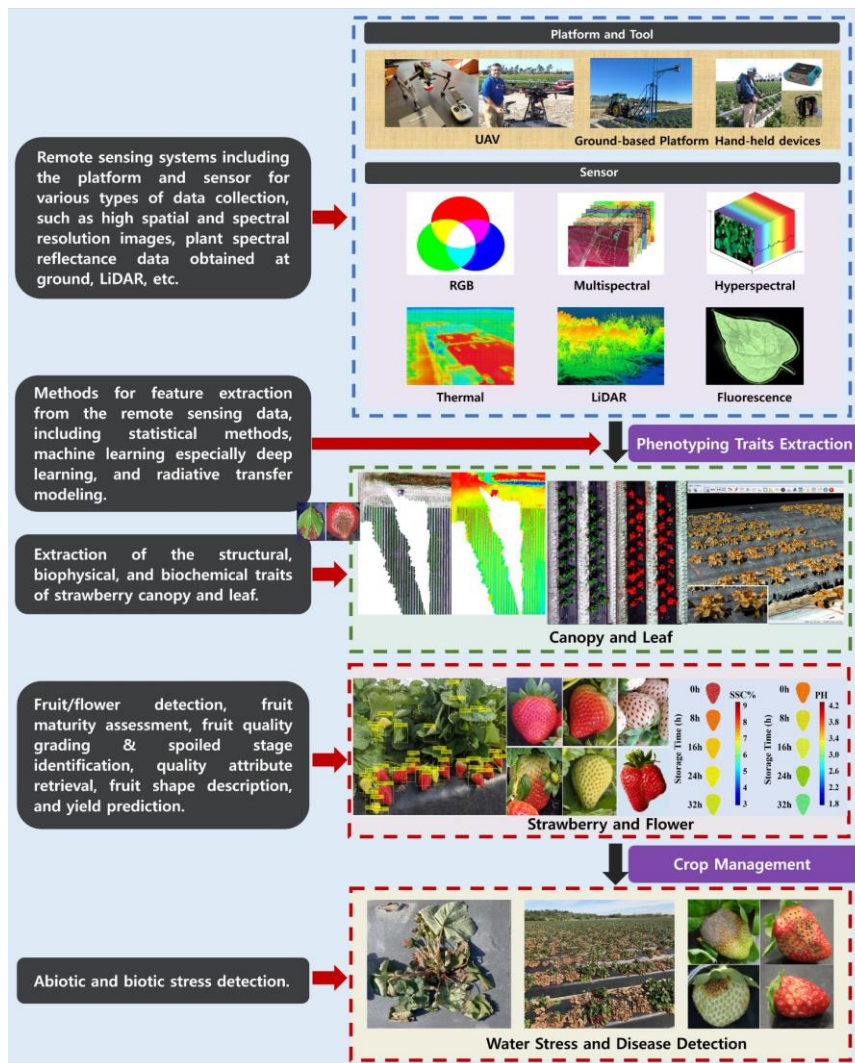
Slika 19. LiDAR (3D Point Cloud, mapiranje kontura) Slika 19a: Intel RealSense kamera L515 (Prpić, 2022).

Tablica 8. Funkcije LiDARa (Lemić et al. 2021).

Detaljni 3D oblaci točaka, mapiranje kontura	LIDAR pomaže u izradi 3D podloge visoke razlučivosti. Konturne karte pomažu: u planiranju navodnjavanja ranom upozorenju na eroziju tla.
Precizan izračun visine i volumena biljke, stabla ili nadstrešnica	Laserski impulsi LIDAR-a prodiru u lisnu masu ova je tehnologija pogodna za mjerenje visine stabla ili nadstrešnica.

LiDAR je osjetljiv na odstupanja u duljini puta lasera. Zbog cijene nije zaživio u primijenjenoj poljoprivredi. (Lemić et al. 2021).

Različiti oblici daljinskog istraživanja mogu dati mnoštvo korisnih informacija o stanju biljaka u vrijeme uzgoja, kao i o pravovremenoj zaštiti, te vremenu berbe.



Slika 20. Praktična primjena različitih senzora i kamera u proizvodnji jagoda; niz informacija dobivenih nakon što su nasadi jagoda praćeni kamerama i sensorima postavljenim na razne oblike mehanizacije. (Zheng et al. 2021)

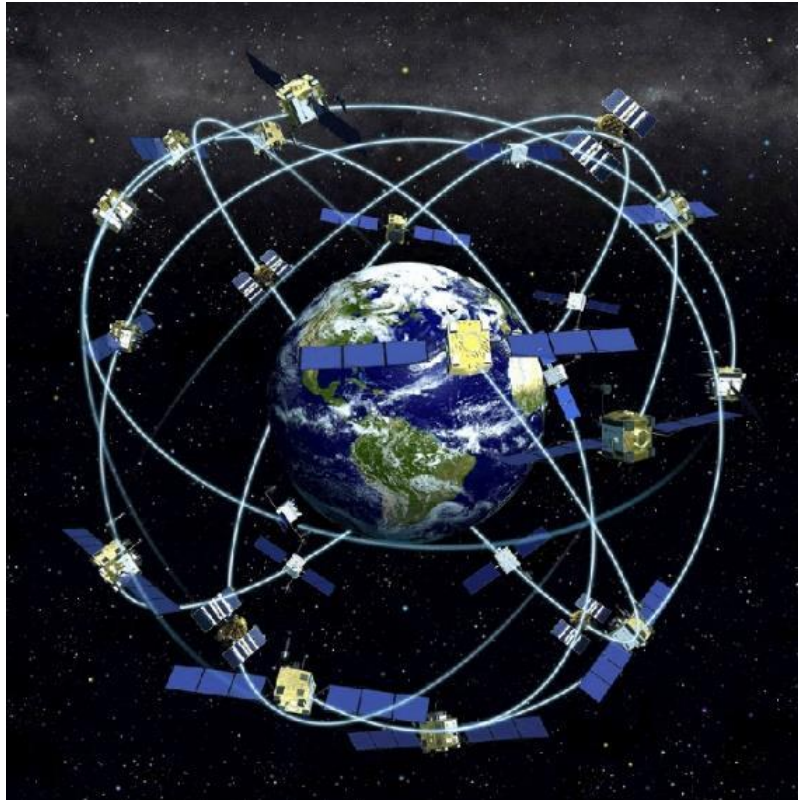
Nakon prikaza vrsta senzora i kamera koje se upotrebljavaju u preciznoj poljoprivrednoj proizvodnji potrebno je uvidjeti gdje se sve te kamere primjenjuju.

## 4.2. Primjena kamera

Kamere se mogu postaviti na raznovrsne uređaje, u mnogostrukom kombinacijama i veoma su korisne u preciznoj poljoprivrednoj proizvodnji, nadasve u daljinskom istraživanju i praćenju.

## 5. Sateliti

Prvi satelit lansiran je u orbitu radi vojne zaštite zemlje, a potom je stvoren Američki mornarički navigacijski sustav NNSS (*Navy Navigation Satellite System*), danas znan kao TRANSIT sustav. Zbog manjkavosti broja satelita razvijen je novi sustav NAVSTAR GPS (*Global Positioning System*). Taj satelitski sustav omogućuje, u svim vremenskim uvjetima, precizno određivanje pozicije, brzine i točnog vremena u jedinstvenom koordinatnom sustavu bilo gdje na površini Zemlje ili u blizini Zemlje.



Slika 21. GPS sateliti- formacija oko Zemlje (Ćosić, 2021).

Nakon što je stvoren NAVSTAR GPS sustav, koji je uvelike olakšao vojsci praćenje i nadzor zemlje, pokazala se potreba za pristupom takvim vrstama podataka i u civilne svrhe, poglavito u geodeziji te se razvija od 1962.g. a od 1980.g. je i u civilnoj upotrebi. GPS signal dostupan je gotovo svugdje na površini i u zraku putem 4 – 12 satelita.

Usavršavanjem GPS prijemnika postiglo se da postane osnovno sredstvo u geodeziji, kartografiji i u daljinskim istraživanjima u poljoprivredi, jer je neophodan za navođenje poljoprivrednih strojeva.

Usavršavanjem sustava visoke preciznosti radi smanjenja troškova i pristupačnosti došlo do razvitka tehnologije, te su nastali civilnoj službi pristupačni uređaji.

RTK (*real time kinetic*) je verzija GPS sustava koji daje u 1 cm preciznu lokaciju pri kretanju. Potrebna je zemaljska ili bazna stanica u blizini rovera kao i radio podatkovnu dvofrekventnu vezu.



Slika 22. RTK statička bazna stanica (Ćosić, 2021).

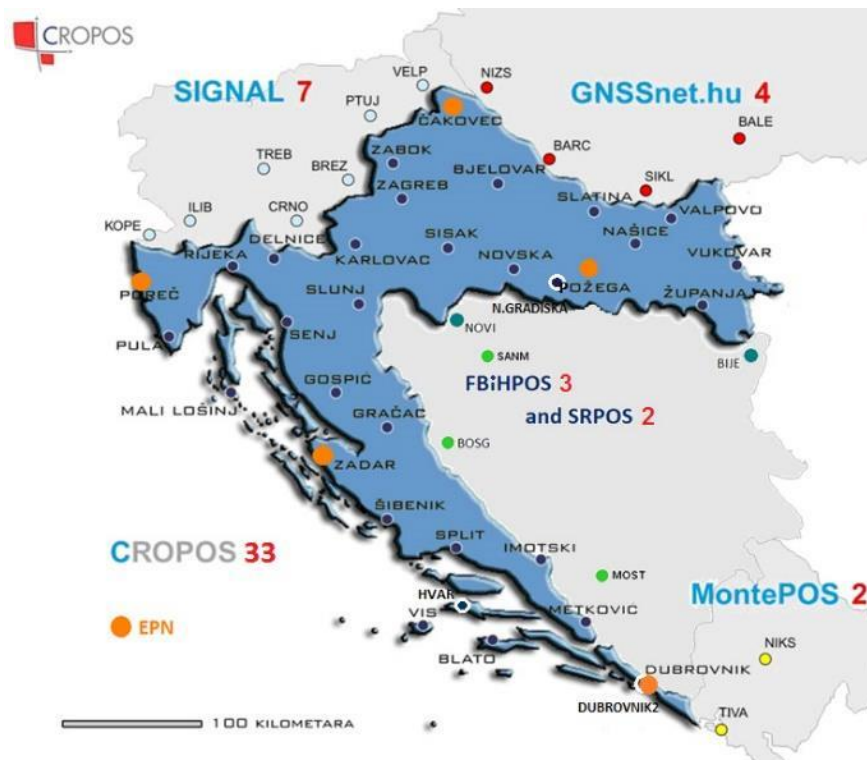


Slika 23. RTK mobilna stanica (Ćosić, 2021).

Ovaj sustav baza je za automatsko vođenje poljoprivrednih strojeva te se postiže 15% veća preciznost u radu u odnosu na ručno upravljane strojeve. Postoji i modemska veza za nepristupačne terene. Danas se radni strojevi proizvode s već ugrađenom opremom.

GNSS globalni navigacijski satelitski sustav daje digitalni model terena i vegetacijski indeks koji su temeljna podloga za određivanje karakteristika poljoprivrednog područja. Ugrađuje se u bespilotne sustave za navođenje strojeva i opreme na polju. Koristi se za detekciju podzemnih voda, morfoloških karakteristika zemljišta, vegetaciju ali i za točno pozicioniranje stroja. (Sito et al. 2016). Iz razloga velike primjenjivosti GNSS sustava razvijene poljoprivredne zemlje imaju vlastite sustave zbog ekonomizacije upravljanja poljoprivrednim poslovima.

U Hrvatskoj GNSS sustav grupiran je u CROPOS sustav (*CROatian POsitioning System / Hrvatski pozicijski sustav*) kao državna mreža s 33 referentne GNSS stanice koje su ravnomjerno raspoređene na udaljenosti od 70 km, i prekrivaju područje Hrvatske. Podatke koje referentne stanice kontinuirano prikupljaju šalju se u kontrolni centar, koji ih provjerava i obrađuje te ujednačuje mjerenje i izračunava korekcijske parametre. Ti korekcijski parametri koriste se na terenu preko mobilnog interneta i standardiziranog NTRIP protokola (eng. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) (Krevh, 2018).



Slika 24. CROPOS sustav - položaj referentnih stanica (Krevh, 2018).

CROPOS sustav omogućava poziciju i navigaciju na cijelom području Hrvatske s jednakom preciznošću i uz primjenu modernih metoda mjerenja i tehnologije. Republika Hrvatska je uspostavom CROPOSA održala korak s razvijenim zemljama (Krevh, 2018).

## 5.1. Automatski navodena vozila

Napredak poljoprivrede ustanovio je potrebu za alternativnim metodama uništavanja korova i manju upotrebu konvencionalnih kemijskih sredstava, a usporedno s time narasla je što je uvjetovalo potražnju za inteligentnim i preciznim tehnikama održavanja usjeva inovativnim rješenjima. Automatski vođeni sustavi trebaju imati visoku razlučivost redove bilja od tla, korova i organskih tvari kako bi samostalno odlučio o primijeni određenog procesa kultivacije. (Ćosić, 2021).

Napretkom precizne poljoprivrede uz primjenu GNSS-a ili laserskog sustava veliki se broj operacija može izvoditi bez prisutnosti vozača. Ovi sustavi imaju GPS, infracrvene senzore, strojni vid, detekciju, rangiranje svjetlosti (LiDAR), ultrazvučne senzore, i lasersko navođenje te automatski navode i prate vozilo tijekom aktivnosti uključujući i priključke, ali uz aktuatora koji kontroliraju oba elementa (Ćosić, 2021).

1. Sustav strojnog vida (spektar: crveni (R), zeleni (G) i plavi (B)), obrađuje sliku s ciljem identifikacije spektra kroz index vegetacije: zelena se primjenjuje za identifikaciju biljke; dok se zelena i plava koriste za analizu tla (organski sastav i vlaga).

Tablica 9. Ocjena svojstava pojedinih osjetilnih uređaja na autonomnim vozilima (Ćosić, 2021).

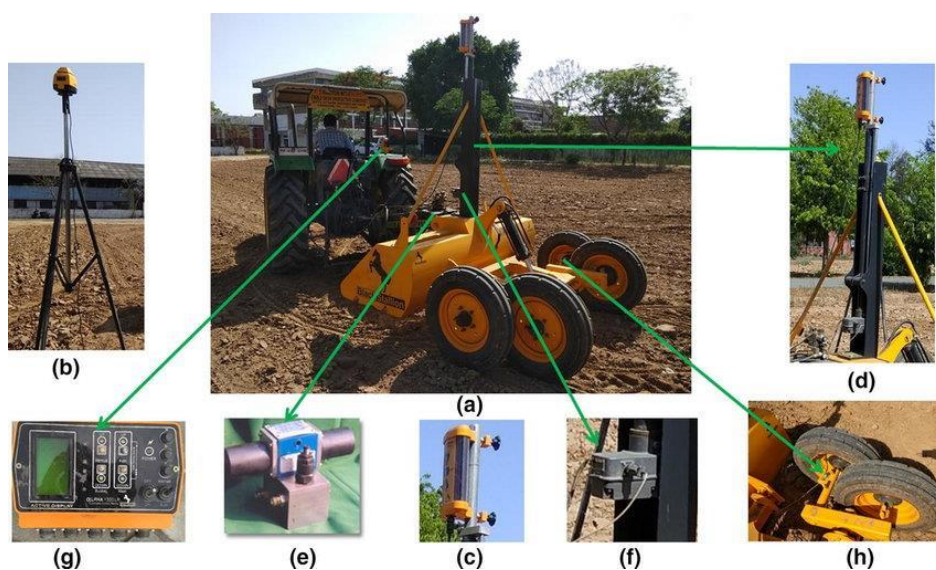
SVOJSTVO	Jednostruka kamera	Stereo kamera	Laser	Radar	Ultrazvučni senzor	3D kamera
Domet	Prosjek +	Prosjek -	Dobar	Dobar	Loš	Prosjek -
Otpornost na svijetlo	Prosjek -	Prosjek +	Dobar	Dobar	Dobar	Dobar
Otpornost na laku prašinu	Dobar	Dobar	Prosjek	Dobar	Prosjek +	Prosjek +
Otpornost na tešku prašinu	Loš	Loš	Loš	Dobar	Loš	Loš
Prostorna Razlučivost	Dobar	Prosjek	Prosjek +	Loš	Loš	Prosjek +
Održavanje	Dobar	Loš	Loš	Dobar	Dobar	Prosjek
Cijena	Dobar	Prosjek	Loš	Prosjek	Dobar	Loš

2. Lasersko navođenje vozila: uzgojene površine nemaju idealno ravnu površinu. Vozila se moraju kretati po ispravnoj putanji što se postiže odbojnicima (aktuatorima) putem strojnog vida, ali se također koriste i laserski pokazivači kao stabilne reference koji se postavljaju na kraj reda.

Sustav se sastoji od: laserskog odašiljača,

- 1.a. prijemnika,
- 1.b. kontrolnog sustava u traktoru i
- 1.c. aktuatora (odbojnika).

Moguće je ugraditi dvije LED diode s lijeve i desne strane traktora radi upozorenja vozaču i kompenzacije odstupanja.



Slika 25. Dijelovi sustava laserskog navođenja: a) Laserski navođen priključni grejder b) Laserski odašiljač c) Laserski prijemnik d) Energetski jarbol e) Dvoradni magnetni prekidač f) Istosmjerni motor g) Senzor blizine smješten na h) kotačima (Ćosić, 2021).



U arborikulturi se pedesetak godina primjenjuje suvremena mehanička tehnologija za uzgoj, radi nedostatka radne snage i visoke cijene ljudskog rada. Niski trošak rada s daljinskom mehanizacijom, njezina dostupnost, poboljšani urod i smanjenje vremena potrebnog za proizvodnju dodatno su motivirali uvođenje ove vrste rada u arborikulturu. Svi veliki proizvođači poljoprivrednih vozila danas nude određenu razinu automatskog navođenja vozila. Koriste se traktori, kombajni i multifunkcionalne samohodne platforme kao pomoć u provođenju agrotehničkih mjera u voćnjaku, te e njihovom upotrebnom skraćuje vrijeme rada i povećava preciznost.

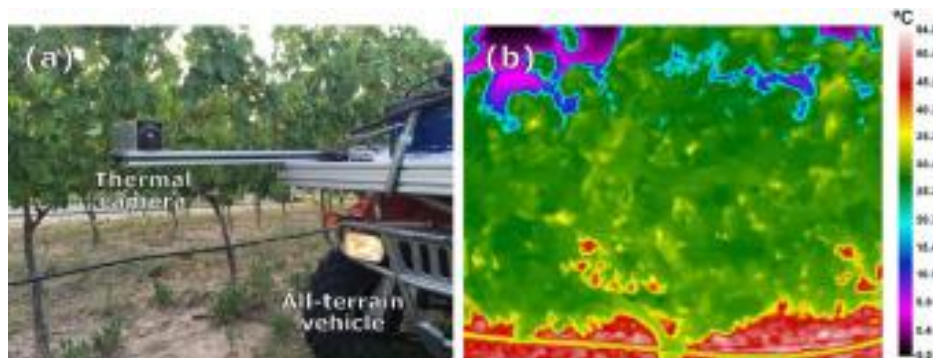
Samohodne platforme:

1. olakšavaju rezidbu pneumatskim škarama (od 1960.g.)
2. olakšavaju berbu (Jatoi et al. 2017).



Slika 26. Samokretna platforma „Pluk-O-Trak Junior“ (Sito et al. 2016).

Problem samokretnih platformi su njihove veliki gabariti, sporo se kreću po nasadu, i imaju prazan hod kad ulaze i izlaze iz redova voćki. Kako nemaju opciju nošenja napunjenih box paleta do uvratine voćnjaka, potrebno ih je pratiti s traktorom ili viličarom koji napunjenu paletu nosi na uvratinu, i zamjenjuje je praznom u platformi kako bi ona nastavila s radom (Sito et al. 2016).



Slika 27. Termalna kamera montirana na mobilnu platformu i 26b) termalna slika vinove loze (Tardaguila et al. 2021).

Platforme i kombajni osobito su korisni u berbi bobičastog voća jer je za tu proizvodnu operaciju uvijek bila potrebno puno ljudi i dugo je trajalo, kvaliteta berbe bila je loša, a troškovi veliki. Zbog toga sredinom prošlog stoljeća počeli su se razvijati strojevi za branje bobičastog voća, i razvijeni su različiti modeli za strojno branje koji imaju manji trošak rada, i visoku kvalitetu branja (Jatoi et al. 2017).



Slika 28. Kombajn za berbu malina (Jatoi et al. 2017).



Slika 29. Kombajn za berbu borovica (Jatoi et al. 2017).



Slika 30. Platforma za berbu borovnica (Jatoi et al. 2017).

Početkom dvadesetog stoljeća razvijena je suha metoda branja brusnica ručnim grabilicama, potom s modelima berača na guranje. U posljednje vrijeme brusnice se beru mokrom metodom. Cijelo polje natopi se vodom tako da bobice plutaju na površini vode. Onda se pomoću kotrljala za prikupljanje vode guraju u jedan kut polja gdje se sakupljene ispumpaju na prijenosnu traku koja ih dovodi do spremnika za transport ili za zamrzavanje (Jatoi et al. 2017).



Slika 31. Mokra berba brusnica (Jatoi et al. 2017).

## 6. UAV – Dronovi

UAV – (*Unmanned Aerial Vehicles*), su bespilotne letjelice za prikupljanje informacija upravljive sa zemlje a opremljene složenom opremom. Često se susreću i pod nazivima: UAS – *Unmanned Aerial System*, RPAS - *Remotely Piloted Aircraft System*, a nazivaju se dronovima (eng. *drone*). (Krevh, 2018).

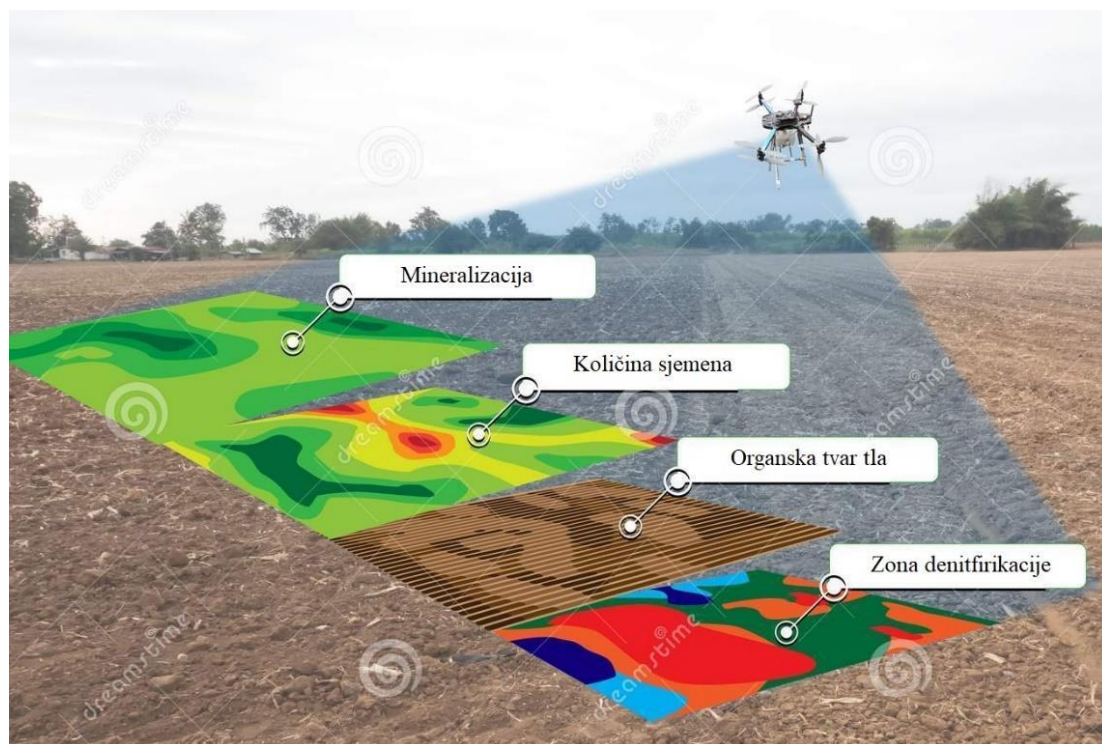
Još 1915.g. Nikola Tesla je u disertaciji opisao naoružani bespilotni zrakoplov dizajniran za obranu Sjedinjenih Američkih Država i prvi dao koncept drona. Američka vojska je 1917.g. proizvela prvi dron kontroliran radiosignalom. Od tada letjelice se neprestano usavršavaju a primjena im širi. No u civilne svrhe prvi put je dron letio 1979.g., a godinu dana kasnije 1980.g. predstavljen je prvi model u fotogrametrijske svrhe. Najbolju karakteristiku imaju konstrukcije forme cepelina, balona, helikoptera ili aviona.

Razvoj tehnologije ubrzao je i promjene dronova, u koje su ugrađivani:

1. žiroskopski sustavi za povećanje točnosti;
2. sustavi podataka za zrak;
3. radijski zapovjedni sustavi s povećanjem dosega i zaštitom;
4. radijski i radarski sustavi za praćenje;
5. razvoj slikovne obrade u nekoliko valnih duljina i fuziji;
6. izvršenje prekida radijske veze;
7. radijski, laserski i akustični barometri;
8. GPS sustavi;
9. računala velike brzine i komunikacije fokusirane na mrežni rad;
10. “osjeti i izbjegni” tehnologija.

Na početku dronovi su za snimanje iz zraka bili opremljeni sa kamerama analognog zapisa i formata. Nakon razvoja senzora za digitalne snimke, analogne kamere zamijenjene su digitalnim. Konstrukcijski zahtjevi kamere moraju ostati nepromijenjeni u različitim uvjetima (temperatura, atmosferski tlak, vlaga, vibracije i dr.) radi održavanja parametara unutarnje orijentacije (Krevh, 2018).

Dronovi u poljoprivredi prvenstveno promatraju, snimanju i daju korisne podatke čime olakšavaju pravovremenu reakciju na voćnjacima u slučaju potrebe čime povećavaju prinose i posljedično pomažu profitabilnosti. Bespilotni zrakoplovi mapiraju terene, kreiraju 3D karte za analizu pri planiranju sjetve i navodnjavanja. Tlo skeniraju koristeći vidljivi spektar kao i bliski infracrveni spektar te tako prate zdravlje usjeva, razinu prihrane usjeva, registriraju potrebne količine dušika; detektiraju prisutnost štetnih organizama i uočavaju potrebu prskanja usjeva, te lokaliziraju primjenu kemijskih ili bioloških sredstava za zaštitu bilja. (Lemić et al. 2021).



Slika 32. Беспилотне летјелце – примјена при планирању сјетве (Gelenčir, 2022).

Dronovi uglavnom imaju senzore usmjerene prema tlu i prikupljaju svjetlost koja se reflektira od površine. Za daljinska istraživanja u poljoprivredi se koriste mali raspon valnih duljina u vidljivom dijelu spektra, te u dijelu bliskog infracrvenog spektra. Беспилотне летјелце s hiperspektralnim, multispektralnim ili termalnim sensorima mogu otkriti na kojim je dijelovima poljoprivredne površine potrebno navodnjavanje, izračunati vegetacijski indeks kojim se određuje relativna gustoća i zdravlje usjeva (Gelenčir, 2022).

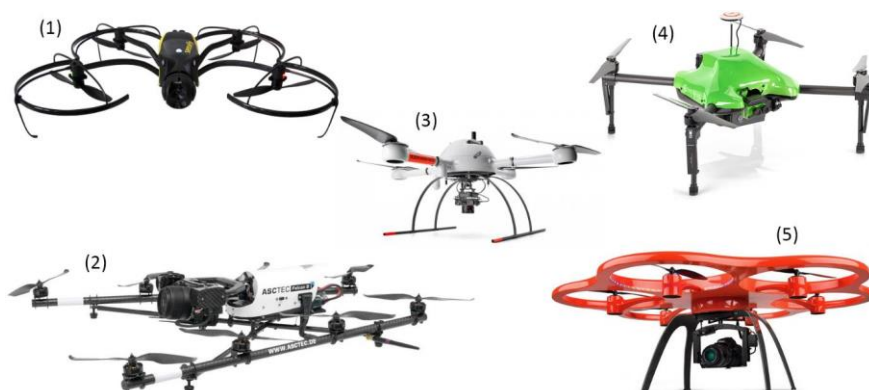
Kamere su kod беспилотних летјелца често смјештене изван корпуса летјелце, те незаштићене од ванјских утјецая па морају бити довољно издржљиве и отпорне. Конструкцијски захтеви камере морају остати непромијенјени у различитим увјетима (температура, атмосферски притисак, влага, вибрације и др.).

Dronovi su primjenjivi jer imaju prihvatljive cijene, a omogućuju praćenje usjeva važnim informacijama za rad, povećanje uroda i smanjenje šteta.

Dronovi se mogu dijeliti prema performansama: masi (od 200 g do 2500 kg), rasponu krila, maksimalnoj visini leta, brzini i dometu (od 5 km do 1500 km). Dron s nepokretnim krilima se ispušta iz ruku, za slijetanje treba veću površinu, ali može duže letjeti i snima velike površine. Dron s pokretnim krilima polijeće s tla, može nositi teret, različite kamere i opremu za tretiranje usjeva. (Lemić et al. 2021).



Slika 33. Dronovi nepokretnih krila: (1) UX5 Multispectral (Trimble); (2) eBee SQ (SenseFly); (3) Ag Eagle RX48 (AgEagle); (4) Disco-Pro AG (Parrot); (5) Lancaster 5 (PrecisionHawk) (Krevh, 2018).



Slika 34. Dronovi s pokretnim krilima: (1) Albris (SenseFly); (2) Falcon 8 (Ascending technologies); (3) mdMapper1000DG (Trimble); (4) Omni AG (Sentera); (5) Aibot x6 (Aibotix) (Krevh, 2018).

Standardna oprema UAV:

1. digitalna kamera s multispektralnim senzorima
2. GPS

Skuplji modeli imaju u opremi:

1. infracrvene,
2. hiperspektralne senzore,
3. optičke radare (LiDAR – *Light Detecting and Ranging*)
4. 3D radare (SAR- *Synthetic Aperture Radars*).

Vrsta kamere određuje predmet praćenja u poljoprivrednoj proizvodnji.

Tablica 10. Dronovi s kompatibilnom kamerom - funkcija (Krevh, 2018).

Vrste drona	Vrste kamera			
	RGB	Multispectral	Thermal	LIDAR
MAVIC 2 PRO	Hasselblad LID-20c	-	-	-
P4P V2.0	+	-	-	-
P4 RTK	+	-	-	-
M210 RTK V2	+	+	+	+
M600 PRO	+	+	+	+
P4 MULTISPECTRAL	+	+	+	-

Radi postizanja optimalnih rezultata pri upotrebi potrebno je osigurati odgovarajući dron. Dronovi još uvijek nisu široko zastupljeni u poljoprivrednoj uporabi. U Hrvatskoj je korištenje dronova regulirano je *Pravilnikom o sustavima bespilotnih zrakoplova* koji propisuje uvjete za sigurnu uporabu dronova operativne mase do 150 kg. (Lemić et al. 2021).

Tablica 11. DJI-evi dronovi i njihova uloga u poljoprivredi (Krevh, 2018).

Funkcija	MAVI C2 PRO	P4P V2. 0	P4 RTK	M210 RTK V2	M600 PRO	P4 MULTI- SPECTRA L	AGR AS T30	AGR AS T10
Prskanje usjeva (Gnojivo, herbicid, Fungicid, Pesticid)	-	-	-	-	-	-	+	+
Indeksi vegetacije	+	+	+	+	+	+	-	-
Procjena zdravlja usjeva	-	-	-	+	+	+	-	-
Analiza tla	-	-	-	+	+	+	-	-
Analiza navodnjavanja	-	-	-	+	+	+	-	-
Broj biljaka i procjene prinosa	+	+	+	+	+	+	-	-
Mjere visinu stabla ili visinu nadstrešnica	-	-	-	+	+	-	-	-
Broje stoku	+	+	+	+	+	+	-	-
Zdravlje stoke	-	-	-	+	+	+	-	-
Izviđanje terena	+	+	+	+	+	+	-	-
Fotogrametrija, Izviđanje i mjerjenje područja. Mapiranje	+	+	+	+	+	+	-	-
Detaljno 3D Modeliranje, Mapiranje kontura	-	-	+	+	+	-	-	-
Primjena kod osiguranja	+	+	+	+	+	+	-	-

Dronovi opremom cjenovno se razlikuju ovisno o namjeni. U usporedbi s poljoprivrednim strojevima, dronovi su povoljniji te mogu vrlo brzo ostvariti povrat ulaganja jer dolaze s računalnim programom koji analizira dobivene podatke. (Lemić et al. 2021).



## 7. Roboti

Roboti opremljeni kamerama imaju primjenu prilikom obavljanja različitih proizvodnih procesa. Kamere su jedan od ključnih komponenata koji se ugrađuju u robote, i od vrste procesa koji robot obavlja, ovisi i kombinacija kamera koje će se u njega ugraditi.

Vrsta krajnjih efekatora ovisi o vrsti interakcije: hvataljke za branje voća, rotirajuće motike za mehaničko uklanjanje korova, prskalice za primjenu herbicida, detektori za mjerenje dušika.

Manipulatori robotske ruke su praktični kao pomoć prilikom primjene pesticida na poljoprivrednom zemljištu. Oni imaju preciznu kontrolu nad mjestom i količinom upotrijebljenog pesticida.



Slika 35. Robotska ruka u primijeni pesticida u plasteniku (Ćosić, 2021).

Primjena robota u plasteniku:

1. Identifikacija položaja
2. Predviđanje veličine zrelih plodova
3. Lociranje zrelih plodova u krošnji ili na stapki (Hsieh et al. 2021).



Slika 36. Mobilni robot u stakleniku (Hsieh et al. 2021).

Mobilni roboti ili robotska ruka su praktični u branju voća. Robotske ruke su dobar odabir za selekciju u berbi, jer imaju izvršni element prilagodljiv odabiru ili dohvaćanje bilo kojeg predmeta. Alati za rezanje kojima se obavlja berba povrća poput brokule isto tako zahtjeva precizno i pažljivo rukovanje i skladištenje selekcioniranog (Ćosić, 2021).



Slika 37. Robotska ruka bere rajčice (Ćosić, 2021).

Za branje mekanih plodova postoje mekani manipulatori koji selektivno beru gljive, slatke paprike, rajčice, maline, kupine i jagode.



Slika 38. Robotski berač jagoda (Jatoi et al. 2017).



Slika 39. Berba malina mekim manipulatorom (Ćosić, 2021).

1. Roboti su se primjenjivi kod ponovljivih poslova u poljoprivredi i hortikulturi: precizno obavljaju razne funkcije,
2. štede ljudski rad,
3. štede vrijeme
4. daju više pravovremenih informacija.

Unapređuju poljoprivrednu jer omogućavaju:

1. ekonomičnost,
2. profitabilnost,
3. vrše pregled usjeva,
4. točkasto prskaju korov mikro dozama,
5. suzbijaju štetočine u tlu,
6. vrše ciljanu gnojidbu,
7. vrše košnju livada,
8. obavljaju žetvu,
9. vrše transport.



Slika 40. Kontrola zdravlja usjeva robotom tipa Ladybird (Ćosić, 2021).



Slika 41. Košnja livada, voćnjaka i vinograda robotom tipa Greenbot, (Ćosić, 2021).



Slika 42. Kemijsko suzbijanje korova robotom tipa Rippa, (Ćosić, 2021).



Slika 43. Obavljanje općih poslova u voćnjaku i vinogradu robotom tipa Căsar, (Ćosić, 2021).



Slika 44. Prorjeđivanje lišća u vinogradu robotom tipa Naio (Ćosić, 2021).

U proizvodnom procesu može se upotrijebiti flota robota tj. više jedinki koje međusobno surađuju što je posebno važno na velikim površinama jer pametni strojevi mijenjaju repetitivni ljudski rad.

Flota robota šalje veliki broj aktiviranih signala koji se moraju istovremeno obraditi. Važno je ograničiti i uskladiti broj robota u floti kako bi senzori, aktuatori i računala ili kontrolori mogli na vrijeme isporučiti podatke koji moraju biti promptno obrađeni kako bi se smanjilo i skratilo vrijeme kvarova. Zbog manjkavosti jedne komponente staje sijela flota. (Ćosić, 2021).

## 8. Pregled dosadanjih istraživanja o primjeni kamera u voćnjacima

Istraživanje primjene kamera u voćnjacima je samo jedan vid istraživanja o primjeni kamera u poljoprivredi. Svakako ulazi u praktični istraživački rad, koji se primjenjuje na arborikulture odnosno uzgoj maslina, vinove loze i voćaka. Ovaj vid istraživanja relativno je nov. U ovom radu nije moguće pokriti sve ono što je do sada objavljeno, jer se svakog trena objavljuju noviji radovi.

Kako bi se moglo pristupiti takvoj vrsti istraživanja prije toga se moralo postaviti temelj za praktični rad istraživanjem raznih tehnologija precizne poljoprivrede i daljinskog istraživanja. Istraživanja snimaka, i mapiranja različitim vrstama kamera, i njihovih kombinacija ugradnje u razne tehnološke inovacije dolazilo se do rezultata koji su poboljšavali poljoprivrednu proizvodnju.

Paralelno su se razvijala istraživanja primjene tehnologija s ugrađenim kamerama:

1. sateliti,
2. automatska vozila,
3. dronovi,
4. roboti.

Većina ovih istraživanja odvijala se na poljoprivrednom terenu, praktičnim uvidom u rezultate prikazane na usjevima. Pregled smo podijelili na istraživanja u našoj domovini i ona u inozemstvu.

### 8.1. Istraživanja u Hrvatskoj

Istraživanja u Hrvatskoj zaostaju za svjetskom znanstvenom produkcijom jer:

- proračun nije u mogućnosti poduprijeti opsežna istraživanja
- potpora iz fondova EU je novijeg datuma

stoga ne čudi da se broj radova svodi na nekoliko desetaka, ali ukazuje na upućenost u moderne svjetske znanstvene trendove.

Do prije desetak godina daljinska istraživanja u poljoprivredi u Hrvatskoj nisu se često primjenjivala. Na primjer u istraživanju kako dovoljno hranjivima opskrbiti tlo doline Neretve na kojem se uzgajaju mandarine uopće nisu upotrijebljene novije tehnologije precizne poljoprivrede (Gluhčić, 2006), dok se u pregledu o razvoju uzgajanja mandarina u dolini Neretve spominje kako bi razvoj tehnologije unapredio proizvodnju, a kamere i ostala sredstva daljinskog istraživanja se uopće ne spominju (Kaleb, 2014).

Istovremeno se započinju pisati radovi o osnovama daljinskog istraživanja poput rada o računalnim metodama za detekciju vegetacije, a njihovi rezultati su primjenjivi za poljoprivrednu proizvodnju (Harbaš, 2014). Iz ruku tehnologa i elektrotehničara ova istraživanja polako prelaze u sferu interesa geodeta koji pišu o vegetacijskim indeksima (Rumora et al., 2016) i (Vela et al., 2017). Istraživanja o evapotranspiracija i zalih vode u tlu spominju noviju tehnologiju (Ferina, 2014). U radu o načinima zaštite bilja tehničkim i tehnološkim aspektima precizne poljoprivrede preporučuju se najbolji instrumenti koji u sebi sadrže kamere (Jurišić et al. 2015).

Daljinska istraživanja često su teme završnih i diplomskih radova na sveučilištima u Zagrebu, Rijeci i Osijeku:

- praktična primjena suvremene tehnike rezidbe (Jelčić, 2013),
- usporedba tehničkih karakteristika vučene platforme u odnosu na samokretnu tijekom berbe jabuka (Jelčić, 2016),
- mogućnostima primjene IoT tehnologija (*Internet of Things*/Internet stvari) kao sustava povezanih uređaja u poljoprivredi (Biočić, 2020),
- primjena bespilotnih letjelica u poljoprivredi (Krevh, 2018),
- povoljne mobilne aplikacije za pametne telefone koji unapređuju voćarstvo (Kekelić, 2021).

Istraživanje utjecaja kamera u uzgoju iziskuje interdisciplinarni rad tima znanstvenika iz više različitih područja. Uz to nedostaju radovi koji bi doista promatrali kamere i uzgoj voćaka, no ima mnoštvo radova koji uključuju u svoje istraživanje sustave u čijem su sklopu kamere. Provedana su istraživanja:

- strojna sadna maslina pomoću GPS-a i lasera (Sito et al. 2013),
- sadnja vinove loze navođenjem laserom i GPS-om, (Sito et al. 2014),
- radni učinak tijekom berbe uz samokretnu platformu (Sito et al. 2016),
- mehanizacija u uzgoju i postupcima poslije berbe u proizvodnji bobičastog voća u suradnje s Pakistanom (Jatoi et al. 2017).

Dronovi su postali predmet zanimanja uglavnom tehnoloških članaka:

- UVA za potrebe fotogrametrije (Kolarek, 2010);
- UVA SenseFly Swinglet (Govorčin et al. 2012);
- UVA podržane INS i GNSS sensorima (Pavlik et al. 2014),
- Dronovi u poljoprivredi. (Vukadinović 2016),
- Primjena dronova i GIS-a u preciznoj poljoprivredi. (Lugonja i Krušelj, 2021),
- UVA kao alat za poljoprivredu. (Lemić et al. 2021).

U njima su prezentirani načini i svrhovitost uvođenja precizne daljinske tehnologije u poljoprivrednu proizvodnju kako bi se poboljšali rezultati uzgoja. Članci su nastali su kao odgovor na potrebu poučavanja i upućivanja u rad s dronovima, te kao promotivni materijal.

Radovi koji istražuju poboljšanje uzgoja poljoprivrednih kultura daljinskom tehnologijom istražuju:

- kako smanjiti troškove mehanizacije u voćarskoj proizvodnji (Grgić et al. 2007);
  - na koji način prognozirati visinu uroda jabuka i krušaka suvremenim digitalnim pomagalicama (Stajenko, 2013);
  - koja je perspektiva upotrebe strojeva za pomoć u berbi jabuka (Stajenko, 2014);
  - kako kamere i senzori doprinose ekološkom uzgoju jabuka gnojdbom i opskrbom tla (Stajenko, 2016);
  - kako tehnologijom poboljšati pripremu tla i sjetvu žita u sustavu precizne poljoprivrede (Stajenko et al. 2018);
1. kako dobiti biljnu mapu na raženim poljima automatskom metodom (Gašparović et al. 2020);

2. učinkovitost pametne poljoprivrede na primjeru silažnog kombajna John Deere 8500i (Poje, 2021);
3. te analiziraju učinke RGB i HSI kamere na dronovima koji strojnim učenjem klasificiraju kukuruz (Jurišić et al., 2022).

Posljednjih deset godina pojavili su se članci koji govore o istraživanjima sa UVA letjelicama u uzgoju voćnjaka:

1. Primjena UVA u zaštiti trajnih nasada (Sito et al. 2015).
2. Primjena drona u hortikulturi (Sito et al. 2016).
3. Najbolji terenski robot je UVA u berbi voća (Prusina, 2020).

Najviše i najbolje informacije o upotrebi i razvoju dronova sakupljaju se na informativnim skupovima za poljoprivrednike organiziranim u marketinške svrhe.

Primjena kamera i daljinskog istraživanja za uzgoj voćnjaka ima budućnost, zbog raspona primjene. Za sada se kamere i senzori upotrebljavaju u:

- pripremi tla,
- doziranju navodnjavanja,
- pripremi sadnje,
- prihrani tla,
- zaštiti biljaka,
- praćenju rasta sadnice,
- rezidbi,
- praćenju zrenja voćki,
- berbi,
- skladištenju
- transportu.

Tablica 12. Uporabljivost kamera u preciznoj agronomiji za obradu voćnjaka

RGB kamera	Tehnologija uz kamere	Što snimaju	Vrste voća
3D sustav kamera sa stereo vidom	AGV sa laserskim senzorom za bolje usmjerenje;	Kartiranje poljoprivrednih područja	voćnjaci
potrebne slike bolje i veće rezolucije	veća preciznost GNSS-a UAV dron NIR kamera	Sadnja na neravnim i nepristupačnim površinama	masline vinova loza i voćnjak (Jabuka)
nije dovoljna za prikupljanje svih potrebnih podataka	Najbolja je kombinacija RGB kamere, sa senzorima HSI, Multispektralni, termalni i LiDAR.	Izračun Vegetacijskog indeksa	mandarina sorte Unshiu (Citrus Unshiu Marc.)
ima bolju razlučivost i pokriva malo šire područje	UAV dron NIR kamera olakšava razlučivanje detalja	Izračun Vegetacijskog indeksa	nasadu jabuka i vinograda
RGB i Multispektralna kamera sa	UAV dron	Izgled tla i vegetacije	voćnjaci

algoritmom strojnog učenja daje 99.8% i 91.8% točnost prikaza			
Pomažu u izbjegavanju prepreka		Navigacija tijekom opkopavanja	Vinova loza Drveće voćki
dobra razlučivost	NIR kamera olakšava razlučivanje detalja stanje biljke i intenzitet vegetacije	Praćenje, distribucija gnojiva i razvoj trajnih nasada	jabuke
Slika	GPS i Android aplikacija	Prati stanje i razvoj stabala	voćnjaci
učinkovito detektiraju natisnine i oštećenje ploda	senzor visoke osjetljivosti	Automatska reziba	bobičasto voće
učinkovito detektiraju natisnine i oštećenje ploda	senzor visoke osjetljivosti	Automatsko branje	bobičasto voće
senzorima iznad rotirajućih traka porast učinka 1,35 – 1,50 kn/kg	Samohodna prikolica	Berba	jabuke: Granny Smith, Fuji Kiku 8 i Cripps Pink
Kamera sa dvojnomo lećom stereo kamera i 3D kamera nisu dobre	Laserski senzor za bolje usmjerenje Najosjetljiviji su radar, jednostruka kamera, ultrazvučni senzor, i laser	Pobiranje plodova Kamere na AGV-a kreiraju kartu prostora	žetva

Tablica 12. prikazuje uporabljivost kamera u preciznoj agronomiji za obradu voćnjaka koje se pojavljuju u hrvatskoj literaturi:

- Uvijek se upotrebljavaju u kombinaciji s ostalim tehnologijama a cilj je bolji rezultat: Kombinacija RGB kamere sa MSI ili HSI i termalnim senzorom, sa LiDAR senzorom povećava količinu podataka za izračun vegetacijskih indeksa (Gelenčir, 2022).
- RGB i MSI kamera u kombinaciji s algoritmom strojnog učenja daju 99.8% i 91.8% točnosti izgleda tla i vegetacije (Jurišić et al. 2022).
- Za detekciju vegetacije koriste se visokorezolutne snimke područja u stvaranju NDVI indeksa te se razlučuje okoliš od plodova a indeks NGRDI izvrstan je u kombinaciji s senzorima RGB (Bugarin 2022.).
- Kod sadnje maslina i vinove loze, na neravnim i nepristupačnim površinama veća je preciznost GNSS-a (Sito et al. 2015).
- RGB kamera ima bolju razlučivost i pokriva malo šire područje, dok NIR kamera olakšava razlučivanje detalja radi određivanja položaja i stanja biljke te intenzitet vegetacije; lakša je detekcija promjena vegetacije; osnova je za tretiranje pesticidima i distribuciju gnojiva; učinkovito nadzire trajne nasade, olakšava planiranje sjetve, sadnje i gnojidbu (Sito et al. 2016).



- Za kartiranje poljoprivrednih područja potrebne su slike bolje i veće rezolucije (Prpić 2022.).
- Slike RGB kamere pomažu digitalnoj opremi silažnog kombajna kako bi uspješno obavio svoj posao (Poje, 2021).
- RGB kamere pomažu rotacijskoj drobilici u navigaciji za izbjegavanje prepreka (stupova, vinove loze ili drveća voćki) tijekom okopavanja (Stajenko, 2016; Jeličić, 2016).
- Radar i jednostruka kamera su najosjetljiviji na autonomnim vozilima s obzirom na domet, prostornu razlučivost, osjetljivost na svjetlo, otpornost na finu i tešku prašinu, a najgore su se pokazale stereo kamera i 3D kamera (Ćosić 2021.).
- Na osnovu slike svakog pojedinog stabla dobivene RGB kamerom i GPS-a prati se stanje i razvoj stabala u malim voćnjacima putem Android aplikacije za voćarstvo (Kekelić, 2021).
- Kamere učinkovito detektiraju natisnine i oštećenje ploda kod automatske rezibe i branja bobičastog voća: borovica, brusnica, malina, jagoda, kupina i crnog ribiza (Jatoi et al. 2017.).

Iz gore navedenih radova vidljivo je da se kamere upotrebljavaju u svim proizvodnim procesima, i olakšavaju te ubrzavaju obavljanje raznovrsnih aktivnosti. Sva istraživanja do sada potvrđuju ekonomičnost, ekološku prihvatljivost i isplativost upotrebe precizne poljoprivrede u uzgoju voćaka. Ova istraživanja daju poticaj za razvoj poljoprivrede poglavito voćarstva.

## 8.2. Istraživanja izvan Hrvatske

Pregled istraživanja u svijetu potrebno je započeti napomenom kako je količina do sada prikupljenih radova prelazi potrebe pregleda i mogućnosti ovog završnog rada. Većina radova nastala je u posljednjih dvadeset godina i plod su istraživanja interdisciplinarnih timova. Objavljeni su uglavnom mrežno u časopisima:

1. *Computers and Electronics in Agriculture,*
2. *Remote sensing of Environment,*
3. *Biosystems Engineering,*
4. *Agriculture,*
5. *Sensors,*
6. *Engineering in Agriculture,*
7. *Environment and Food,*
8. *Journal of Food Engineering,*
9. *HortTechnology,*
10. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,*
11. *Food and Bioprocess Technology,*
12. *Postharvest Biology and Technology i*
13. *IEEE Robotics & Automation Magazine.*

Isto tako radovi se mogu naći na mrežnim stranicama:

1. *ScienceDirect*
2. *IEEE Access.*

Tablica 13. Kamere u preciznoj agronomiji za uzgoj voćnjaka

Kamere	Popratna tehnologija	Što snimaju	Objekt snimanja
RGB MSI HSI LiDAR	kompjuteri strojni vid	izračun klorofila u listovima; količina navodnjenosti; detekcija šetnih nametnika	plod jagoda
MSI HSI LiDAR	Kompjuterska platforma	praćenje stanja vinove loze	vinograd
RGB 3D informacija + 2D slika	robot	branje u sadnji V oblika	kruške i jabuke
RGB MSI Laser	mreža segmentacije Mask-RCNN	brojanje bobica na vinovoj lozi	vinograd
RGB Satelit	računalni vid strojno učenje ATV, GPS	procjenu kompaktnosti klastera vinove loze	195 grozdova crvene sorte <i>Vitis vinifera</i> L
MSI, HSI, Satelit	ET	daljinsko navodnjavanje	voćnjaci
RGB 2D slika	kompjuterska obrada slike	procjena veličine ploda	banana
RGB-D slike		procjena prinosa vertikalnog stabla	vinograd
RGB Termalna kamera Satelit	IoT; web-usluge; internetski sustav; pametni telefon; APP mobilna aplikacija; UVA	sustav upravljanja navodnjavanja	agrumi
RGB	aplikacija vitisBerry za Android mobitele	fenotipizacija vinograda	12 različitih sorti vinove loze
RGB LiDAR	UGV; strojno učenje	Lokalizacija UGV-a za automatske operacije na voćkama	Jabuke i kruške
RGB HSI Termalna kamera	kompjuterski sistem; skener	voće za prodaju	15 vrsta voća
RGB MSI	kompjuter	razvrstavanja plodova	citrusi
RGB	robot; stereoskopija; strojni vid	procjena veličine ploda na drvetu; lociranje voća u voćnjaku	voćke
RGB NIR kamera;	YOLO4 algoritam; strojno učenje;	detektirati oštećene plodove pri sortiranju	jabuke „Zlatni Delišes“ i „Granny Smith“

Tablica 13. prikazuje raznovrsnost istraživanja koja upotrebljavaju kamere u preciznoj agronomiji za uzgoj voća.

Kamere mogu biti kombinirane sa raznim sredstvima poput pokretnih platformi, dronova, robota, pa i mobitela:

- Praćenje stanja ploda jagoda odlično je kombinacijom RGB, MSI, HSI kamere i LiDAR-a (Zheng et al. 2021).
- Praćenje stanja loze u vinogradu bolje je kombinacijom MSI, HSI, Termalni i LiDAR-a (Tardaguila et al. 2021).
- Robot uspješnije bere kruške i jabuke kod sadnje u „V“ ako ima kombinaciju 3D informacija iz RGB-D kamere, i 2D slike (Yoshida et al. 2022).
- Sustavom RGB, RGBD MSI kamera, i laserski skener - brojanje bobica vinove loze uspješnije je i brže na kombajnu za grožđe (Zabawa et al. 2020.).
- Procjena kompaktnosti sklopa četiri različite sorte crvene vinove loze učinkovitija je pomoću RGB računalnog vida u pokretu i tehnologije strojnog učenja (Palacios et al. 2019.).
- Upravljanje navodnjavanjem voćnjaka na daljinu integracijom MSI i HSI slika poboljšava prostornu rezoluciju (Ha et al. 2013.).
- Procjene mase/volumena poljoprivrednih proizvoda s aksi-simetričnim oblicima pomoću obrade 2D RGB slike (Huynh et al. 2020.).
- Procjena visine prinosa u vertikalnom stablu vinograda s 2-D RGB i 3-D RGB-D slikama je održivo rješenje (Hacking et al. 2019.).
- Sustav upravljanja navodnjavanjem senzorom navodnjavanja na temelju digitalne RGB kamera pametnog telefona sa APP mobilnom aplikacijom daje 93% točnosti u predviđanju plana / preporuke navodnjavanja agruma (Goap et al. 2018.).
- Mobilna aplikacija vitisBerry za Android mobitele za uzgoj vinograda praktično i uspješno analizom slike procjenjuje broj bobica na 12 različitih sorti vinove loze. Mobilne aplikacije za pametni telefon VitisBerry i VitisFlower pomažu za praćenje uzgoja vinograda ili voćnjaka s limunima (Aquino et al. 2018.).
- Lokalizacija UGV-a u voćnjacima jabuka i kruški bolja je ako se uz snimke RGB kamere snimke s dodaju LiDARom, te UGV lokalizira svoj položaj u čak tri linije (Kurita et al. 2022).
- Prodaja poljoprivrednih proizvoda bolja je ako se stvori okvir za prepoznavanje pomoću slika RGB i HSI kamere, a 15 tipova raznih voćki se pogriješilo u procjeni između 1% i 3% (Dubey i Jalal 2015).
- Klasifikacija plodova svježine citrusa u 12 kategorija bolji je ako ih razvrstavaju strojevi opremljeni RGB kamerama i multispektralnim senzorima. (Ladaniya, 2023).
- Procjena veličine ploda na drvetu voćke (citrusi) dobiva se slikama sa drona s RGB kamerama uz dodatak dubinskih kamera za više podataka na slikama (Neupane et al. 2021; Cubero et al. 2016).
- Detekcija oštećenja na plodovima voćki kod branja i sortiranja jabuka „Zlatni Delišeš“ i „Granny Smith“ brža je ako se NIR slika doda RGB kamerama a

preciznost raste od 91.82% do 93.74%, i time se olakšava sortiranje ubranih plodova (Fan et al. 2022).

U svim istraživačkim radovima kamere su se posebno ili u raznim kombinacijama pokazale kao koristan alat za unapređenje poljoprivredne proizvodnje. Razvoj tehnologije daje mogućnost iskorištavanja kamera neovisno o dijelu procesa poljoprivredne proizvodnje a naročito u voćnjacima, vinogradima i maslinicima.

Postojanje internetskih stranica sa servisima za objavljivanje znanstvenih radova uvelike olakšavaju potragu za literaturom, ali isto tako ne daju potpuni uvid u cjelokupnu produkciju. Nije iznenađujuće kako je inozemno istraživanje daljinskih tehnologija u preciznoj poljoprivredi brzorastući trend, ali iznenađuje geografska ravnomjernost istraživača iz cijelog svijeta. Kako nije bilo moguće prikupiti sve radove, tako isto zbog količine nađenih neće biti navedeni svi radove, već će se napraviti sintetički pregled onih pronađenih.

## 9. Zaključak

Kamere su jedan od osnovnih alata u daljinskim istraživanjima postaju sve više dio poljoprivredne proizvodnje. Prikazane su vrste kamera i njihova primjena u raznovrsnoj mehanizaciji koja se upotrebljava u proizvodnom procesu. Sve češće je suvremena mehanizacija opremljena s više vrsta kamera (RGB, HSI, termalne kamere...) koje daju kvalitetnu spektralnu sliku. Voćnjaci su pažljivo praćeni kamerama koje mogu biti statične ili pokretne, postavljene na različite vrste opreme - kombajne, traktore, robote, samohodne platforme, dronove, avione, satelite.

Snimanja se vrše od niske žablje perspektive, do snimanja iz svemira, pod raznim kutovima, različitim sensorima koji snimaju vegetacijske indekse. Podaci koji se pritom prikupljaju služe za višestruko praćenje (kvaliteta tla, količine navodnjavanja, prisutnosti vode i hranjivih tvari u tlu, rast sadnica, rezidba, postotak klorofila u zelenim listovima, veličina krošnje, procjena postotka cvatnje voćke, zaštita od raznih vegetacijskih bolesti, potreba za zaštitnim sredstvima i njihovo precizno nanošenje na voćke, procjena količine uroda, izmjere kvalitete uroda ploda, procjena vremena berbe, obavljanje berbe, sortiranje ploda, odstranjivanje oštećenih plodova, priprema za prodaju plodova voćki).

Oprema za daljinska istraživanja koja sadrži različite vrste kamere (UVA - dronovi, samohodne platforme), u hrvatskoj poljoprivredi još nije u potpunosti zaživjela. Ubrzanom razvojem tehnologije i brojnim preporukama proizvođača o prednostima ovakvog načina proizvodnje, nesumnjivo će postati standard. Daljinska istraživanja upotrebom kamera su višestruko isplativa, jer nabava drona financijski je manje zahtjevna od nabave poljoprivredne mehanizacije (npr. traktor, kombajn). Ušteda je na repromaterijalu, ljudskom radu, očuvanja zemlje od suvišnog zagađenja tijekom proizvodnje i zaštite voćki, te zbog povećanja prinosa.

Kamere u poljoprivredi kao i sredstva za daljinska istraživanja predmet su interesa agronoma, jer se istražuju različiti vidovi njihove primjene u proizvodnom procesu.

Količina i brojnost ovih znanstvenih i stručnih radova koji su se pojavili zadnjih dvadesetak godina, a koji se bave istraživanjima o primjeni tehnoloških noviteta u voćnjacima je dinamičan. Za ovaj rad prikupljeno je petstotinjak radova ove tematike. Posebno treba izdvojiti kako je upotreba nove tehnologije s kamerama sustavno istraživana od stranih mladih budućih poljoprivrednika i sve češće je predmetom njihovih završnih, diplomskih, doktorskih radova. Ovakav razvoj daje nadu da će precizna poljoprivreda aktivno zaživjeti u Hrvatskoj.

## 10. Popis literature

1. Aquino A., Barrio I., Diago M.P., Millan B., Tardaguila J. (2018). VitisBerry®: an Android-smartphone application to early evaluate the number of grapevine berries by means of image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. (online) 148: 19-28 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.021>., Pristupljeno: 23.2.2023.
2. Biočić P. (2020.) 'Mogućnosti primjene IoT tehnologija u poljoprivredi'. Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Fakultet elektrotehnike i računarstva, <https://urn.nbn.hr:200:027257>., Pristupljeno: 3. 04. 2023.
3. Bugarin, N. (2022). 'Daljinska istraživanja i računalni vid u analizi slika voćnjaka prikupljenih bespilotnom letjelicom'. Kvalifikacijski rad, Sveučilište u Splitu, <https://fesb.unist.hr>., Pristupljeno: 20. 3. 2023.
4. Cubero S. Lee W. S., Aleixos N., Albert F., Blasco J. (2016). Automated Systems Based on Machine Vision for Inspecting Citrus Fruits from the Field to Postharvest—a Review. *Food Bioprocess Technol* <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1767-1>., Pristupljeno: 23.2.2023.
5. Ćosić, A. (2021). 'Automatski vođena vozila u poljoprivredi'. Disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:458529>., Pristupljeno: 27.03.2023.
6. Dubey Sh. R., Jalal A. S. (2015). Application of Image Processing in Fruit and Vegetable Analysis. A Review. *J. Intell. Syst.* (online) 24(4), 405–424. <https://doi.org/10.1515/jisy-2014-0079>., Pristupljeno: 23.2.2023.
7. Fan Sh., Liang X., Huang W., Jialong V., QiPang Z., He X., Li L., Zhang C. (2022). Real-time defects detection for apple sorting using NIR cameras with pruning-based YOLOV4 network. *ScienceDirect Computers and Electronics in Agriculture*. (online) 193: 106715 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106715>., Pristupljeno: 26. 01. 2023.
8. Ferina J. (2014). Evapotranspiracija i zaliha vode u tlu. Hrvatsko agrometeorološko društvo – U: Zbornik radova 3. agrometeorološke radionice-Agrometeorologija u službi korisnika: „Zaštita okoliša i šumski požari“, Dubrovnik, 24. ožujka 2014. <http://www.hagmd.hr/ezbornik3/files/assets/downloads/page0023.pdf>., Pristupljeno: 20. 3. 2023.
9. Gašparović, M., Zrinjski, M., Barković, Đ., Radočaj, D. (2020). An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery. *Computers and electronics in agriculture*. (online) 173, 105385. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105385>., Pristupljeno: 23.3.2023.
10. Gelenčir, M. (2022). 'Klasifikacija potencijala pogodnosti za uzgoj mandarina na mikro razini primjenom bespilotnog zrakoplova'. Diplomski. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:167192>., Pristupljeno: 29.03. 2023.

11. Gluhić D. (2006.). Opskrbljenost hranivima tala za uzgoj mandarina u dolini Neretve. *Glasnik zaštite bilja*. 29(5): 39-47.
12. Goap, A., Sharma, D.; Shukla, A., Krishna, C.R. (2018). An IOT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Comput. Electron. Agric. (online)* 155: 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040>., Pristupljeno: 27.2.2023.
13. Govorčin M, Kovačić F, Žižić I. (2012). Bepilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM. *Ekscentar*. 15: 62-68.
14. Grgić Z, Šakić Bobić B, Očić V. (2007). Troškovi mehanizacije u voćarskoj proizvodnji. *Agronomski glasnik*. 3: 223-234.
15. Ha, W.; Gowda, P.H.; Howell, T.A. (2013). A review of downscaling methods for remote sensing-based irrigation management: Part I. *Irrig. Sci.* 31: 831–850.
16. Hacking C., Poona N., Manzan N., Poblete-Echeverría C. (2019). Investigating 2D and 3D proximal remote sensing techniques for vineyard yield estimation. *Sensors*, 19 (17): 3652 <https://doi.org/10.3390/s19173652>., Pristupljeno: 23.2.2023.
17. Harbaš I. (2014). Računalne metode za detekciju vegetacije, Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva
18. Hsieh K-W, Huang B-Y, Hsiao K-Z, Tuan Y-H, Shih F-P, Hsieh L-C, Chen S, Yang I.C. (2021). Fruit maturity and location identification of beef tomato using R-CNN and binocular imaging technology. *J. Food Meas. Charact.* 15: 5170–5180.
19. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, (2021). <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=30085>>., Pristupljeno: 12.4.2023.
20. Huynh T., Tran L., Dao S. (2020). Real-time size and mass estimation of slender axisymmetric fruit/vegetable using a single top view image. *Sensors*. 20(18): 5406; <https://doi.org/10.3390/s20185406>., Pristupljeno: 23.2.2023.
21. Jatoi M. A, Jemrić T, Sito S. (2017). Mehanizacija u uzgoju i posliježetvenim postupcima u proizvodnji bobičastog i jagodičastog voća. *Glasnik zaštite bilja*. 4: 84-93.
22. Jelčić M. (2013). 'Primjena suvremene tehnike za rezidbu u nasadu jabuke'. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, <https://www.bib.irib.hr>., Pristupljeno: 29.03.2023
23. Jelčić, M. (2016). 'Usporedbe tehničkih karakteristika samokretne i vučene platforme u berbi jabuka'. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, <https://zir.nsk.hr>. Pristupljeno: 29.03.2023
24. Jelčić, M. (2016). 'Usporedbe tehničkih karakteristika samokretne i vučene platforme u berbi jabuka'. Diplomski, Sveučilište u Zagrebu, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:657793>., Pristupljeno: 7.04.2023.

25. Jurišić M., Šumanovac L., Zimmer D., Barač Ž. (2015). Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede. *Glasilo biljne zaštite*. 15(3): 329-332
26. Jurišić M., Radočaj D., Plaščak I., Galić Subašić D., Petrović D. (2022). The Evaluation of the RGB and Multispectral Camera on the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for the Machine Learning Classification of Maize. *Poljoprivreda*. 28 (2): 74-80. <https://doi.org/10.18047/poljo.28.2.10>., Pristupljeno 20. 03. 2023.
27. Kaleb M. (2014.).Razvoj uzgoja mandarina i ostalih agruma u dolini Neretve. *Agronomski glasnik* 4-5: 219-238.
28. Kekelić S. (2021). 'Aplikacija za mobilne uređaje za voćarstvo'. Završni, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:521354>., Pristupljeno: 07.04.2023.
29. Kolarek M. (2010). Bepilotne letjelice za potrebe fotogrametrije. *Znanost i struka: Ekscentar*. 12: 70-73.
30. Krevh V. (2018). 'Primjena bepilotnih letjelica u poljoprivredi'. Diplomski, Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:778632>., Pristupljeno: 28.03. 2023.
31. Kurita H., Oku M., Nakamura T., Yoshida T., Fukao T. (2022). Localization Method Using Camera and LiDAR and its Application to Autonomous Mowing in Orchards. *Journal of Robotics and Mechatronics*. (online) 34 (4). <https://doi.org/10.20965/jrm.2022.p0877>., Pristupljeno: 20.3.2023.
32. Ladaniya M. (2023). Citrus fruit (Second edition). Biology, Technology and Evaluation. Fruit quality control, evaluation, and analysis. ScienceDirect. (online) 661-691. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99306-7.00020-7>., Pristupljeno: 26. 01. 2023.
33. Lemić D., Radanović R., Oreković M., Genda M., Kapor K., Virić Gašparić H. (2021). Dronovi kao moderan alat za suvremenu poljoprivredu. *Glasilo biljne zaštite* 4: 476-491.
34. Lugonja D., Krušelj I. (2021). Primjena dronova i GIS-a u preciznoj poljoprivredi. <https://poljoprivreda.gov.hr/>., Pristupljeno: 13.2.2023.
35. Neupane C., Koirala A., Wang Z., Walsh K.B. (2021). Evaluation of depth cameras for use in fruit localization and sizing: Finding a successor to Kinect v2. *Agronomy* 11: 1780. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091780>., Pristupljeno: 23.2.2023.
36. Palacios F., Diago M.P., Tardaguila J. (2019). A non-invasive method based on computer vision for grapevine cluster compactness assessment using a mobile sensing platform under field conditions *Sensors*. (online) 19 (17): 3799. <https://doi.org/10.3390/s19173799>., Pristupljeno: 23.2.2023.
37. Pavlik D, Popčević I, Rumora A. (2014). Bepilotne letjelice podržane INS i GNSS senzorima. *Ekscentar*. 17: 65-70.



38. Poje T. (2021). Pametna poljoprivreda na primjeru silažnog kombajna John Deere 8500i. Glasnik zaštite bilja. 6: 60-71
39. Prpić, M. D. (2022). 'Kartiranje vanjskih prostora u stvarnom vremenu s primjenama u poljoprivredi'. Diplomski. Sveučilište u Rijeci, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:190:291052>. , Pristupljeno: 28.03. 2023.
40. Prusina, R. (2020.). Dron za berbu voća je najbolji terenski robot. Agroklub.com. <https://www.agroklub.com/vocarstvo/dron-za-berbu-voca-je-najbolji-terenskirobot/65102>., Pristupljeno: 14.03.2023.
41. Rumora L, Medved I, Pilaš I, Medak D. (2016). Usporedba vrijednosti vegetacijskog indeksa dobivenog na temelju digitalnog broja i refleksije na vrhu atmosfere. Geodetski list. 1(16): 59-74.
42. Sito S, Čmelik Z, Strikić F, Bilandžija N, Prekalj B, Kraljević A. (2013.). Strojna sadnja masline pomoću GPS-a i lasera. Pomologia Croatica. 19 (1-4): 37-50.
43. Sito S, Bilandžija N, Šket B, Kurnik M, Prekalj B, Hrvojčec H. (2014.). Sadjna vinove loze navođenjem laserom i GPS-om. U: 42. International Symposium „Actual Tasks on Agricultural Engineering“. Opatija 125-136.
44. Sito S, Kovačić F, Krznarić K, Šket B, Šimunović V, Grubor M, Koren M, Šket M. (2015). Primjena bespilotnih sustava u zaštiti trajnih nasada. Glasnik zaštite bilja. 4: 38-50.
45. Sito S, Jelčić M, Očić V, Šket B, Hrvojčec H, Džaja V, Marić A. (2016). Utjecaj izvedbe samokretne platforme i prikolice na radni učinak u berbi jabuka. Glasnik zaštite bilja. 5: 72-79.
46. Sito S, Kovačić F, Krznarić K, Bilandžija N, Džaja V, Šket B, Grubor M. (2016). Primjena bespilotnih sustava u hortikulturnoj proizvodnji. U: Proceedings. 51 st Croatian and 11 th International Symposium on Agriculture. Opatija 507-511.
47. Stajanko D. (2013). Suvremena digitalna prognoza uroda jabuka i krušaka. Glasnik zaštite bilja. 57 (5), 11-15.
48. Stajanko D. (2014). Strojevi za pomoć u berbi jabuka-stanje i perspektiva. Glasnik zaštite bilja. 58 (5), 14-19.
49. Stajanko D. (2016). Gnojidba i opskrba tla u ekološkom uzgoju jabuka. Glasnik zaštite bilja. 4:16-23.
50. Stajanko D. (2018.). Mogućnost povećanja učinkovitosti pripreme tla i sjetve ozimih žita pomoću tehnologije precizne poljoprivrede. Glasnik Zaštite Bilja, 41(5): 20 – 27.
51. Tardaguila J., Stoll M., Gutiérrez S., Proffitt T., Diago M. P. (2021). Smart applications and digital technologies in viticulture: A review – ScienceDirect. Smart Agricultural Tehnology. (online) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375521000058>. Pristupljeno: 26. 01. 2023.

52. Vela E, Medved I, Miljković V. (2017). Geostatistička analiza vegetacijskih indeksa na šumskom ekosustavu Česma. Geodetski list. 1(17): 25–40.
53. Vukadinović V. (2016). Dronovi u poljoprivredi. [http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Zanimljivosti/Zanimljivosti\\_06-2016.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Zanimljivosti/Zanimljivosti_06-2016.pdf)., Pristupljeno: 27.03.2023.
54. Yoshida T., Kawahara T., Fukao T. (2022). Fruit Recognition Method for a Harvesting Robot with RGB-D Cameras. Research square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1260587/v1>., Pristupljeno: 26.2.2023.
55. Zabawa L., Kicherer A., Klingbeil L., Töpfer R., Kuhlmann H., Roscher R. (2020). Counting of grapevine berries in images via semantic segmentation using convolutional neural networks ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. (online) 164: 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.002>., Pristupljeno: 23.2.2023.
56. Zheng C., Abd-Elrahman A., Whitaker V. (2021) Remote Sensing and Machine Learning in Crop Phenotyping and Management, with an Emphasis on Applications in Strawberry Farming. Remote Sens. (online) 2021, 13, 531. <https://doi.org/10.3390/rs13030531>., Pristupljeno: 23.2.2023.

## 11. Prilozi

### 11.1. Popis slika

- Slika 1. Podjela daljinskog istraživanja po visinama opservacija (Bugarin, 2022).
- Slika 2. Koncept slojeva u GIS-u (Krevh, 2018).
- Slika 3. Spektar elektromagnetskih valova (Bugarin, 2022).
- Slika 4. Senzor za kontrolu usjeva (Ćosić, 2021).
- Slika 5. RGB senzor (Gelenčir, 2022).
- Slika 6. i 6a. Prikaz kanala u multispektralnom i hiperspektralnom snimanju (Krevh, 2018).
- Slika 7. Hiperspektralni senzor (Gelenčir, 2022).
- Slika 8. Snimka načinjena RGB senzorom i termalnim senzorom (Bugarin, 2022).
- Slika 9. Snimka nastala LiDAR senzorom (Gelenčir, 2022).
- Slika 10. Različite vrste senzora (Ćosić, 2021).
- Slika 11. Standardna RGB kamera razlučivosti 18.2 megapiksela, model WX (Krevh, 2018).
- Slika 12. Canon S110 kamera NIR (Krevh, 2018).
- Slika 13. TERMALNO IR SVJETLO (0,700 $\mu$ m - 14.000 $\mu$ m) i Kamera: model thermoMAP (Krevh, 2018).
- Slika 14. Multispektralna kamera za bespilotne letjelice model Red Edge (Mica Sense) (Krevh, 2018).
- Slika 15. Hiperspektralna kamera model za bespilotne letjelice model OCI-UAV-1000 (Krevh, 2018).
- Slika 16. Intel RealSense kamera D455 (Prpić, 2022).
- Slika 17. Dubinske kamere: (a) ZED, (b) RealSense D435, (c) RealSense LiDAR L515, (d) Kinect v2, (e) Basler Blaze 101, (f) Azure Kinect, (g) ZED 2 i (h) OAK-D. (Neupane et al., 2021)
- Slika 18. Primjer radarske kamere NanoSAR B (Krevh, 2018).
- Slika 19. LIDAR (3D Point Cloud, mapiranje kontura) Slika 19a: Intel RealSense kamera L515 (Prpić, 2022).
- Slika 20. Prikaz jagoda različitim senzorima na kamerama (Zheng et al. 2021).
- Slika 21. Formacija GPS satelita oko zemlje (Ćosić, 2021).
- Slika 22. Statička RTK bazna stanica (Ćosić, 2021).
- Slika 23. Mobilna RTK stanica (Ćosić, 2021).
- Slika 24. Položaj referentnih stanica CROPOS sustava (Krevh, 2018).
- Slika 25. Dijelovi sustava laserskog navođenja (Ćosić, 2021).
- Slika 26. Samokretna platforma „Pluk-O-Trak Junior“ (Sito et al. 2016).
- Slika 27. Termalna kamera montirana na mobilnu platformu i 26b) termalna slika vinove loze (Tardaguila et al. 2021).
- Slika 28. Kombajn za berbu malina (Jatoi et al. 2017).
- Slika 29. Kombajn za berbu borovica (Jatoi et al. 2017).
- Slika 30. Platforma za berbu borovica (Jatoi et al. 2017).
- Slika 31. Mokra berba brusnica (Jatoi et al. 2017).
- Slika 32. Primjena bespilotnih zrakoplova za planiranje sjetve (Gelenčir, 2022).

- Slika 33. Dronovi nepokretnih krila: (1) UX5 Multispectral (Trimble); (2) eBee SQ (SenseFly); (3) Ag Eagle RX48 (AgEagle); (4) Disco-Pro AG (Parrot); (5) Lancaster 5 (PrecisionHawk) (Krevh, 2018).
- Slika 34. Dronovi s pokretnim krilima: (1) Albris (SenseFly); (2) Falcon 8 (Ascending technologies); (3) mdMapper1000DG (Trimble); (4) Omni AG (Sentera); (5) Aibot x6 (Aibotix) (Krevh, 2018).
- Slika 35. Primjena pesticida u plasteniku robotskom rukom (Ćosić, 2021).
- Slika 36. Mobilni robot u stakleniku (Hsieh et al. 2021).
- Slika 37. Robotska ruka bere rajčice (Ćosić, 2021).
- Slika 38. Robotski berač jagoda (Jatoi et al. 2017).
- Slika 39. Meki manipulator za branje malina (Ćosić, 2021).
- Slika 40. Ladybird robot pregledava zdravlje usjeva (Ćosić, 2021).
- Slika 41. Greenbot, košnja livada, voćnjaka i vinograda (Ćosić, 2021).
- Slika 42. Rippa robot, kemijsko suzbijanje korova (Ćosić, 2021).
- Slika 43. Cäsar, robot koji obavlja opće poslove u voćnjaku i vinogradu (Ćosić, 2021).
- Slika 44. Naïo robot, prorjeđivanje lišća u vinogradu (Ćosić, 2021).

## 11.2. Popis tablica

- Tablica 1. Opis senzora (Bugarin, 2022).
- Tablica 2. Vegetacijski indeksi (Bugarin, 2022).
- Tablica 3. Funkcije RGB kamere (Lemić et al. 2021).
- Tablica 4. Funkcije termalne kamere (Lemić et al. 2021).
- Tablica 5. Funkcije Multispektralne kamere (Lemić et al. 2021).
- Tablica 6. Funkcije Hiperspektralne kamere (Lemić et al. 2021).
- Tablica 7. Funkcije Sonara (Lemić et al. 2021).
- Tablica 8. Funkcije LiDARa (Lemić et al. 2021).
- Tablica 9. Ocjena svojstava pojedinih osjetilnih uređaja na autonomnim vozilima (Ćosić, 2021).
- Tablica 10. Funkcija dronova dostupna s kompatibilnom kamerom (Krevh, 2018).
- Tablica 11. DJI-evi dronovi i njihovo mjesto na farmi (Krevh, 2018).
- Tablica 12. Uporabljivost kamera u preciznoj agronomiji za obradu voćnjaka
- Tablica 13. Kamere u preciznoj agronomiji za uzgoj voćnjaka

## 11.3. Pospis oznaka i krataica

- AGV – (*Automated guided vehicle*) Automatizirano vođeno vozilo
- AGVI – (*Adjusted Green Vegetatin Index*) vegetacijski indeks
- AMR – (*Autonomous Mobile Robot*) autonomni mobilni roboti
- ANN – (*Artificial neural network*) umjetne neuronske mreže
- APP – (*Aplpications*) aplikacija za mobilne pametne telefone
- ARVI – (*Atmosphere Resistance Vegetation Index*) je vegetacijski indeks

ASBI – (*Adhust Soil Brightness Index*) vegetacijski indeks

ATV – (*Automated Transfer Vehicle*) Bepilotno terensko vozilo

AVI – (*Ashuburn Vegetation Index*) – vegetacijski indeks

Azure Kinect – model za digitalni prikaz prostora sa strojnim vidom

BAT – (*Berry Analysis Tool*) visoko propusno snimanje

BNDVI – (*Blue Normalized Difference Vegetation Index*) plavi vegetacijski indeks

CCCN – (*Crop Chlorophyll Content Prediction*) vegetacijski indeks

CMOS – (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*) senzor metalnog oksida punog kadra za kompjuterski procesor

CNN – (*Convolutional Neural Network*) Konvolucijske mreže za duboko učenje

COSI – (*Center of Science and Industry*) znanstveni centar iz Columbusa Ohio SAD

CROPOS – (*CROatian POsitioning System*) Hrvatski pozicijski sustav

CWSI – (*Crop Water Stress Indeks*) vegetacijski indeks

DBNCVI – (*Discrete-Band Normalised Difference Vegetation Index*) vegetacijski indeks

DBNDWI – (*Discrete-Band Normalised Difference Water Index*) vegetacijski indeks

DNN – duboke neuronske mreže

DTM – (*Digital Terrain Model*) digitalni model terena

DOF – Digitalna ortofotokarta

DSM – (*Digital Surface model*) digitalni model površine

DVI – (*Diferend Vegetation Index*) vegetacijski indeks

EarthView-3 – vrsta prikaza za određivanje vegetacijskog indeksa

ET – Evapotranspiracija - proces isparavanja vode.

GBRT – (*Gradient Boosted Regression Trees*) regresijski model gradijentnog regresijskog drveća

GEOBIA – vrsta prikaza za određivanje vegetacijskog indeksa

GIS – (*Geographic Information System*)-Geografski informacijski sustavi

GNDVI – (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) zeleni vegetacijski indeks

GNSS – (*Global Navigation Satellite Systems*) globalni navigacijski satelitski sustav

GPS – (*Global Positioning System*) Globalni sustav pozicioniranja

GRABS – (*Greenness Above Bare Soil*) vegetacijski indeks

GSD – (*Ground sample distance*) Prostorna razlučivost

GVSBI – (*Greenness Vegetation and Soil Brightness*) vegetacijski indeks

HSI – Hiperspektralni senzor ili kamera

ICT – Informacijske i komunikacijske tehnologije

IEEE – (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) Institut za tehnologiju

INS – (*Inertial Navigation System*) inercijski navigacijski sustav

IoT – (*Internet of Things*) Internet tehnologija

IR – (*Infra-Red*) Infracrveno zračenje

ISPRS – (*International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*)

LCI – (*Labour Cost Index*) vegetacijski indeks

LiDAR – (*Light Detecting and Ranging*) -Optički radar

MDI – (*Moment Distance Index*) vegetacijski indeks

MIR – (*Mid-InfraRed*) -Srednje infracrveno zračenje

MP – (*Mega pixel*)

MSAVI – (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*) vegetacijski indeks

MTVI – (*Multi-Temporal Vegetation Index*) vegetacijski indeks

NASA – (*National Aeronautics and Space Administration*) Američki svemirski program

NDI – (*Normalized Difference Index*) vegetacijski indeks

NDRE – (*Normalized Difference Red Edge*) Normalizirani indeks razlike crvenog ruba

NDVI – (*Normalized Difference Vegetation Indeks*) Normalizirani indeks razlike u vegetaciji

NGDI – (*Normalized Difference Greenness Index*) vegetacijski indeks

NGRDI – (*Normalized Green Red Difference Index*) Normalizirani indeks razlike zelenog i crvenog spektra

NIR – (*Near InfraRed*)-Blisko infracrveno zračenje

NNSS – (*Navy Navigation Satellite System*), danas znan kao TRANSIT sustav

NTRIP – (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) protokol

NVIDIA – kompjuterski procesor

OSAVI – (*Optimized Soil Adjusted Vegetation Index*) Optimizirani indeks vegetacije prilagođen tlu

PA – Precizna poljoprivreda

PAT – Precizna poljoprivredna tehnologija

PRI – (*Photochemical Reflectance Index*) vegetacijski indeks

PRS – (*Pressure reference system*) referentni sustav tlaka

PVI – (*Perpendicular Vegetatin Index*) vegetacijski indeks

R-CNN – maska za kompjuterski prikaz mreže segmentacije

RE – (*Red edge*) rubno crveni kanal

REPD – (*Red Edge Positin Determination*) vegetacijski indeks

RGB – (*Red Green Blue*) senzor za vidljivi spektar – kamere najjeftinije

RGBD – (*Red Green Blue - Depth*) format slike

RI – (*Redness Index*) vegetacijski indeks

RMSE – (*Root Mean Squared Error*) specifikacija kamere

ROS – (*Robot Operating System*) Međuprogramski paket otvorenog koda za robotiku

RPAS – (*Remotely Piloted Aircraft System*) dron

RTK – (*Real Time Kinetic*) verzija GPS sustava

SAR – (*Synthetic Aperture Radars*) 3D radar

SAGA GIS i QGIS – Računalni programi

SAVI – (*Soil Adjusted Vegetation Index*) Indeks vegetacije prilagođen tlu

SIPI2 – (*Structure Insensitive Pigment Index*) vegetacijski indeks

SLAM - (*Simultaneous Localization and Mapping*) Izrada istovremene lokalizacije i kartiranja

SVM – (*Support vector machine*) strojno učenje

SZB – sredstva za zaštitu bilja

TGI – (*Triangular Greenness Index*) vegetacijski indeks

TNDVI – (*Transformed Normalized Difference Vegetation Indeks*) vegetacijski indeks

ToF – (*Time of flight*) kamera za mjerenje vremena leta

TSAVI – (*Transformed Soil Adjusted Vegetation Index*) vegetacijski indeks

TVI – (*Transformed Vegetation Index*) vegetacijski indeks

UAV – (*Unmanned aerial vehicle*) -Bespilotna letjelica

UAS – (*Unmanned Aerial System*) Bespilotna letjelica

UGV – (*Unmanned ground vehicle*) autonomno vozilo  
USB – (*Universal Serial Bus*) univerzalna serijska sabirnica  
UV – (*Ultra Violet*) ultra ljubičasto svjetlosno zračenje  
VARI – (*Visible Atmospherically Resistant Index*) vegetacijski indeks  
VI – (*Vegetation Index*) vegetacijski indeks  
VitisBerry – mobilne aplikacije za pametni telefon  
VitisFlower – mobiln aplikacije za pametni telefon  
VO – (*Visual Odometry*) vizualna odometrija  
VSLAM – (*Visual Simultaneous Localization and Mapping*) problem procjene položaja robota pomoću senzorskih podataka koji mu se imputiraju istovremeno sa izradom karte okolnog prostora.  
VTOL – (*Vertical take-off and landing*)- letjelica s mogućnosti vertikalnog uzlijetanja  
Java i XML – programski jezici  
YI – (*Yellowness Index*) žuti vegetacijski indeks  
YOLO – (*You only look once*) mreža za kompjuterski prikaz u realnom vremenu  
YOLO4 – algoritam strojnog učenja s modelom za brzu i uspješnu detekciju modela  
WDVI – (*Weighted Difference Vegetatin Index*) vegetacijski indeks  
ZED – mini kamera za binokularni vid za video nadzor

## 12. Životopis

Marko Džin rođen u Zagrebu, 24.siječnja 2002.g.

Srednja škola: Strukovna škola Pula, Tehničar nutricionist 2016.-2020.

Studij:

- Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Biljne znanosti-preddiplomski 2020.g
- Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet, Stručni studij za izobrazbu trenera judo, 2021. g. preddiplomski studij
- Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet, Stručni studij za izobrazbu trenera kickboxing, 2021. g. preddiplomski studij
- University of Arizona, Agriculture and Life science, Register Dietetic and Nutrition, 2021. g. preddiplomski studij

Strani jezik: Cambridge diploma-engleski-C1 – 2020.g.

Certifikati:

- Hrvatski kickboxing savez-sudac kickboxinga licenca B – 2021.g.
- Hrvatski kickboxing savez-trener licenca B – 2023.g.

Sportovi:

- Judo – crni pojas 1.DAN
- Kickboxing – crni pojas 1.DAN
- Taekwondo – crni pojas 2.DAN

Volontiranje:

- Odred izviđača pomoraca Pula-od 2020.g.
- Azil za životinje Snoopy, Pula – od 2020.g.
- Kickboxing klub „Planet Sport“, Pula – trener za point fight – od 2023.g.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**PRIMJENA KAMERA U VOĆARSTVU**

ZAVRŠNI RAD

**Marko Džin**

Zagreb, svibanj, 2024.