

Utjecaj strojnog učenja u aplikaciji pesticida

Zorko, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:849135>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Luka Zorko

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Utjecaj strojnog učenja u aplikaciji pesticida

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Luka Zorko

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Utjecaj strojnog učenja u aplikaciji pesticida

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Završni rad

Luka Zorko

Utjecaj strojnog učenja u aplikaciji pesticida

Sažetak:

Umjetna inteligencija područje je koje se danas primjenjuje u različitim sektorima među kojima je upravo i poljoprivreda. Tumači se kako umjetna inteligencija, odnosno strojno učenje, mogu revolucionirati poljoprivredu koja utječe na gospodarstvo zemlje, izravno ili neizravno zapošljavajući više od 30 % svjetskog stanovništva. Automatizacijom se na taj način mogu zadovoljiti potrebe sve većeg svjetskog stanovništva. Gledajući tradicionalne prakse na području poljoprivrede kao što su primjerice kultivacija, prskanje pesticidima, praćenje statusa hranjivih tvari i drugo, navedene se mogu značajno brže izvesti putem korištenja umjetne inteligencije i strojnog učenja. Zahvaljujući navedenom dolazi do osiguranja smanjenja rasipanja vode, prekomjerne uporabe pesticida, pomoći u smanjenju rada, ali ujedno dolazi do povećanja plodnosti tla, a samim time i usjeva. Primjena umjetne inteligencije i strojnog učenja u poljoprivredi je još u razvoju zbog nedostatnosti stručnosti i zahtjeva za točnost velikih podataka. Ono što je za očekivati je kako će područje strojnog učenja i uporabe umjetne inteligencije u poljoprivredi u budućnosti i dalje rasti. Cilj ovog rada je konkretno usmjeren na utjecaj strojnog učenja pri aplikaciji pesticida.

Ključne riječi: strojno učenje, pesticidi, umjetna inteligencija, poljoprivreda

30 stranica, 10 slika

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

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

Final work

Luka Zorko

Impact of machine learning in pesticide application

Summary :

Artificial intelligence is a field that is applied today in various sectors, one of which is agriculture. It is interpreted as how artificial intelligence, or machine learning, can revolutionize agriculture, which affects the country's economy, directly or indirectly employing more than 30 % of the world's population. Automation can thus meet the needs of the ever-increasing world population. Looking at traditional practices in the field of agriculture such as weeding, spraying with pesticides, monitoring the status of nutrients and others, the above can be performed significantly faster through the use of artificial intelligence and machine learning. Thanks to the above, there is a reduction in water wastage, excessive use of pesticides, help in reducing work, but at the same time there is an increase in the fertility of the soil, and thus the crops. The application of artificial intelligence and machine learning in agriculture is still in development due to the lack of expertise and requirements for the accuracy of big data. What can be expected is that the field of machine learning and the use of artificial intelligence in agriculture will continue to grow in the future. The goal of this paper is specifically focused on the influence of machine learning in the application of pesticides.

Key words: machine learning, pesticides, artificial intelligence, agriculture

30 pages, 10 pictures

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

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. UMJETNA INTELIGENCIJA I NJEZIN UTJECAJ NA POLJOPRIVREDU.....	3
2.1. Umjetna inteligencija i uporaba umjetne inteligencije u poljoprivredi	4
2.1.1. Mogućnost povećanja percepcije i snimanje iz zraka	5
2.1.2. Dostupnost podataka i poboljšavanje vještine	5
2.1.3. Povećavanje učinka	6
2.1.4. Chatbotovi za poljoprivrednike.....	6
2.2. Upotreba robota u području poljoprivrede	7
2.2.1. Uporaba robotike u području navodnjavanja.....	8
2.2.2. Uporaba robotike kod kultivacije.....	9
2.3. Upotreba dronova u području poljoprivrede	10
3. STROJNO UČENJE PRI APLIKACIJI PESTICIDA	11
3.1. Strojno učenje	11
3.1.1. Strojno učenje pri analizi komponenti i sastava tla.....	13
3.1.2. Strojno učenje u apliciranju pesticida putem drona	16
3.2. Primjer integriranog pristupa suzbijanja štetočina u poljoprivredi – Agrio.....	17
4. BUDUĆI IZAZOVI ZA PODRUČJE UMJETNE INTELIGENCIJE I STROJNOG UČENJA U POLJOPRIVREDI	19
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA	24

1. UVOD

Poljoprivreda ima značajnu ulogu u gospodarskom sektoru. Automatizacija u poljoprivredi glavna je briga i tema novih istraživanja diljem svijeta. Stanovništvo se povećava velikom brzinom, a s tim porastom raste i potražnja za hranom i zapošljavanjem. Tradicionalne metode koje su koristili poljoprivrednici nisu bile dovoljne za ispunjenje ovih zahtjeva. Tako su uvedene nove automatizirane metode. Ove nove metode zadovoljile su potrebe za hranom i također pružile mogućnosti zapošljavanja milijardama ljudi. Umjetna inteligencija u poljoprivredi donijela je poljoprivrednu revoluciju. Ova je tehnologija zaštitila urod od raznih čimbenika kao što su klimatske promjene, rast stanovništva, problemi zapošljavanja i problemi sigurnosti hrane. Glavna tema ovog rada je revizija različitih primjena umjetne inteligencije u poljoprivredi na području aplikacije pesticida.

Strojno učenje omogućava precizno praćenje usjeva putem senzora, dronova i satelita. Ovi uređaji prikupljaju podatke o stanju tla, vlazi, bolestima i rastu biljaka, što pomaže poljoprivrednicima da bolje razumiju potrebe svojih usjeva. Algoritmi strojnog učenja analiziraju ove podatke i daju preporuke za optimalno navodnjavanje, gnojidbu i upotrebu pesticida. To dovodi do smanjenja gubitaka resursa i bolje iskorištavanje poljoprivrednih površina. Automatizacija je ključna za povećanje učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje. Strojno učenje omogućava razvoj autonomnih sustava za upravljanje gospodarstvima. Samovozeći traktori, robotski uređaji za berbu i pakiranje, te sustavi za sortiranje proizvoda koriste algoritme strojnog učenja kako bi donosili odluke i izvodili zadatke bez potrebe za ljudskim intervencijama. Ovo smanjuje troškove rada i povećava produktivnost.

Unatoč mnogim prednostima, strojno učenje u poljoprivredi suočava se s izazovima kao što su visoki troškovi implementacije, potreba za obukom poljoprivrednika i pitanja privatnosti podataka. Ipak, očekuje se da će strojno učenje igrati ključnu ulogu u budućnosti poljoprivrede, čime će se omogućiti održiva i produktivna proizvodnja hrane za sve veću svjetsku populaciju (Levak, 2016.).

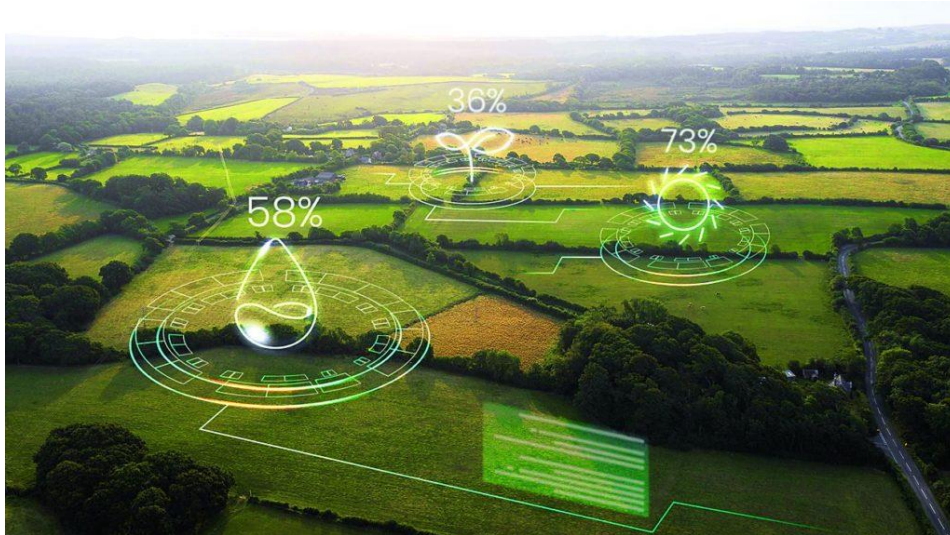
Ovaj rad se sastoji od pet poglavlja. U uvodnom dijelu rada prikazani su predmet i cilj samog rada, struktura rada i metode istraživanja koje su korištene u radu. Drugo poglavlje odnosi se na područje primjene umjetne inteligencije i njezina utjecaja na samu poljoprivredu. Unutar ovog poglavlja prikazuje se upotreba umjetne inteligencije u poljoprivredi s naglaskom na mogućnost povećanja percepcije i snimanje iz zraka, dostupnost podataka i poboljšavanje vještije, povećanje učinka i chatbotovi za poljoprivrednike. Isto tako unutar navedenog poglavlja naglasak je na upotrebi robotike u području navodnjavanja, odnosno upotreba robotike kod kultivacije. Ujedno se prikazuje i upotreba dronova u poljoprivredi. Treće poglavlje odnosi se na strojno učenje pri aplikaciji pesticida. Unutar navedenog poglavlja prikazuje se strojno učenje pri analitici komponenti i sastava tla i apliciranju pesticida putem drona. Jednako tako prikazuje se primjer integriranog pristupa suzbijanja štetočina u poljoprivredi - Agrio. Četvrto poglavlje odnosi se na buduće izazove za područje umjetne inteligencije i strojnog učenja u poljoprivredi. Na kraju rada je zaključak.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA I NJEZIN UTJECAJ NA POLJOPRIVREDU

Umjetna inteligencija prije svega predstavlja posebnu granu računalne znanosti koja je usmjerena prema proučavanju i prema osiguranju oblikovanja računalnih sustava za koje je potreban određeni oblik inteligencije. Upravo stoga navedeni sustavi su u mogućnosti učiti, donositi određene zaključke, no isto tako i razumjeti prirodni jezik te obavljati neke druge vještine za koje se zahtijeva određena razina i određen tip inteligencije (Fountas i sur., 2015.).

Kao jedna od grana umjetne inteligencije navodi se i strojno učenje. Kada se govori o tehnologijama koje se temelje na umjetnoj inteligenciji i strojnom učenju tada se navodi da je riječ o onim tehnologijama kojima je cilj ostvariti poboljšanje učinkovitosti na području svih polja, odnosno na području upravljanja sa svim izazovima s kojima se suočavaju različite industrije uključujući ujedno i različita polja u samom poljoprivrednom sektoru. Kao primjer navodi se prinos usjeva, područje navodnjavanja, senzor sadržaja tla, praćenje usjeva, uklanjanje korova i ostalo (Kim i sur., 2008.).

Poljoprivredni roboti izgrađeni su kako bi pružili visokovrijednu primjenu umjetne inteligencije u spomenutom sektoru. Uz nagli porast globalne populacije, poljoprivredni sektor suočava se s krizom, ali umjetna inteligencija ima potencijal pružiti prijeko potrebna rješenja. Tehnološka rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji omogućila su poljoprivrednicima da proizvedu više proizvoda s manje inputa i čak poboljšaju kvalitetu rezultata, također osiguravajući brži izlazak na tržište za usjeve. Do 2020. poljoprivrednici su koristili čak 75 milijuna povezanih uređaja. Do 2050. očekuje se da će prosječna gospodarstva generirati prosječno 4,1 milijun podatkovnih točaka svaki dan. Uočava se stoga kako postoje različiti načini za implementiranje umjetne tehnologije unutar navedenog područja (Talaviya i sur., 2020.).



Slika 1. Umjetna inteligencija u poljoprivredi

(Izvor: <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotorafija-3.-Prikupljanje-informacija-s-polja-ilustracija-1.jpg>)

2.1. Umjetna inteligencija i uporaba umjetne inteligencije u poljoprivredi

Poljoprivreda danas ima vrlo veliku ulogu u samom globalnom gospodarstvu. Sam pritisak na poljoprivredni sustav kao takav povećava se putem kontinuiranog rasta ljudske populacije.

To bi značilo kako agro-tehnologijai preciznost poljoprivrede, koji se ujedno nazivaju i digitalnom poljoprivredom, danas nastaju kao jedno novo znanstveno područje koje upotrebljava podatke uz intenzivan pristup pokretanja poljoprivrede produktivnosti uz minimalizaciju utjecaja na sam okoliš (Fountas i sur., 2015.).

Strojevi utemeljeni na umjetnoj inteligenciji su transformirali poljoprivredu. Ova tehnologija poboljšava poljoprivrednu produktivnost, u stvarnom vremenu, praćenje, berbu, obradu i marketing. Dronovi i roboti su transformirali poljoprivredu. Računala otkrivaju korove, prinose, kvalitetu usjeva, i druge osobine (Liakos i sur., 2018.).

2.1.1. Mogućnost povećanja percepcije i snimanje iz zraka

Lee i sur. (2017) tumači kako je posljednjih godina uvelike uočen sve veći interes za autonomne UAV-ove (zrakoplovi bez posade) i njihove primjene uključujući prepoznavanje i nadzor, detekciju i geolokalizaciju ljudskih tijela, potragu i spašavanje, detekciju šumskih požara.

Zbog svoje svestranosti, kao i nevjerojatne tehnologije snimanja koja pokriva od mogućnosti isporuke do fotografiranja, upravljanja pomoću daljinskog upravljača i spretnosti uređaja u zraku, omogućeno je da se s navedenim uređajima učini mnogo više. Tako dronovi ili UAV-ovi postaju sve više popularni za dostizanje velikih visina i udaljenosti i izvođenje nekoliko primjena.



Slika 2. Snimanje iz zraka u preciznoj poljoprivredi

(Izvor: <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotografija-1.-Primjena-dronova-u-preciznoj-poljoprivredi.jpg>)

2.1.2. Dostupnost podataka i poboljšavanje vještine

Panpatte (2018) tumači kako umjetna inteligencija poljoprivrednicima omogućuje prikupljanje velike količine podataka s vladinih i javnih web stranica, analiziranje svih podataka i pružanje poljoprivrednicima rješenja za mnoga dvosmislena pitanja, kao i da pruže izrazito kvalitetan

način navodnjavanja što rezultira većim prinosima poljoprivrednika. Zbog umjetne inteligencije, poljoprivreda će se u bliskoj budućnosti pokazati kao mješavina tehnoloških i bioloških vještina, što ne samo da će poslužiti kao bolji rezultat u pogledu kvalitete za sve poljoprivrednike, već će i minimizirati njihove gubitke i opterećenja.

UN navodi da će do 2050. godine 2/3 svjetske populacije živjeti u urbanim područjima što nameće potrebu da se smanji teret poljoprivrednika. U poljoprivredi se može primijeniti umjetna inteligencija koja bi automatizirala nekoliko procesa, smanjila rizike i poljoprivrednicima omogućila relativno laku i učinkovitu poljoprivredu.

2.1.3. Povećavanje učinka

Ferguson i sur. (1991) u svome radu o odabiru sorti i sjemena naglašavaju važnost učinka maksimalne razine za sve biljke. Tehnologije u nastajanju pomogle su u najboljem odabiru usjeva i čak su poboljšale izbor hibridnog sjemena koje je najprikladnije za potrebe poljoprivrednika. Na temelju novih tehnologija moguća su ubrzana istraživanja gdje se uviđa kako sjeme reagira na različite vremenske uvjete, različite vrste tla. Prikupljanjem ovih informacija smanjuju se šanse za bolesti biljaka. Upravo iz navedenog razloga zahvaljujući uporabi umjetne inteligencije i strojnog učenja povećavaju se mogućnosti zadovoljenja tržišnih trendova, godišnjih rezultata, potreba potrošača, tako da poljoprivrednici mogu učinkovito maksimizirati povrat usjeva.

2.1.4. Chatbotovi za poljoprivrednike

Chatbotovi nisu ništa drugo nego virtualni pomoćnici za razgovor koji automatiziraju interakcije s krajnjim korisnicima. Chatbotovi pokretani umjetnom inteligencijom, zajedno s tehnikama strojnog učenja omogućili su razumijevanje prirodnog jezika i interakciju s korisnicima na više personaliziran način. Uglavnom su opremljeni za maloprodaju, putovanja, medije, a poljoprivreda je koristila ovu mogućnost pomažući poljoprivrednicima da dobiju odgovore na svoja neodgovorena pitanja, dajući im savjete i dajući razne preporuke (Marušić, 2023.).



Slika 3. AGRIVI chatbot za poljoprivrednike

(Izvor: <https://novac.jutarnji.hr/novac/startup-report/agrivi-predstavio-chatbot-za-poljoprivrednike-agrivi-ed-povezivat-ce-sve-u-lancu-proizvodnje-hrane-15345647>)

2.2. Upotreba robota u području poljoprivrede

Robotika kao i autonomni sustavi, danas se sustavno implementiraju u velike sektore gospodarstva s problematikom niske produktivnosti, kao što je upravo poljoprivredno-prehrambeni sektor.

Robotika stoga ima značajnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji kao i samom gospodarenju. Prema istraživanjima došlo je do naglašavanja same tehnologije nužne za dizajniranje autonomnih poljoprivrednih alata budući da je konvencionalnim poljoprivrednim strojevima nedostajala učinkovitost (Dursun i Ozden, 2011.). Promatrajući navedeno može se zaključiti kako temeljna svrha osmišljavanja navedene tehnologije leži u zamjeni ljudskog rada, odnosno prema usmjeravanju za proizvodnju učinkovite koristi kako u malim tako ujedno i u velikim proizvodnjama.

U sektoru poljoprivrede uočava se kako sam prostor za robotske tehnologije je usmjeren prema povećanju produktivnosti. To bi značilo kako roboti na autonoman način obavljaju velik dio različitih poljoprivrednih operacija kao što su primjerice kultiviranje, navodnjavanje, osiguravanje da nepovoljni uvjeti nemaju utjecaja na proizvodnju, osiguravanje povećavanja preciznosti i ujedno upravljanja pojedinim biljkama na različite načine.



Slika 4. Primjena robota u poljoprivredi

(Izvor: <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotografija-4.-Primjena-robota-u-poljoprivredi-1-1068x712.jpg>)

2.2.1. Uporaba robotike u području navodnjavanja

Kada se govori o poljoprivrednom sektoru tumači se kako sam poljoprivredni sektor troši čak 85 % raspoloživih resursa slatke vode diljem svijeta. Ono što je za očekivati je svakako da će porastom stanovništva ujedno rasti i potreba za hranom.

Navedena stavka stoga potražuje osmišljavanje što učinkovitije tehnologije kako bi se osiguralo pravilno korištenje vodenih resursa u području navodnjavanja. Što se tiče ručnog navodnjavanja, odnosno navodnjavanja koje se temeljilo na mjerenju vode u tlu, isto je zamijenjeno tehnikama koje se odnose na automatski raspored navodnjavanja. Evapotranspiracija biljaka koja je ovisila o različitim atmosferskim parametrima kao što su vlažnost, brzina vjetra, sunčevo zračenje pa čak i faktori usjeva kao što su stadij rasta, gustoća biljaka, svojstva tla i štetočine uzimaju se u obzir pri implementaciji autonomnih strojeva za navodnjavanje (Talaviya i sur., 2020.).

Kumar (2014.) navodi kako različite metode navodnjavanja za svoj primarni motiv imaju razvoj sustava koji ima smanjenu uporabu resursa i potencijal prema povećanju učinkovitosti. Uređaji kao što su primjerice mjerač plodnosti kao i PH metar postavljaju se na teren kako bi došlo do

određivanja plodnosti tla na temelju otkrivanja postotka primarnih sastojaka tla poput primjerice kalija, fosfora te dušika.

Tumači se kako automatski uređaji namijenjeni za navodnjavanje biljaka se sade na terenu putem bežične tehnologije za navodnjavanje kap po kap. Upravo ova metoda osigurava samu plodnost tla i isto tako na ovaj način dolazi do osiguravanja učinkovitog korištenja vodenih resursa. Može se zaključiti stoga kako je tehnologija pametnog navodnjavanja zapravo razvijena za samo povećavanje proizvodnje i to bez da dođe do uključivanja većeg broja ljudi (Griepentrog, 2016.) (Paraforos i sur., 2016.) (Talaviya i sur., 2020.).

Ovo se provodi detekcijom razine vode, temperature samog tla, sadržaja hranjivih tvari kao i vremenskih uvjeta. Sama aktivacija se stoga izvori prema mikrokontroleru i to uključivanjem ili isključivanjem same pumpe irigatora.

2.2.2. Uporaba robotike kod kultivacije

S obzirom da korov predstavlja iznimnu problematiku u samoj poljoprivredi tumači se kako su Lie Tang i sur. (2000.) iznijeli tehnologiju detekcije korova koja je utemeljena na viziji prirodne rasvjete. Ova tehnologija je stvorena korištenjem nasljednog izračuna koji razlikuje lokaciju u prostoru sjenčanja za otkrivanje korova na otvorenom polju. Navedena tehnologija stoga koristi nečuvane uvjete kao što su primjerice zračenje i sjene, a ti su uvjeti posloženi u mozaik kako bi došlo do otkrivanja vjerojatnosti za korištenje navedenog pri nalaženju lokaliteta, odnosno zone u polju. Svakako da prije razvitka automatiziranog sustava za kontrolu korova potrebno je napraviti razliku između samih sadnica usjeva i korova.

U tom kontekstu upotrebljava se metoda prepoznavanja klijenaca. Aitkenhead i sur. (2003.) implementirali su ovu metodu jednostavnim mjerenjem morfoloških karakteristika oblika lista. Ova metoda ima različitu učinkovitost uglavnom između 52 i 75 % za razlikovanje biljaka od korova, određivanjem varijacija u veličini lista. Druga metoda za uklanjanje korova je implementirana korištenjem digitalne slike. Ova ideja uključivala je samoorganizirajuću neuronsku mrežu. Ali ova metoda nije dala odgovarajuće rezultate koji su se očekivali u komercijalne svrhe, otkriveno je da već postoji tehnologija temeljena na NN koja omogućuje pronalaženje razlika između vrsta s točnošću većom od 75 % (Talaviya i sur., 2020.).

2.3. Upotreba dronova u području poljoprivrede

Bespilotna zrakoplovna vozila (UAV) ili bespilotni eterični okviri (UAS), inače zvani automati, u mehaničkom su okruženju bespilotne letjelice kojima se može daljinski upravljati (Mogli i Deepak, 2018.). Rade zajedno s GPS-om i drugim sensorima koji su na njima montirani. Dronovi se uvode u poljoprivredu za praćenje zdravlja usjeva, praćenje opreme za navodnjavanje, identifikaciju korova, praćenje stada i divljih životinja te sprječavanje moguće katastrofe.

Daljinska detekcija uz korištenje dronova za snimanje, obradu i analizu slike ima veliki utjecaj na poljoprivredu. Čini se da je ruralno poduzeće s velikim entuzijazmom shvatilo nesvakidašnju inovaciju, koristeći te pokretačke instrumente za promjenu trenutnih poljoprivrednih metoda. Potpuna adresabilna procjena aranžmana potaknutih automatizacijom u svakoj pojedinoj relevantnoj industriji je kritična. Razvoj dronova povezan je s bežičnim senzorskim mrežama. Podaci prikupljeni od strane senzora omogućuju dronovima da unaprijedi njihovu upotrebu, na primjer za ograničavanje raspršivanja sintetičkih spojeva na pažljivo određena područja. Budući da postoje nagle i stalne promjene u ekološkim uvjetima, kontrolni krug gotovo sigurno mora reagirati onoliko brzo koliko se razumno može očekivati (Talaviya i sur., 2020.).



Slika 5. Volodrone – megadron za poljoprivredu

(Izvor: <https://agrosavjet.com/john-deere-i-voloco-pter-predstavili-mega-dron-za-poljoprivredu-video/>)

3. STROJNO UČENJE PRI APLIKACIJI PESTICIDA

Poljoprivredi je potrebna modernizacija i automatizacija. Štetočine su jedan od najvećih problema jer mogu uništiti usjeve, a može se reći kako je upravo ovo područje s kojim se svaki poljoprivrednik mora boriti. Svake godine bilježe se gubici u milijardama USD u usjevima zbog bolesti i štetočina (Popp i sur. 2013.). Kako bi zaštitili usjeve od štetočina, farmeri su redovito prskali poljoprivredna zemljišta pesticidima.

Pesticidi su kemikalije koje se koriste za iskorjenjivanje štetnika. Ne samo da se koriste za zaštitu bilja i stoke u poljoprivredi, već se koriste i na javnim površinama za uništavanje komaraca, žohara i drugih nametnika. Otprilike 95 % proizvedenih pesticida koristi se samo u poljoprivredi za zaštitu usjeva. Svaka zemlja želi povećati proizvodnju usjeva. Kako bi zaštitili svoje usjeve od štetočina, poljoprivrednici moraju koristiti pesticide. Izloženost pesticidima raste iz dana u dan. To je rezultiralo povećanjem proizvodnje usjeva, ali ipak važno je istaknuti kako ima brojne štetne učinke na zdravlje ljudi, zdravlje životinja i okoliš. Poljoprivrednici opetovano koriste iste pesticide na svojim usjevima, što je štetno za zdravlje ljudi i okoliš (Katiyar, 2022.).

Pesticidi imaju brojne nedostatke, poput toga što mogu naštetiti poljoprivrednicima tijekom prskanja, utjecati na zdravlje potrošača zbog opskrbnog lanca i oštetiti nezaražene usjeve (Zang 2018.). Pretjerana uporaba pesticida u usjevima također povećava ostatke pesticida u prehrambenim proizvodima, a njihovom kontrolom poljoprivrednici mogu smanjiti potrošnju pesticida za oko 90 %.

3.1. Strojno učenje

Strojno učenje poljoprivrednim strojevima pruža mogućnost učenja bez strogog programiranja. Ono se može podijeliti na nekoliko kategorija, a radi se o području upravljanja usjevima, upravljanje stokom i upravljanje vodom i tlo. Što se tiče upravljanja usjevima, navedeno se odnosi konkretno na predviđanje prinosa i na otkrivanje bolesti, korova na usjevima, same kvalitete usjeva kao i prepoznavanje vrsta. Radi se zapravo o vrlo bitnom alatu namijenjenom za osiguravanje potpore pri donošenju odluka vezanih za predviđanje prinosa samih usjeva čime je uključena ujedno i potpora koja se odnosi na odluke o tome koje konkretno usjeve je potrebno uzgajati, odnosno što je potrebno raditi tijekom same sezone rasta usjeva.



Slika 6. Strojno učenje i digitalne tehnologije

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bit-prioritet/>)

Točan model koji se odnosi na predviđanje samih prinosa usjeva je model koji pruža pomoć poljoprivrednicima da se odluče što konkretno će uzgajati, odnosno kada će navedeno rasti. Jedna od temeljnih briga u samom području poljoprivrede su upravo štetnici i druge bolesti, odnosno provođenje kontrole na otvorenom, ali isto tako i u zaštićenim područjima. Što se tiče najrastranjenije prakse u području suzbijanja štetnika i bolesti, navedena se odnosi na ravnomjerno apliciranje pesticida i to na području samih usjeva. Navedena praksa je učinkovita, no isto tako ova praksa nosi vrlo visoke financijske, ali jednako tako i ekološke troškove. Što se tiče samog utjecaja na okoliš, ovdje se navodi problem ostataka pesticida u biljnim proizvodima, nuspojave koje se odnose na onečišćenje podzemnih voda, utjecaj na sam ekosustav i ostalo.

Algoritmi strojnog učenja stoga zajedno sa sensorima zapravo dovode do točnog otkrivanja korova, odnosno nametnika s niskim troškovima i ujedno bez ekoloških problema i nuspojave. Tumači se kako strojno učenje može zapravo omogućiti razvoj alata i robota namijenjenih za uništavanje korova, a koji kao takvi minimaliziraju upotrebu herbicida (Shrivastava i sur., 2018).

Tehnologija igra vitalnu ulogu u agrobiznisu. Uključivanje mnogih tehnologija u tradicionalnu poljoprivredu transformiralo ju je u digitalnu poljoprivredu. Umjetna inteligencija jedna je od obećavajućih tehnologija koja se može koristiti za upravljanje pesticidima (Talaviya i sur.

2020.). Ako se pravilno koristi, povećava se učinkovitost i smanjuje štetan utjecaj pesticida na okoliš. Trenutno je umjetna inteligencija skupa i ponekad ograničava svoju primjenu na domenu poljoprivrede. Ovih dana mnoge industrije rade za to kako bi smanjile početne troškove, podižući svijest i proizvodeći ekološki prihvatljive uređaje kako bi šira populacija mogla biti od koristi. Tehnologija interneta stvari (IoT) može se integrirati za razvoj povezanih aplikacija za poljoprivrednike (Folorunso i sur., 2023.).

Umjetna inteligencija na taj način može podržati poljoprivrednike u analizi višestrukih problema povezanih sa štetočinama, klimom, tlom, vodom itd. Masivno rukovanje podacima s vrhunskom preciznošću snaga je umjetne inteligencije koja se koristi za donošenje odluka u žetvi (Katiyar i Farhana 2021.). Mnogi zadaci koje obavlja ljudski rad u poljoprivredi, poput prskanja pesticidima, uklanjanja korova, sjetve sjemena mogu se obaviti putem robota, dronova, bespilotnih letjelica.

Danas stoga poljoprivrednici koriste inovativne pristupe kao što su umjetna inteligencija i Internet stvari (IoT) kako bi zaštitili svoje usjeve, povećavajući profit i održivu poljoprivredu. Ove tehnologije u nastajanju vrlo precizno identificiraju štetočine, a prskanje pesticidima može se obaviti samo na određenim ravninama.

Postoji nekoliko izazova za implementaciju takvih tehnologija kao što su dostupnost interneta i problemi svjesnosti u ruralnim područjima (Abate i sur., 2000.). Nakon što se ti izazovi prevladaju, upravljanje pesticidima korištenjem umjetne inteligencije smatrat će se novim i izvedivim rješenjem za zaštitu usjeva od štetnika.

3.1.1. Strojno učenje pri analizi komponenti i sastava tla

Održivi poljoprivredni rast i povećani prinosi usjeva moguće su posljedice melioracije zemljišta i upravljanja proizvodnim resursima. Povećani prinosi mogu se postići u intenzivnom uzgoju primjenom odgovarajućih izvora ishrane i doza primjene. Kvaliteta tla u osnovi znači sposobnost tla da funkcionira, a ta se sposobnost može naznačiti procijenjenim fizičkim, kemijskim i biološkim svojstvima tla, često poznatim kao pokazatelji kvalitete tla.

Može se predvidjeti nekoliko istraživanja tla kako bi se adekvatno kvantificirao okvir tla, a znanstveno utemeljeni indeksi o kvaliteti tla pružaju vrijedne podatke upraviteljima farmi za donošenje odluka. Ovi indeksi uključuju važne značajke tla, uključujući opskrbu

odgovarajućim količinama vode i hranjivih tvari, otpornost i oporavak od fizičke degradacije te podržavanje rasta biljaka uz pravilno upravljanje (Folorunso i sur., 2023.).

Održivo upravljanje poljoprivrednim zemljištem zahtijeva dubinsko poznavanje odnosa između fizičkih svojstava tla i mnogih agronomskih i ekoloških čimbenika. Na dostupnost hranjivih tvari utječu kemijska i fizikalna svojstva tla, kao što su izvorni materijal i prirodni minerali, organska tvar, dubina temeljne stijene, pijeska ili šljunka, propusnost, sposobnost zadržavanja vode i drenaža. Raspodjela hranjivih tvari također je određena biljnim i atmosferskim uvjetima.

Na koncentraciju hranjivih tvari u otopini tla utječu sadržaj vode u tlu, dubina, pH, kapacitet kationske izmjene, redoks potencijal, organska tvar u tlu, mikroba aktivnost, sezona i primjena gnojiva. Obično je dugotrajno i skupo procijeniti i ocijeniti komponente i kvalitete tla. Prediktivno kartiranje tla uobičajeni je pristup modeliranju koji se koristi za procjenu prostorne distribucije komponenata tla kada stvarni podaci iz uzoraka nisu dostupni.

Mnogi od ovih pristupa oslanjaju se na prediktivne karte ili procjenu varijabli povezanih s tlom na neizmjenim lokacijama na temelju podataka s terena korištenjem matematičkih ili statističkih modela odnosa između tla i drugih elemenata okoliša. Kako bi odredili razinu hranjivih tvari, sastav i druga svojstva uzorka tla, znanstvenici provode ispitivanje tla. Ispitivanje tla može uključivati različite tehnike i preporuke za gnojivo kako bi se odredila plodnost tla i odredili nedostaci koje je potrebno riješiti. Analiza tla pruža informacije korisne poljoprivrednicima i potrošačima pri odlučivanju kada i koliko gnojiva i stajnjaka treba primijeniti tijekom ciklusa rasta usjeva. Skupovi podataka o tlu uključuju informacije o prikladnosti zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, zrelosti tla, teksturi tla, meteorološkim podacima, sadržaju vlage, klasama tla, boji tla, kovarijantnim podacima, hranjivim tvarima u tlu i elementima u tragovima (Folorunso i sur., 2023.).

Korištenje kovarijantnih podataka o okolišu olakšava uspostavljanje povezanosti između svojstava tla i različitih čimbenika okoliša. Na proces formiranja tla i njegove karakteristike utječe nekoliko čimbenika, uključujući ali ne ograničavajući se na klimatske uvjete, topografske značajke, vegetacijski pokrov, korištenje zemljišta i prirodu matičnog materijala. Integracija kovarijantnih podataka može poboljšati učinkovitost modela predviđanja tla omogućavanjem sveobuhvatnijeg razumijevanja zamršenog međudjelovanja između tla i okolnog ekosustava.

Uključivanje kovarijantnih podataka o okolišu je imperativ u predviđanju tla zbog njegove sposobnosti da poveća naše razumijevanje povezanosti tla i okoliša, uhvati prostornu heterogenost, ponudi uvid u temeljne mehanizme, omogući amalgamiranje podataka i olakša

donošenje informiranih odluka u vezi s upravljanjem zemljištem. Integracija kovarijantnih podataka u modele predviđanja tla povećava njihovu preciznost i korisnost u različitim domenama, kao što su poljoprivreda, upravljanje okolišem i upravljanje korištenjem zemljišta.

Algoritam strojnog učenja i pristup dubokog učenja mogu točno predvidjeti uvjete tla i obavijestiti može li se ondje uzgajati usjev s obzirom na ulazne podatke modela. Iz procjene literature uočeno je da zadatak predviđanja tla ili poljoprivrednih prinosa putem strojnog učenja predstavlja značajne izazove. Netočni podaci mogu smanjiti preciznost predviđanja. Proces generalizacije modela ometa varijacije regionalnih čimbenika, klimatskih uvjeta i poljoprivrednih praksi. Osim toga, odabir značajnih značajki iz više čimbenika utjecaja zahtijeva stručnost i eksperimentiranje u domeni. Kako bi se tehnologija koristila na odgovoran način, neophodno je riješiti sva ova pitanja.

Usavršavanje tehnika strojnog učenja u svrhu predviđanja karakteristika tla i prinosa usjeva omogućeno je stručnom suradnjom, praćenjem modela i modificiranjem. Primjena tehnika strojnog učenja na analizu informacija o tlu može dovesti do optimizacije upotrebe gnojiva, predviđanja izbijanja štetočina i bolesti te preporuke preciznih strategija navodnjavanja. To može rezultirati povećanom poljoprivrednom produktivnošću i učinkovitim upravljanjem zemljišnim resursima (Wolfert i sur., 2017.).



Slika 7. Analiza komponenti i sustava tla

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bit-prioritet/>)

3.1.2. Strojno učenje u apliciranju pesticida putem drona

Bespilotni zrakoplovi, inače zvani dronovi, uglavnom su utemeljene na inovacijama senzora i mikrokontrolera koji su posebno razvijeni s očekivanjem da će nadomjestiti izostanak pilota i u skladu s tim osnažiti putovanje bespilotnih vozila i njihovo neovisno ponašanje. Ove bespilotne letjelice poljoprivrednici već dugi niz godina koriste kao raspršivače tvari i smatraju se učinkovitim i od velike važnosti u situacijama oblačne klime, a također su riješili problem nedostupnosti polja visokih usjeva, primjerice kukuruza. Osim toga, također je prihvaćeno da imaju solidnu povoljnu poziciju u usporedbi sa satelitskim zračnim sensorima visoke rezolucije slike (Folorunso i sur., 2023.).

Giles i sur. (1987.) naknadno su opremili raspršivač za plantaže sa zračnim nosačem s okvirom upravljanja raspršivačem temeljenim na mikroracunalu. Okvir za procjenu volumena lišća, s obzirom na ultrazvučne pretvornike raspona, bio je povezan s računalom koje je kontroliralo razdjelnike s 3 mlaznice na svakoj strani raspršivača korištenjem kontrolnih proračuna koji ovise o količini raspršenog sredstva.

Kale i sur. (2015.) koristili su dronove za raspršivanje sintetičkih tvari na prinosu gdje su dronovi spojeni kako bi aktualizirali kontrolni krug za primjene u hortikulturi. Ovi dronovi sa sensorima implementirani su na usjeve u polju poznatim kao mreže daljinskih senzora (WSN), a kontroliraju put do primjene sintetičkih spojeva. Podaci prikupljeni ovim daljinskim sensorima ograničavaju dronove da raspršuju sintetičke tvari samo u dodijeljene regije.

Huang i Reddy (2015.) napravili su raspršivač malog obujma za bespilotni helikopter. Helikopter korišten u ovom istraživanju ima glavni razmak rotora od 3 m i najekstremniji korisni teret od 22,7 kg. Ova tehnika i sustavni rezultati iz ove metodologije daju preteču koja bi se mogla koristiti u stvaranju okvira aplikacija za letenje dronova za veće prinose koji imaju veću ciljnu stopu.

Xue i sur. (2016.) izgradili su programirani leteći okvir temeljen na bespilotnoj letjelici. Okvir je koristio temeljito koordinirano i ultranisko energetski MSP430 jednočipno minijaturizirano osobno računalo s besplatnim praktičnim modulom. Ovaj leteći okvir programiran je za koordinaciju drona za prskanje na traženim ili željenim područjima na poljima. Konzistencija raspršivanja za ove testove bila je bolja od standardnog zahtjeva za koeficijent raznolikosti raspršivanja ultra-male količine.

Zhu i sur. (2010.) razvili su ujedno prvi kontroler preciznog prskanja za bespilotne letjelice. Dron se može daljinski kontrolirati ili automatizirati unaprijed modificiranim planovima leta. Prema ovom ispitivanju, kontroler se razvija kao sustav visoke točnosti za primjene prskanja. Dodatno je zadužen za smjernice mjere pesticida kako bi se održala strateška distanca od ekstremne primjene. Neumjerena uporaba pesticida može pokazati neučinkovitost ili štetu za prinos.



Slika 8. Aplikacija pesticida dronom

(Izvor: <https://ekioglas.ba/edukacija/90/primjena-dronova-u-poljoprivredi>)

3.2. Primjer integriranog pristupa suzbijanja štetočina u poljoprivredi – Agrio

Suvremeni postupci zaštite bilja koji se provode na farmama s dobrom podrškom rezultiraju značajnim povećanjem prinosa. Nažalost, takve prakse nisu široko prihvaćene i još uvijek ih je teško provesti jer poljoprivrednicima nedostaje potrebna podrška i znanje.

Integrirano suzbijanje štetočina (IPM) pristup je kombiniranja metoda koje bolje djeluju zajedno nego odvojeno. Omogućuje kontrolu bolesti i štetnika upravljanjem ekosustavom, što rezultira dugoročnom kontrolom štetočina koja je manje rizična za poljoprivrednike i okoliš. IPM je ekološki prihvatljiv pristup za koji se pokazalo da smanjuje upotrebu pesticida za 80 % ili više u usporedbi s konvencionalnim pristupima kontroli štetočina.

Uz IPM, praćenje usjeva i ispravno identificiranje štetnika zahtijeva dobro obučene stručnjake. Odluka o odabiru jednog tretmana umjesto drugog temelji se na nizu čimbenika koji uključuju identitet štetnika, broj zahvaćenih usjeva i okoliš. Ako se liječenje treba primijeniti, treba ga zakazati u vrijeme koje je najekonomičnije. Agrio je integrirani alat za suzbijanje štetočina temeljen na umjetnoj inteligenciji koji pomaže u uklanjanju jaza u potpori koju poljoprivrednici

dobivaju. Agrio olakšava modernu prilagodbu zaštite bilja i jednostavan je za korištenje, pristupačan i skalabilan.

Digitalna izvješća automatski se nadopunjuju uvidima dobivenim pomoću algoritama umjetne inteligencije. Tijekom procesa izviđanja, zadaci koji se temelje na lokaciji dijele se sa suradnicima kako bi postupak liječenja bio učinkovitiji i precizniji. Poljoprivrednicima može biti izazovno identificirati točne patogene, kao i odlučiti o ekonomskom pragu koji zahtijeva program liječenja.

Agrio na taj način predstavlja rješenje koje omogućuje korisnicima da se oslone na dobro uvježbane algoritme umjetne inteligencije kako bi identificirali probleme s njihovim usjevima i odlučili o potrebi tretmana. Ako se smatra da je potrebno liječenje, mogućnosti su brojne i postoji učinkovit način da se slijedi protokol koji je s najmanjim ekološkim i ekonomskim rizikom. Sustav podrške odlučivanju omogućuje poljoprivrednicima da slijede dosljedan znanstveni režim koji optimizira proces suzbijanja štetočina.

Vrijeme je ključno kada je u pitanju zaštita usjeva, a učinkovit IPM program bi mogao imati koristi od poljoprivrednika koji znaju što mogu očekivati prije nego što se zaraze njihova polja. Prevencija je najčešće najbolja opcija liječenja. U ekstremnijim epidemijama, organizacije ostaju nespremljene kada štetočina ili bolest napadnu novi teritorij.

Agrio prati globalno širenje i korisnicima daje upozorenja o štetnicima i bolestima koja im omogućuju da minimiziraju iznenađenja tijekom vegetacijskih sezona. IPM programi uzimaju u obzir brojna opažanja provedena na temelju istraživanja. Primjenjujući njihova opažanja u stvarnom vremenu i olakšavajući komunikaciju između suradnika, pružaju se rješenja koja značajno smanjuju resurse upravljanja koji su potrebni za informiranje, koordinaciju operacija zaštite bilja i praćenje napredovanja epidemija.



Slika 9. Suvremeni postupci zaštite bilja

(Izvor: <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/stetnici-i-biljne-bolesti-krivci-za-gubitak-40-poljoprivrednih-usjeva-u-svijetu/56643/>)

4. BUDUĆI IZAZOVI ZA PODRUČJE UMJETNE INTELIGENCIJE I STROJNOG UČENJA U POLJOPRIVREDI

Uočeno je kako se konkretno poljoprivreda suočava s vrlo značajnim poteškoćama kao što je primjerice nepostojanje sustava navodnjavanja, promjene temperature, promjene u području podzemne vode, nestašice kao i rasipanje hrane i brojne druge. Sama sudbina kultiviranja stoga u velikoj mjeri je u ovisnosti od samog područja prijema različitih spoznajnih rješenja. Primjerice, dok su istraživanja velikih razmjera još u tijeku naglašava se kako su određene aplikacije već dostupne na tržištu dok sama industrija je još uvijek na nedovoljan način opslužena. Ukoliko je riječ o rješavanju realnih izazova s kojima se konkretno suočavaju poljoprivrednici prilikom korištenja autonomnog odlučivanja i prediktivnih rješenja za njihovo rješavanje, poljoprivreda je zapravo još uvijek u početnoj fazi (Talaviya i sur., 2020.).

Kako bi se istražio ogroman opseg umjetne inteligencije u poljoprivredi, aplikacije moraju biti robusnije. Tek tada će se moći nositi s čestim promjenama vanjskih uvjeta, olakšati donošenje odluka u stvarnom vremenu i koristiti odgovarajući okvir/platformu za prikupljanje kontekstualnih podataka na učinkovit način. Drugi važan aspekt je pretjerana cijena različitih kognitivnih rješenja koja su dostupna na tržištu za uzgoj. Rješenja moraju postati pristupačnija kako bi se osiguralo da tehnologija dopre do masa. Platforma otvorenog koda učinila bi rješenja pristupačnijima, što bi rezultiralo brzim usvajanjem i većim prodorom među poljoprivrednicima.

Tehnologija će biti korisna u pomaganju poljoprivrednicima u postizanju visokih prinosa i boljem sezonskom usjevu u redovitim intervalima. Tehnologija umjetne inteligencije bit će korisna za predviđanje vremena i drugih uvjeta povezanih s poljoprivredom poput kvalitete zemljišta, podzemnih voda, ciklusa usjeva i napada štetočina itd. Točna projekcija ili predviđanje uz pomoć tehnologije umjetne inteligencije smanjit će većinu zabrinutosti poljoprivrednika. Senzori vođeni umjetnom inteligencijom vrlo su korisni za izdvajanje važnih podataka povezanih s poljoprivredom. Podaci će biti korisni za povećanje proizvodnje. U poljoprivredi postoji ogroman prostor za ove senzore (Talaviya i sur., 2020.).

Senzori osnaženi umjetnom inteligencijom također se mogu instalirati u robotsku opremu za žetvu kako bi se dobili podaci. Nagada se da bi savjeti temeljeni na umjetnoj inteligenciji bili korisni za povećanje proizvodnje za 30%. Najveći izazov za poljoprivredu su štete na usjevima zbog bilo koje vrste nepogoda uključujući i napad štetnika.

Većinu vremena zbog nedostatka odgovarajućih informacija poljoprivrednici gube svoje usjeve. U ovom kibernetičkom dobu tehnologija bi bila korisna poljoprivrednicima da zaštite svoje uzgoje od bilo kakvih napada. U tom će smjeru biti korisno prepoznavanje slika omogućeno umjetnom inteligencijom. Mnoge su tvrtke uvele bespilotne letjelice za praćenje proizvodnje i prepoznavanje bilo kakve vrste napada štetočina. Takve aktivnosti su više puta bile uspješne, što daje inspiraciju za sustav za praćenje i zaštitu usjeva.

Od otkrivanja štetočina do predviđanja koji će usjevi donijeti najbolje povrate, umjetna inteligencija može pomoći čovječanstvu da se suoči s jednim od svojih najvećih izazova, a to je prehraniti dodatne 2 milijarde ljudi do 2050., iako klimatske promjene ometaju sezone rasta, umjetna inteligencija će stoga vrlo vjerojatno transformirati poljoprivredu i tržište u sljedećih nekoliko godina (Wolfert i sur., 2017.).



Slika 10. Savladavanje budućih izazova u poljoprivredi

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bit-prioritet/>)

5. ZAKLJUČAK

Poljoprivredna industrija suočava se s raznim izazovima kao što su nedostatak učinkovitih sustava za navodnjavanje, korov, problemi s praćenjem biljaka zbog visine usjeva i ekstremnih vremenskih uvjeta. Učinak praćenja se može povećati uz pomoć tehnologije. Može se poboljšati različitim tehnikama koje pokreće umjetna inteligencija kao što su daljinski senzori za otkrivanje sadržaja vlage u tlu i automatizirano navodnjavanje uz pomoć GPS-a. U konvencionalnim strategijama bila je potrebna ogromna količina rada za dobivanje karakteristika usjeva kao što su visina biljke, tekstura i sadržaj tla, na ovaj način dolazilo je do ručnog testiranja koje je bilo zamorno. Uz pomoć različitih ispitanih sustava, došlo bi do brze i neškodljive fenotipizacije visoke propusnosti s dodatkom prilagodljive i korisne aktivnosti, pristupa informacijama na zahtjev i prostornih ciljeva.

Prema svemu navedenom uočava se kako umjetna inteligencija stvara zapravo svojevrsne valove u industrijama i sektorima i to pridonoseći značajnom povećanju prihoda, a samim time i s druge strane padu troškova poslovanja. Sustavi poljoprivrednih strojeva koji upotrebljavaju umjetnu inteligenciju za precizne poljoprivredne funkcije kao što je primjenjivanje gnojiva ili učinkovitijeg uzgoja usjeva, primjena pesticida i ostalo, imaju vrlo značajne prednosti za same poljoprivrednike.

Precizna poljoprivreda ne samo da će poboljšati samu produktivnost poljoprivrednih gospodarstava, nego isto tako će pružiti pomoć poljoprivrednicima da se izvrši ublažavanje rizika i to smanjivanjem operativnih troškova te ujedno tako i poboljšavanjem same profitabilnosti, segmentom očuvanja zemljišta i vodenih resursa, a sve u svrhu očuvanja dugoročne održivosti čime se pomaže poljoprivrednicima da isti ostanu konkurentnima tijekom određenih nepredvidljivih poljoprivrednih poslovnih ciklusa.

Naglašava se isto tako kako umjetna inteligencija ima i temeljnu ulogu u području ublažavanja klimatskih promjena. Tako primjerice dušik koji se nalazi u gnojivu je isti dušik koji može biti izvorom emisije stakleničkih plinova i onečišćenja. Ukoliko se navedenom stavkom na pravilan način upravlja i koristi tada je jasno kako može doći do preciznije poljoprivrede, odnosno može doći do smanjenja i izbjegavanja prekomjerne primjene i smanjenja otjecanja kao i minimalizacije emisije navedenog.

Umjetna inteligencija na taj način se koristi kombiniranjem s automatiziranim strojevima odnosno strojnim učenjem i korištenjem velikih podataka zajedno sa sensorima. Precizna tehnologija stoga koristi ujedno i računalni vid i tehnologije strojnog učenja prilikom čega se rješavaju brojni, trenutni i budući problemi.

6. LITERATURA

1. Dursun, M., Ozden, S. (2011.): „A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors“. *Sci. res. Essays* 6(7): 1573-1582. (04.09.2023)
2. Ferguson, R. B., Shapiro, C. A.; Hergert, G. W. (1991.): „Nitrogen and Irrigation Management Practices to Minimize Nitrate Leaching from Irrigated Corn.“ *JPa* 7(2): 186(04.09.2023)
3. Folorunso, O., Oluwafolake, O., Josua, A., Olabanjo, O. (2023.): „Exploring Machine Learning Models for Soil Nutrient Properties Prediction: A Systematic Review.“ *Big Data Cogn. Comput.* 2023, 7(2), 113(04.09.2023)
4. Huang, Y., Hoffmann, W. C., Lan, Y., Wu, W., Fritz, B. K. (2009.): „Development of a Spray System for an Unmanned Aerial Vehicle Platform“ (04.09.2023)
5. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering.*, 5 (12): 804-807(04.09.2023)
6. *International Journal of Scientific Engineering and Technology, IEERT conference.* str. 123-125(04.09.2023)
7. Griepentrog H. (2016.). „A Farm Management Information System Using Future Internet Technologies.“ *IFAC-PapersOnLine*, 49, 324- 329(04.09.2023)
8. Kale, S. D., Khandgale, S. V., Gaikwad, S. S., Narve, S.; Gangal, P. V. (2015.): „Agriculture drone for spraying fertilizer and pesticides“ (04.09.2023)
9. Kariyar, S. (2022.): „The Use of Pesticide Management Using Artificial Intelligence. Artificial Intelligence Applications in Agriculture and Food Quality Improvement“ (04.09.2023)
10. Kim, Y. J., Evans, R. g., Iversen, W. M. (2008.): „Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network.“ *IEE Trans. Instarum. Meas.* 57(7): 1379-1387. (04.09.2023)
11. Kumar, G. (2014.): „Research paper on water irrigation by using wireless sensor network“ (04.09.2023)
12. Lee, J., Wang, J., Crandall, D., Sabanovic, S., Fox, G. (2017.): „Real-time, cloud-based object detection for unmanned aerial vehicles.“ 2017 First IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). (04.09.2023)
13. Levak, V. (2016.): „Preduvjeti za povećanje konkurentnosti poljoprivrede Republike Hrvatske“, *Doktorski rad, Agronomski fakultet, Zagreb*(04.09.2023)

14. Liakos, K., Busato, P., Moshou, D., Person, S., Bochtis, D. (2018.): „Machine Learning in Agriculture: A Review.“ *Sensors* 18(8): 2674(04.09.2023)
15. Panpatte, D. G. (2018.): „Artificial Intelligence in Agriculture: An Emerging Era of Research.“ *Interantional Science. Canada*, str. 1-8(04.09.2023)
16. Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., Sahah, M. (2020.): „Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides.“ *Artificial Intelligence in Agrculture*. 4: 58-73(04.09.2023)
17. Xue, X., Lan, Y., Sun, Z., Chang, C., Hoffmann, W.C. (2016.): „Develop an unmanned aerial vehicle based automatic aerial spraying system. *Computers and Electron- ics in Agriculture*,“ 128, 58–66. (04.09.2023)
18. Shrivastava S., Marshall-Colon A. (2018.). „Big Data in Agriculture and Their Analyses.“ *University of Illinois at Urbana-Champaign, SAD*. (04.09.2023)
19. Zhu, H., Lan, Y., Wu, W., Hoffmann, W. C., Huang, Y., Xue, X., Fritz, B. (2010.): „Development of a PWM Precision Spraying Controller for Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Bionic Engineering*,“ 7(3), 276–283. (04.09.2023)
20. Fountas S., Carli G., Sørensen C.G., Tsiropoulos Z., Cavalaris C., Vatsanidou A., Liakos B., Canavari M., Wiebensohn J., Tisserye B. (2015.). „Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*,“ 115, 40-50(04.09.2023)
21. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.J. (2017.). „Big Data in Smart Farming –A review. *Agricultural Systems*,“ 153: 69-80. (04.09.2023)
22. Agrio, <https://agrio.app/Artificial-Intelligence-for-Integrated-Pest-Management/> (datum pristupanja: 19.08.2023.)
23. Slika 1. <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotorafija-3.-Prikupljanje-informacija-s-polja-ilustracija-1.jpg>(04.09.2023)
24. Slika 2. <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotografija-1.-Primjena-dronova-u-preciznoj-poljoprivredi.jpg>(04.09.2023)
25. Slika 3. <https://novac.jutarnji.hr/novac/startup-report/agrivi-predstavio-chatbot-za-poljoprivrednike-agrivi-ed-povezivat-ce-sve-u-lancu-proizvodnje-hrane-15345647>(04.09.2023)
26. Slika 4. <https://gospodarski.hr/wp-content/uploads/Fotografija-4.-Primjena-robotu-u-poljoprivredi-1-1068x712.jpg>(04.09.2023)
27. Slika 5. <https://agrosavjet.com/john-deere-i-volocopter-predstavili-mega-dron-za-poljoprivredu-video/>(04.09.2023)

28. Slika 6. [https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/\(04.09.2023\)](https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/(04.09.2023))
29. Slika 7. [https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/\(04.09.2023\)](https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/(04.09.2023))
30. Slika 8. <https://ekioglas.ba/edukacija/90/primjena-dronova-u-poljoprivredi>
31. Slika 9. [https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/stetnici-i-biljne-bolesti-krivci-za-gubitak-40-poljoprivrednih-usjeva-u-svijetu/56643/\(04.09.2023\)](https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/stetnici-i-biljne-bolesti-krivci-za-gubitak-40-poljoprivrednih-usjeva-u-svijetu/56643/(04.09.2023))
32. Slika 10. [https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/\(04.09.2023\)](https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/razvoj-digitalne-poljoprivrede-treba-bitiprioritet/(04.09.2023))