

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
INSTITUT ZA POLJOPRIVREDNU TEHNIKU  
i  
ZADRUŽNI SAVEZ SRBIJE**

18. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem  
AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE

*18th Scientific Conference  
CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES  
IN AGRICULTURAL ENGINEERING*

**ZBORNIK RADOVA**  
***PROCEEDINGS***

ISBN 978-86-7834-262-2

UDK 631 (059)

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6  
Zemun – Beograd, Republika Srbija  
9.12.2016. godine

# PRIMENA DRONA U POLJOPRIVREDI

Mičo V. Oljača\*<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>1</sup>, Milan Dražić<sup>1</sup>,  
Dušan Radojčić<sup>1</sup>, Marković Dragan<sup>2</sup>, Simonović Vojislav<sup>2</sup>, Marković Ivana<sup>2</sup>,  
Milorad Đokić<sup>3</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd-Zemun

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, Beograd

<sup>3</sup>Univerzitet EDUKONS, Fakultet za biofarming, Novi Sad

<sup>4</sup>Univerzitet Goce Delčev, Mašinski fakultet, Štip, R.Makedonija

## SAŽETAK

Rad analizira mogućnost i potrebu primene posebnih tipova robota (bespilotne mini letelice različitih konstrukcija sa oznakom UAV) u poljoprivredi (agrodron). U Svetu je 2015. godina proglašena (Fortune Magazin, 2016) godinom uspona i velike primene dron letelica u svim oblastima ljudskih aktivnosti, a naročito u poljoprivredi i šumarstvu (75 % upotrebe). To je značajno za velike površine farmi, gde ove mini letelice imaju mnogobrojne korisne funkcije i veoma ekonomičnu primenu.

Let agrodrona od 45 min, sa visinom od 1 m do 120 m, može analizirati više funkcionalnih parametara na približno 120 ha pod usevima, i sve podatke poslati na više lokacija (računsko-informativni centar, mobilni telefoni korisnika i slično). Danas neki tipovi agrodrona imaju relativnu cenu do 2.000 USD, ukoliko korisnici (farmeri) sami sastave agrodron od kupljenih delova. Ipak cena ovih mini letelica može biti i do 250.000 USD za posebne modele koji koristi vojska, kada su opremljeni specijalnim infracrvenim kamerama, senzorima i drugom HD video tehnologijom koju kontroliše operater (pilot) sa površine zemlje. Upotreba agrodrona je možda skupa na početku, ali istraživanja pokazuju da mnogobrojni podaci koje prikupljaju (na primer: identifikovanje vrste insekata i biljnih bolesti, potrebe navodnjavanja, procene prinosa ili praćenje kretanja životinja na farmama), pomažu farmerima da povrate uložena sredstva, nekada za samo godinu dana. Farmeri mogu da koriste ove letelice u racionalnoj i preciznoj upotrebi pesticida, herbicida, minaralnih đubriva na osnovu podataka koje dobijaju od agrodrona u sistemu procesa precizne poljoprivrede. Tako farmeri imaju velike finansijske koristi, jer jedan let drona ima cenu flaše obične vode, a podaci koje prikuplja imaju veliku vrednost. Postoji anegdota o farmerima USA koji prvo kupe ili nabave agrodron, a onda lovačkog psa. U radu su predstavljene neke konstrukcije agrodrona i neke ideje primene danas, zbog moguće upotrebe u poljoprivredi Republike Srbije u narednom periodu.

**Ključne reči:** agrodron, bespilotne letelice (UAV), poljoprivreda, budućnost, R.Srbija.

# APPLICATION OF DRONE IN AGRICULTURE

**Mičo V. Oljača\*<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>1</sup>,  
Milan Dražić<sup>1</sup>, Dušan Radojičić<sup>1</sup>, Marković Dragan<sup>2</sup>, Simonović Vojislav<sup>2</sup>,  
Marković Ivana<sup>2</sup>, Milorad Đokić<sup>3</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*University of Belgrade, F. of Agriculture, Dep. AgrEng., Nemanjina 6, Belgrade, R. of Serbia*

<sup>2</sup>*University of Belgrade, Faculty of Mec. Eng., 11000 Belgrade, K. Marije 16, R. of Serbia*

<sup>3</sup>*University of EDUKONS, Faculty of Biofarming, Novi Sad, R. of Serbia*

<sup>4</sup>*University of Goce Delcev, Faculty of Mechanical Engineering, Štip, R. of Makedonia*

## ABSTRACT

The paper analyzes the possibility and necessity of applying special types of robots (mini unmanned aircraft with different constructions with the UAV tag) in agriculture (agrodrome). Year 2015 was declared (Fortune Magazine, 2016) as the year of increase and widespread application of drone aircraft in all areas of human activity, particularly in agriculture and forestry (75% usage). This is important for large areas of farms, where the mini aircraft have numerous useful functions and a very cost-effective application.

Agro drone flight (flight time of 45 min, and the flight altitude of 1 m to 120 m) can be used to analyze more functional parameters on about 120 ha of crops, and all data can be sent to multiple locations (Audit Information Centre, mobile phones users and the like). Today some types of agro drones have a relative price of 2000 USD, if the users (farmers) assemble the drone themselves after purchasing it in parts. However the price of these mini aircraft can be up to 250,000 US\$ for specific models used by the military, when equipped with special infrared cameras, sensors and HD video technology, which is controlled by an operator (pilot) from the surface. Usage of agro drones may be expensive at first, but research shows that many data collected (for example, identifying the species of insects and plant diseases, irrigation, yield assessment or monitoring the movement of animals on farms), help farmers to regain invested funds, sometimes for only one year. Farmers can use these aircraft in order to establish a rational and precise use of pesticides, herbicides, mineral fertilizers, all based on data obtained from the agro drone, used for precision agriculture systems. In this sense, the farmers have significant financial benefits, since one drone flight has an operational cost of a water bottle, and the data collected has great value. There are anecdotes about farmers in the US who first buy an agro drone and afterwards a hunting dog. The paper presents some structures of agro drones as well as ideas for their possible future application in agriculture of the R. of Serbia.

**Keywords:** agro drone, unmanned aerial vehicles (UAV), agriculture, future, R. of Serbia.

## UVOD

New Oxford American Dictionary reč „dron“ (eng. *Drone*) definiše kao „daljinski kontrolisanu bespilotnu letelicu ili projektil“. Merriam-Webster Dictionary kao „bespilotnu letelicu ili plovilo navođeno daljinskim upravljanjem“. Ipak, ovaj termin je odavno počeo da označava mini letelice koje imaju sposobnost autonomnog (samostalnog) leta. Bez obzira da li su navođene GPS-om, sensorima ili optičkom tehnologijom, one stoje u oštrm kontrastu sa uređajima na daljinsko upravljanje (npr. radio-navođenim raznim tipovima aviona), jer operater (čovek) u njihovom slučaju obavezna opcija. Ova razlika povlači još jednu značajnu specifičnost, mišljenje javnosti, da su dronovi veoma skupi, neverovatno sofisticirani, robotizovani mini avioni, koje vojska i obaveštajne službe koriste za razne namene. Američki avion General Atomics MQ-9 Reaper (cena 16,9 mil. USD), ipak odgovara ovakvoj oceni.

Tehničko-tehnološka evolucija dronova je dostigla visok razvoj i podelu, kada je u pitanju forma ovih mini letelica. Vojni dronovi uglavnom imaju formu ili oblik aviona, dok su civilni dronovi najviše konstrukcije rotokopteri (Sl.1.a,b,c). Istovremeno, izrazi kao što su bespilotne letelice, bespilotna vazдушna vozila (eng. *Unmanned Aerial Vehicles*), bespilotni vazduhoplovni sistemi (eng. *Unmanned Aerial Systems*) i, naravno, dronovi, označavaju sve navedene tipove, bez obzira na primenu. Termin „dron“ je isto primenjiv i za mini letelicu iz Francuske Parrot MAMBO, (Sl.1a.) ili CyberQuad (Sl.1b.), kvadkoptere sa cenom do 300 USA\$ za amatersku upotrebu, (težina do 400 gr. i vreme leta do 20 min., nosivost od 250 gr.)



Sl.1. Tipovi dronova: a.) Parrot, b.) CyberQuad, c.) DragonFly X4-ES, d.) Flay EBee  
Fig.1. Types of drones: a.) Parrot, b.) CyberQuad, c.) DragonFly X4-ES, d.) Flay EBee

Dronovi se danas sve više koriste u mirnodopske svrhe, ali treba napomenuti da je bespilotni let u početku bio čisto vojna tehnologija. Pionir ovog koncepta bio je srpski naučnik Nikola Tesla (1856-1943), sa istraživanjima u oblasti elektrotehnike i bežične tehnologije (daljinsko upravljanje), kada je još 1915. godine, futuristički opisao flotu bespilotnih letelica dizajniranih za odbranu USA.

Danas, jedina prepreka koja trenutno stoji pred ambicijama industrije proizvodnje mini i mikro letelica je Američka Federalna agencija za avijaciju (US Federal Aviation Agency, US FAA). Prema zakonima SAD, svi zainteresovani za bilo kakvu upotrebu dronova u vazдушnom prostoru SAD moraju imati posebnu dozvolu (certifikat za upotrebu), a zabranjeno im je da ovakve letelice koriste na visinama većim od 120 m, posebno u oblastima sa gustim vazдушnim saobraćajem (npr. blizu aerodroma). US FAA je od 2007. godine do danas izdala oko 1500 ovih licenci univerzitetima, policiji i drugim organizacijama. Dok je na početku XXI veka bilo u upotrebi 50, danas je na

ratištima u Iraku i Siriji većina od ukupno oko 7.000 ovih letelica, čija tehnologija uključuje sva moderna dostignuća aeronautike, robotike i elektronike (<http://www.voanews.com>).

Kao novo sredstvo vojnih tehnologija, koje svakako menja način kako se vode ratovi – ali i kako se razmišlja o njima – bespilotne letelice imaju prateće kontroverze, kojih ima ih više vrsta: od toga da donose nove nedoumice o „pravilima i običajima” oružanih sukoba, pa do procena da, zato što je njihov učinak „hirurški” precizan i bez gubitaka na strani napadača, u stvari povećavaju rizik međunarodnih sukoba, i smanjuju globalnu upotrebu vojne sile.

Iran je 2015. godine saopštio (<https://www.theguardian.com>) da poseduje bespilotnu letelicu koju je predsednik Avganistana nazvao „ambasadorom smrti”. Naravno, u tom delu sveta u ovoj tehnologiji prednjači Izrael, koji je posle USA, najveći proizvođač različitih tipova „dron letelica” široke namene.

## UPOTREBA DRONA U AKTIVNOSTIMA LJUDI

### Koristi od tipičnog (civilnog) drona

Ako se uzme za primer popularni dron model Parrot MAMBO (Sl. 1a.), onda ova bespilotna letilica relativno mala (58 cm x 58 cm i težinom od samo 380 g), sa četiri rotora omogućuju brzinu horizontalnog leta ove mini letelice do 11 m/s sa zavidnim osobinama vertikalnog poletanja i sletanja, okretima u vazduhu, i slično. Mikroprocesor ovog drona omogućava autonomiju i izvršavanje programiranih instrukcija, Wi-Fi radio modul opciju daljinske kontrole preko drugog Wi-Fi uređaja, HD kamera vizuelne percepcije korisnika i opcioni GPS modul, sposobnost preciznog određivanja lokacije objekata koji se prate ili snimaju.

Prva opcija je upotreba dronova sa neophodnom opremom je samo nadgledanje nekoga i negde uz pomoć kamere i senzora. Ali to može biti i špijuniranje komšija ili nešto ozbiljnije, jer posedovanje ličnog jeftinog vrlo preciznog, dopunskog „oka na nebu“, nekome može dati veliku slobodu i moć. Istovremeno činjenica da je i iznad ljudi mnogo nepoznatih dronova može stvoriti osećaj nelagodnosti, pa čak i paranoje.

Da li dron koji lebdi iznad našeg automobila pripada saobraćajnoj policiji ili nekim teroristima koji su nas odredili za odabrani cilj napada na civilnu populaciju? Kako to sve znati pre nego što bude kasno?. Činjenica da ove bespilotne letelice u svakom trenutku mogu biti pod kontrolom anonimnog pojedinca nepoznatih motiva koji sedi na udaljenoj lokaciji, može biti relevantna za poverenje ljudi prema ovoj novoj tehnologiji?. Interesovanje za primene mini letelica ili dronova za civilnu upotrebu je svakim danom sve veće. Tako je 01. aprila 2016. godine, poštanska služba La Poste Group (Francuska) objavljuje ulazak u partnerstvo sa proizvođačem kvadrikoptera Parrot (Francuska): cilj saradnje je pokretanje projekta bespilotne vazdušne dostave štampe i pošte za provinciju Overnji (južni deo centralne Francuske). Iako se ispostavilo da je ovo saopštenje bilo prvoaprilska šala, upotreba dronova u mirnodopske svrhe daleko je od vica. Dolazak nove ere upotrebe drona nagoveštava i Uredba o modernizaciji i reformi Federalne agencije za avijaciju iz 2012. kojom je Senat SAD naložio da se do 2015. godine postepeno ukinu mnoge restrikcije u vezi bespilotnih vazduhoplovnih sistema kao deo priprema za njihovu komercijalnu upotrebu. Zato, znatan broj kompa-

nija (90 milijardi USD vredna industrija proizvodnje dron letelica) ozbiljno se priprema za borbu u ovoj interesantnoj novoj vazduhoplovnoj revoluciji. I poznatiji univerziteti u Svetu rade na istraživanjima čiji će rezultati civilne dronove učiniti daleko preciznijim od danas postojećih i značajno proširiti mogućnosti buduće primene.

## PRIMENA DRON LETELICA U POLJOPRIVREDI

U poljoprivredi se mogu pojaviti korisnici drona kao:

- Farmeri, koji imaju potrebu za misijom drona u prikupljanju informacija na farmi,
- Poljoprivredni servisi koji prikupljaju inoformacije za više korisnika – farmera.

Glasna i agresivna reklama za upotrebu nekih tipova bespilotnih letelica (dronova) u poljoprivredi, podstakla je dosta kontroverznih reakcija i ideja.

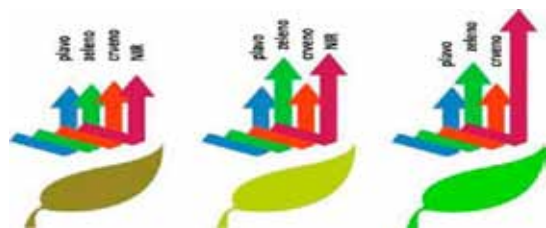
Mnogi autori i istraživači podržavaju i priželjkuju masovnu upotrebu dron letelica u poljoprivredi smatrajući da bi time i precizna poljoprivreda [11] dobila nov kvalitet. Istovremeno drugi oprezniji Autori, bojeći se da ogroman broj podataka dobijen uz pomoć dronova predstavlja problem, kako u njihovoj adekvatnoj obradi, tako i praktičnoj primeni. Istovremeno i pravni aspekt primene drona u poljoprivredi je i dalje nejasan jer navedeni i propisani niz ograničenja (moguće zloupotrebe, na primer: prava na privatnost, mogućnosti vojne i industrijske špijunaže, terorizma, ometanja vazdušnog saobraja, itd.). Mini letelice, dronovi (Sl.1., Sl.8., Sl.9) mogu se koristiti komercijalno u području telekomunikacija, vremenskoj prognozi, saobraćajnog i pomorskog nadzora, transporta, traganja i spasavanja, istraživanjima nalazišta uglja, nafte ili gasa, itd.

Pošto se u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji koriste velike površine zemljišta [11], najviše koristi od dronova, odnosno daljinskog istraživanja terena (praćenja/izviđanja), svakako ima poljoprivreda, jer mini letelice omogućuju relativno lako pravovremeno praćenje stanja i napredovanja useva, utvrđivanje potrebe za navodnjavanjem, prihranom, zaštitom od biljnih bolesti i štetočina, i drugih različitih agrotehničkih mera, ali i utvrđivanje potrebe za posebnim uređenjem zemljišta, njegovim popravkama, uključujući i potrebne meliorativne zahvate. Dron sa GPS navigacijom može brzo obaviti snimanje i kartiranje farme ili proizvodnog područja, precizno i više puta prikazati stanje površine sa štetočinama, pojavu biljnih bolesti, nedostatak vlage u zemljištu i slične operacije na farmama.

I to na tačnim lokacijama (geografska širina i dužina) i odmah omogućiti pravovremenu i brzu reakciju osoblja sa farme, što može drastično racionalizovati i smanjiti troškove proizvodnje, uključujući i broj potrebnih radnika. Za redovno praćenje/izviđanje stanja useva koriste se male i jeftine letelice-mini agrodronovi (Sl.1.) uz čiju pomoć farmer ima širok i precizan pogled „sa neba“.

Istovremeno, može imati i makro pogled, znači krupne kadrove koji se ne mogu dobiti iz satelita ili aviona bez skupe video opreme. Ako se pri pregledu useva uoči problem, može se fotografisati i utvrditi njegova tačna pozicija ponovnim letom drona iznad nekog područja. Naredni korak je kartiranje, odnosno kreiranje precizne digitalne slike proizvodne površine koja se uobičajeno vizuelizuje GIS alatima (geografski informacioni sistem; tzv. pametne karte). Kad se snimanje obavlja sa više kamera u različitim talasim dužinama sunčevog spektra, obradom fotografija može se relativno

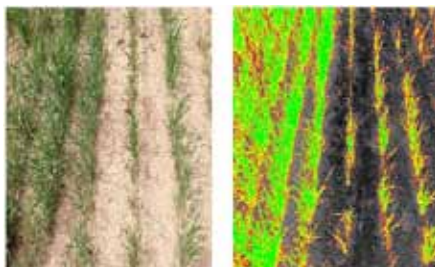
pouzdanost proceniti stanje poljoprivrednih kultura (Sl.2. i 3), najčešće izračunavanjem NDVI indeksa (normalni indeks vegetacije).



Bolestan list List pod stresom Zdrav list

Sl.2. Princip spektralne analize lista useva

Fig.2. The principle of spectral list analysis



Sl.3. Stanje useva pšenice i zemljišta

Fig.3. Condition of Wheat and Soil

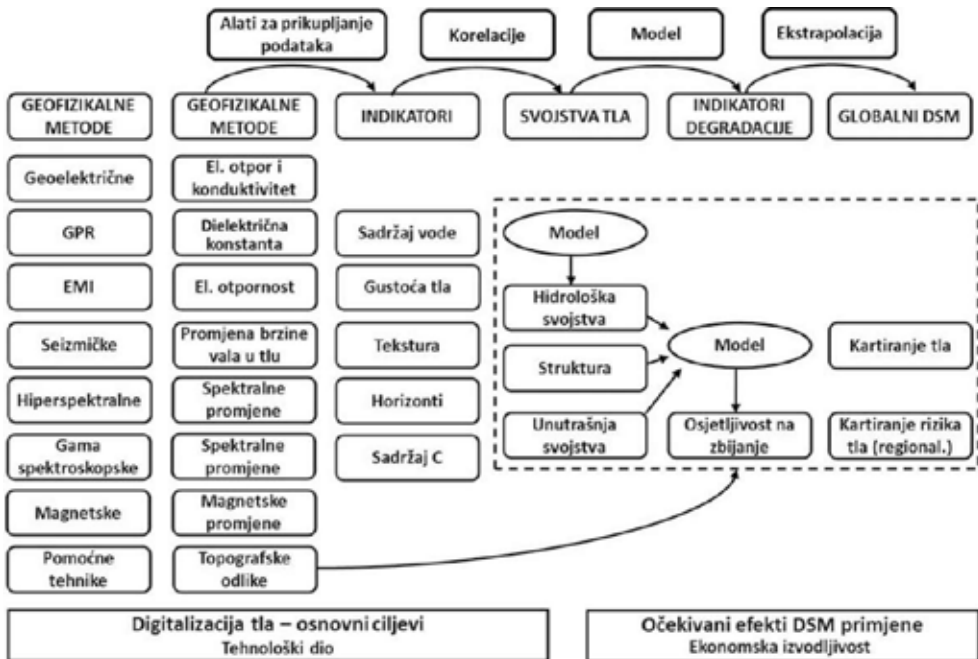
NDVI indeks (Normal Difference Vegetation Index) ima vrednost razlike između intenziteta reflektovane talasne dužine svetlosti sa dve različite frekvencije, (VIS=vidljivi deo spektra, 400-700 nm; NIR=infracrveni deo spektra, 700-1300 nm), prema matematičkoj relaciji:

$$NDVI = (NIR - VIS)/(NIR + VIS)$$

Izvestan broj istraživačkih radova smatra upitnom pouzdanost NDVI jer je to nelinearan indeks, na koga utiču i dodatni faktori: boja zemljišta, sadržaj vode u zemljištu i biljkama, atmosfersko zračenje, količina biomase, boja lišća i drugi faktori. Zato je u primeni korekcija/kalibracija NDVI sa više različitih faktora kao na primer: SAVI = *Soil Adjusted Vegetation Index*, EVI = *Enhanced Vegetation Index* i drugi, kada je moguće analizirati znatno više različitih vegetacijsko-biofizičkih parametara koristeći podatke daljinskih snimanja pomoću mini letelice-drona, jer aktivnost zelenih biljaka/poljoprivrednih kultura uključuje indeks površine lista (LAI), zelenu biomasu, apsorbovanu svetlosnu energiju, CWSI (*Crop Water Stress Index* ili indeks vodnog stresa biljaka), CCCI (*Canopy Chlorophyll Content Index* ili koncentraciju hlorofila u biljnom pokrivaču, koji ukazuje i na ishranjenost biljaka kiseonikom itd. Zato je sve česca praksa da se NDVI indeks koriguje, sa više faktora koje znatno podižu tačnost i pouzdanost NDVI indeksa, pa je korekcionni faktor NNI indeks (*Nutrition Nitrogen Index*) koji zahteva poznavanje stvarne i kritične koncentracije kiseonika u biljkama, ili RI indeks (*Response Index*), u kome je  $NDVI_{rs} = NDVI$  kalibraciona traka kulture, koja je prihranjena dozom prema preporuci osnovne hemijske analize zemljišta;  $NDVI_f = NDVI$  useva) i dr.

Dronovi zato imaju različitu tehničku opremu, uključujući HD kamere visoke rezolucije, više tipova infracrvenih i termalnih senzora, elektromagnetne senzore, i neke tipove radara.

Za utvrđivanje pojedinih osobina nadgledanih površina koriste se različiti EMI senzori (elektromagnetna indukcija, spektralna analiza u vidljivom i infracrvenom delu spektra), kao i druge vrste senzora koji prikazuju stanje vegetacije (Sl.3.) kao precizni foto snimak. Analiza fotografije (Sl.3) sa opremom (Sl.4) koju nosi dron prilikom leta preko parcela sa usevom, na primer daje situaciju sa ocenama: dobro=izrazito zelena boja pšenice; oštećen list pšenice sušom=crvena boja ivice lista, i stanje zemljišta u stanju smanjene vlažnosti kao crno/braon boju (desna fotografija Sl.3.)



Sl.4. Tipovi geofizičkih senzora za osobine zemljišta, [6].  
 Fig.4. Types of geophysical sensors for Soil properties, [6].

Praćenje stanja poljoprivrednih kultura snimcima iz satelita ili aviona, kao i pregled obilaskom terena vozilima ili pešice, do sada, bili su osnovni načini pregleda/inspekcije. Ipak ove metode bile su često nepotpune i vremenski ograničene (oblačno i/ili kišno vrijeme, magla, vlažno tlo i slično) pa prikupljanje navedenih podataka, njihova obrada i analiza može potrajati dugo vremena. Rezultat je zakasnela intervencija, pa su neke štete ipak neizbežne, zbog nezapažene pojave bolesti ili neishranjenosti useva. Pored ovih problema obavezno se javljaju i povećani troškovi prihranjivanja useva i zaštite i time, smanjen prinos i pad profita.

Upoređenje tehnike izviđanja mini letelicama-dronovima, sa drugim metodama, donosi zaključak da ova tehnika sa mini letelicama donosi daleko jeftinije, ažurnije i tačnije podatke o stanju useva pa su za praćenje useva na prosečnim površinama 50 do 500 ha dronovi trenutno prvi i najbolji izbor. Primena je raznolika u oblasti praćenja (analize) stanja useva:

- Rast i razvitak useva (fenofaze i etape razvitka),
- Gustina i sklop i visinu poljoprivrednih kultura,
- Zdravlje (kondicija) useva,
- Potrebe za prihranom useva (vreme, mesto i tačna količina, prostorni raspored),
- Potreba za navodnjavanjem,
- Pojave bolesti i biljnih štetočina (lokacija, koncentracija, pravci prostiranja)
- Pojave korova i zakorovljenost (rasprostranjenost, vrste),
- Procena biomase i prinosa,



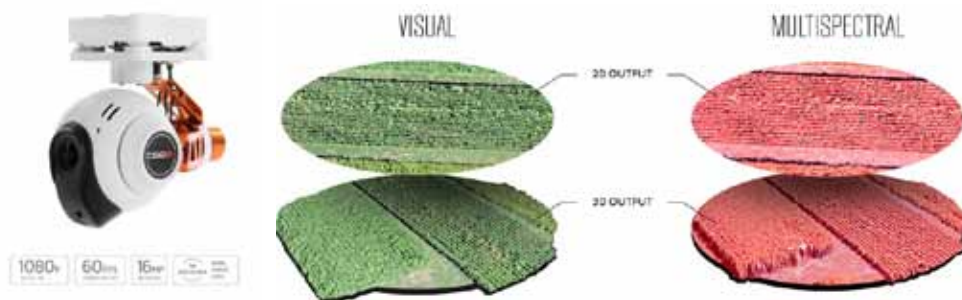
- Utvrđivanje mogućeg termina žetve, na osnovu stanja useva prema fazi sazrevanja,
- Utvrđivanje pojave mikrodepresija posle obrade i pripreme zemljišta, pojave za-  
državanje vode na površini zemljišta, stanje drenaže i drugi.

Dronovi namenjeni za komercijalnu upotrebu u poljoprivredi najčešće se kupuju sa kompletom PC programa (na primer: platforme AgOS, AgWorks i MyAgCentral) za analizu prikupljenih podataka i automatsko planiranje leta drona u obilasku terena (Sl.4.).



Sl.5. Plan leta drona za obilazak terena, [8], [9].  
Fig.5. The drone flight plan for tour a fields, [8], [9].

Standardna oprema drona obuhvata: GPS uređaje, digitalne kamere (fotoaparati) sa multispektralnim senzorima. Neki skuplji modeli ovih mini letelica, imaju infracrvene (toplotne), hiperspektralne (za nevidljivo zračenje) senzore, optički radar (LIDAR = *Light Detecting and Ranging*), 3D radar (SAR = *Synthetic Aperture Radars*) i slično. U zavisnosti od preciznosti video opreme koju dron ima u obilasku poljoprivrednih površina fotografije (Sl.5a) koje se dobijaju imaju različit kvalitet koji je značajan u analizi dobijenih podataka, kao na primer visina useva u nekim fazama porasta useva.



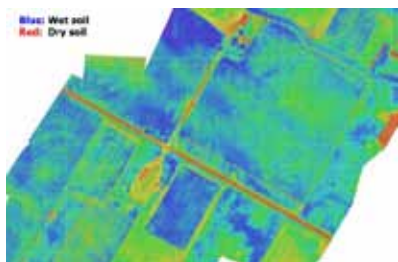
Sl.5a. Kamera i tipovi snimaka terena sa usevom, [9].  
Fig.5a. The camera shots and types of terrain and crops, [9].

Danas postoji video oprema i senzori [8], sa cenama od 200 USD do 50.000 USD u zavisnosti od preciznosti i broja snimaka terena pod usevom u vremenskoj jedinici. Najmanja rezolucija fotografija (koje se kasnije analiziraju) je 12 Mpix. Ovu najmanju preciznost postižu kamere GoPro Hero 3 i 4 Hero. Postoje i preciznije kamere sa 20 Mpix:

- Sony QX1: kompaktna, mala težina, realni snimci (tip VIS), u formatu RAW ili JPEG.
- *Canon EOS Rebel SL1 DSLR Camera Kit*: samo realni snimci (tip VIS).
- *Zenmuse X3*: koristi sitem DJI , samo realni (vidljivi) snimci terena/objekata (tip VIS).
- *GoPro Hero 3 and Hero 4*: kompaktna, vodootporna, samo realni snimci (tip VIS),
- upotreba kod jeftinih modela kvadrikoptera,
- *MaxMax (Nikon)*, ima opciju snimaka tipa NIR i VIS, cene do 5,000 USD.

U toku samo jednog leta drona, termalne kamere mogu napraviti snimke tipa: VIS (vidljivi deo spektra), ili NIR (nevidljivi deo spektra svetlosti) i prikazati promene temperature biljaka i površine zemljišta koje ima oscilacije temperature u funkciji stanja vlažnosti zemljišta.

Na osnovu ovog, dobija se snimak-fotografija termalne kamere koja prikazuje prisustvo (plava boja, Sl.6.) ili odsustvo vode (suša,crvena boja, Sl.6) zbog efekata hlađenja zemljišta u toku sezone.

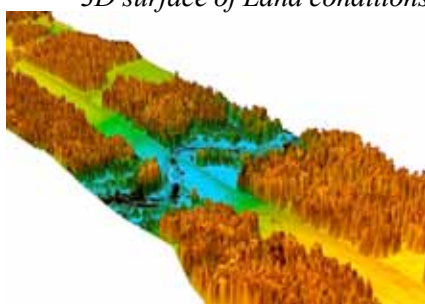
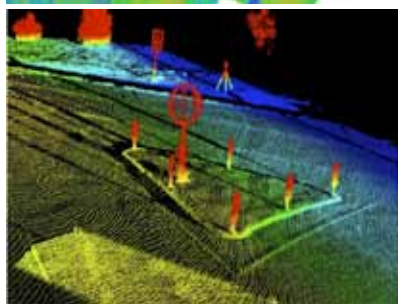


Sl.6. Snimak termalne kamere

*Fig.6. Photo of Thermal cameras*

Sl.7. Snimak LIDAR,  
3D stanje površine zemljišta

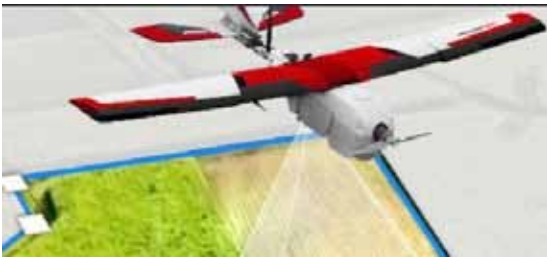
*Fig.7. Photo LIDAR,  
3D surface of Land conditions*



Optički radar (LIDAR=*Light Detecting and Ranging*), *pokazuje snimak stanja površine zemljišta (Sl.7), kao 3D model, gde se jasno i precizno vidi raspored, oblici i dimenzije objekata. Preciznost je veoma velika do  $\pm 10$  cm , ali ova oprema je najskuplja (60.000 \$ do 150.000 \$), koju dron može imati (<http://www.ocularrobotics.com/products/lidar/re05/>).*

### **Dron za potrebe poljoprivrede**

Navedene osnovne osobine drona kao mini letelice, omogućuju da se generalno za potrebe poljoprivrede odaberu oni koji se kupuju opremljeni odgovarajućim PC programima i najnužnijom opremom. Prema [8], [3], to su:



Sl.8. Osnovni modeli drona sa krilima za poljoprivredu, [8], [3].

*Fig.8. The basic types of agricultural drones with wings, [8], [3].*

### Poljoprivredni modeli drona sa krilima

1. SenseFly eBee i AgEagle (Sl.8.A-1): veoma popularan model mini letelice sa W/ Ag servisima sa upotrebom u sistemu dron-traktor operacija na njivi sa usevima.
2. PrecisionHawk Lancaster (Sl.8.A-2): model mini letelice sa krilima sa kvalitetnim rešenjima programa i konstantno praćenje sa optimizacijom rada mašina u svim delatnostima u poljoprivredi.
3. Trimble (Sl.8.A-3): model drona UX5, namenjen poljoprivredi i šumarstvu. Opremljen je kompletnom i veoma skupom opremom i programima koji omogućuju potpuni vizuelni pregled terena sa kulturama.

### Poljoprivredni modeli tipa Multi-Rotor Ag Drones



B-1

B-2



B-3

Sl.9. Osnovni modeli drona sa pogonom rotorima za poljoprivredu, [8], [9].

*Fig.9. The basic types drones multi rotors models for agriculture, [8], [9].*

**AGCO Solo** (Sl.9. B-1): projektovan na osnovnom modelu **3DR Solo quadcopter**, ima komplet sa RGB za kolor fotografije terena i infrared kamere za monitoring stanja biljaka (na primer suša). Komplet sadrži i Agribotix program za obradu fotografija i formiranje mapa zone nadgledanja useva u poljoprivredi.

1. **senseFly eXom** (Sl.9. B-2): Model Parrot (Francuska) namenjen specijalno poljoprivredi. Komplet opreme sadrži program Pix4D za nadgledanje tehničkih sistema za navodnjavanje.
2. **DJI multi-rotors** (Sl.9 B-3): Model Phantom 4 ima široku primenu u saobraćaju (avio saobraćaj), industriji, poljoprivredi šumarstvu. U opremi poseduje novu generaciju GPS autopilot opreme i HD kameru za snimanje useva ili šuma ako se koristi u ovim oblastima.

Treba napomenuti da se od nedavno na tržištu u Svetu pojavljuju i konstrukcije amaterskih malih bespilotnih letelica (Amater Drone), kojima se upravlja uređajem za radio-kontrolu. Prodaje se i savremenija letelica tog tipa, opremljena kompjuterom čija putanja leta se može programirati, „ArduPilot Mega”, i predstavlja, uređaj sa autopilotom. Računar uređaja ima softver koji upravlja komponentama hardvera za let ove bespilotne letelice. Moto firme koja prodaje ove proizvode je: Dobrodošli u sistem „Uradi sam bespilotnu letelicu”. Softver je izrađen na osnovu programa tipa otvorenog koda, što znači da je dostupan svakom ko poznaje programiranje. U kompletu se dobija okvir-ram letelice, pogonski motor 950 kV, model super Tigar sa autopilotom Arducopter ESCs (Arduino-based autopilot for mulitrotor craft), punjive baterije, ostali delovi u koje spadaju i elise, stajni trap i, naravno, konzola-ekran sa komandama. Na telo letelice može da se pričvrsti minijaturna video-kamera.

### Najnovija rešenja u oblasti konstrukcija i primene drona

Vojni inženjeri u USA razvijaju nove generacije „mikro-dronova”, pokušavajući da konstruišu i razviju bespilotne letelice veličine insekata ili ptica.



Sl.10. Tipovi i oblici konstrukcija Nano drona, [3].

*Fig.10. The types and forms (models) of construction of Nano drone, [3].*

Konstruktori i inženjeri u Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, USA, [3], proizveli su poslednjih godina neke prototipove nano drona (Sl.10): mehanički kolibri, vilin konjic, komarac), čije sposobnosti leta se zasnivaju ne samo na elisnom motoru već i na pokušaju da se imitiraju letovi ptica, vilinih konjica i insekata ili čak delova biljaka koji lete zahvaljujući aerodinamičkom obliku i vetru koji ih odnese na neko odstojanje. Konstruisana je i letelica koja imitira let semena kanadskog javora. Pentagon, USA, 2011. godine je tražio od Kongresa 5 milijardi USD za razvoj ove vrste letelica, u narednih pet godina. Ovaj program istraživanja je pretežno usmeren na razvoj „vijorećih krila”, odnosno tehnologiju koja kopira način letenja insekata ili ptica. Svakako da je namena tih letelica za špijunske aktivnosti i vojna izviđanja, obzirom da bi ove nano letelice bile maskirane izgledom nekog od insekta ili ptice, koja u određenim okolnostima (špijunski i izviđački letovi) ne pobuđuje veću pažnju. Istraživači (AeroVironment Institute, California, USA) predstavili su 2010. godine još jedan oblik mikro-letelice nalik na pticu kolibri (Sl.10). Ova mehanička ptica izrađena je od nekih tipova nano materijala, predstavlja prototip, a pokreću je brzi pokreti krila, kao kod pravog kolibrija.

## ZAKLJUČAK

Uloga mini bespilotnih letelica ili dronova se brzo prenela sa upotreba za vojne namene, na primenu (75% od ukupnog broja) u poljoprivredi, šumarstvu (i nekim drugim delatnostima), pomažući korisnicima da nadgledaju i kontrolišu velike površine različitih namena, štedeći tim korisnicima mnogo vremena i finasijskih ulaganja u proizvodnju. Iako je nedavno pažnja o dronovima bila usmerena na kompaniju Parrot (Francuska) koje želi da ove mini letelice upotrebi za komercijalne namene, veći deo dronova očekuje perspektivnija budućnost na farmama (i velikim prirodni rezervatima, šumama i slično). To je zato što se poljoprivredne operacije [11] prostiru na velikim udaljenostima i uglavnom nemaju problem privatnosti ili bezbednosti koje bi sprečile korišćenje ovih letelica, kao u gradskim predelima (npr. aerodromi). Dron sa cenom od 2.000 USD za letelicu koji farmeri sami sastavljaju, do 150.000 USD za agrodron složene namene, koji je opremljen HD infracrvenim kamerama, senzorima i drugom video tehnologijom je možda skupa letelica na početku, ali pristalice ove tehnologije kažu da razni podaci koje prikupljaju - od identifikovanja problema insekata, problema navodnjavanja, procena prinosa ili praćenje goveda koja su odlutala - pomažu farmerima da povrate uloženo, često za samo godinu dana.

Farmeri mogu da koriste bespilotne letelice (agrodron) i da prilagode precizno svoju upotrebu pesticida, herbicida, đubriva i drugih materijala, na osnovu toga šta je potrebno na određenoj tački u polju sa usevom, kao proces poznat kao precizna poljoprivreda, štedeći novac od nepotrebne i preterane upotrebe resursa, da u isto vreme smanjuju i količinu koja može da utiče na obližnje reke i potoke i time utiču na čuvanje prirodnih resursa i zemljišta. Mogućnost agrodrona je značajna u efikasnoj kontroli površina za koje je ranije trebalo puno sati zbog obilazaka zemljišta peške ili terenskim vozilima. Oni danas imaju mogućnosti snimanja kanala, a korisni su u snimanju stanja u navodnjavanju, melioracijama, kada se vrlo lako i brzo mogu utvrditi štete od voda, insekata ili divljači, a isto tako i kontrolisati stanje vodostaja reka koju okružuju ili prolaze pored velikih poljoprivrednih imanja.

Analitičari procenjuju da je potencijal poljoprivrednih dronova ogroman. Prema podacima Lux Research (istraživanja i konsultantske usluge) u oblasti novih tehnologija [7], očekuje se da 2025. godine vrednost tržišta komercijalnih dronova dostigne 1,7 milijardi USD, od čega 350 miliona USD su bespilotne letelice prilagođene za poljoprivrednu upotrebu. Naravno, porastom i napretkom tehnologije proizvodnje mini letelica kao agrodrona, počinje nova i bolja budućnost poljoprivredne proizvodnje.

## LITERATURA

[1] <http://bestdroneforthejob.com/drone-buying-guides/agriculture-drone-buyers-guide/>

[2] <http://rmax.yamaha-motor.com.au>

[3] [https://sh.wikipedia.org/wiki/Wright-Patterson,\\_Ohio](https://sh.wikipedia.org/wiki/Wright-Patterson,_Ohio)

[4] <http://tangosix.rs>

[5] <https://www.avinc.com/>

[6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized\\_Difference\\_Vegetation\\_Index](https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized_Difference_Vegetation_Index)

[7] <http://www.luxresearchinc.com/>

[8] <http://www.airware.com/>

[9] <https://www.parrot.com>

[10] <http://uas.trimble.com/>

[11] Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović, Marković Ivana: Economic indicators of precision guidance in crop production in agricultural corporation Belgrade (PKB), FME Transaction, 2011, Belgrade, Vol. 39, No.4, 185-189 UDK 621, YU ISSN 1451-2092.

[12] Ivana Marković, Jelena Ilić, Dragan Marković, Vojislav Simonović, Nenad Kosanić: Color measurement of food products using CIE Lab and RGB color space, Journal of hygienic engineering and design, 2013., Vol. 4, pp. 54-59.