

Primjena bespilotnih sustava u zaštiti trajnih nasada

Sažetak

Metode i tehnologija u voćarskoj i vinogradarskoj proizvodnji su u konstantnom napretku zbog čega tržište nudi niz novih strojeva i uređaja. Primjena bespilotnih sustava (engl. Unmanned Aerial System, UAS) nudi novu generaciju metoda i tehnologije nadziranja trajnih nasada s naglaskom na veće površine, kao i na nepristupačna i udaljena područja. Pravovremena detekcija pojave bolesti i štetnika te praćenje kvalitete cjelokupnog nasada omogućuje se jedino redovitim nadzorom trajnih nasada. Tako se izbjegava nepotrebno nanošenje pesticida u cijelom nasadu, tretiranje se obavlja lokalizirano, što je opravdano s ekonomskog i ekološkog stajališta. Sustavi s GNSS senzorima, zbog njihove točnosti i preciznosti primjenjivi su u poljoprivrednoj proizvodnji te imaju sve značajniji doprinos u sadnji, zaštiti, gnojidbi i berbi poljoprivrednih kultura. Neke od brojnih mogućnosti primjene bespilotnih sustava u nadziranju trajnih poljoprivrednih nasada, s naglaskom na njihovu zaštitu, prikazane su u ovom radu. Bespilotni sustav prikuplja prostorne podatke s terena koji su ubrzo nakon njihova prikupljanja dostupne za obradu i analizu. Prostorni podaci, poput prostorne razdiobe vegetacijskog prostora što stvara indeksa prikazane u ovom radu, koja je izračunata iz podataka prikupljenih bespilotnim sustavom senseFly eBee, kompatibilni su sa navigacijskim sustavom traktora, čime se ostvaruje preduvjet za ekonomično i efikasno praćenje i zaštitu trajnih nasada.

Glavne riječi: trajni nasadi, GNSS, bespilotni sustav (UAS), vegetacijski indeks, zaštita nasada

Uvod

Voćarska i vinogradarska proizvodnja je složen i zahtijevan tehnološki proces koji se sastoji od cijelog niza mjera i zahvata kako bi na kraju dobili kvalitetan i konkurentan proizvod za konzumaciju. Proces kreće pripremom tla za sadnju, nakon čega slijedi sadnja, gnojidba, zaštita od bolesti, štetnika i korova, održavanje tla te na kraju berba.

Trend suvremene voćarske i vinogradarske proizvodnje ide u pravcu korištenja uređaja, alata i najmodernijih tehnologija visoke preciznosti s ciljem ostvarivanja najveće moguće produktivnosti. Za preciznu, produktivnu i ekonomičnu voćarsku i vinogradarsku proizvodnju u današnje vrijeme neizostavna je upotreba GNSS-a (engl. Global Navigation Satellite System). Pomoću GNSS sustava realizira se navigacija strojeva i opreme na području trajnog nasada, prilikom obrade tla, prihrane, mjera zaštite bilja, ali i za prikupljanje prostornih podataka bespilotnim sustavima, temeljem kojih se može detektirati kvaliteta trajnog nasada u konkretnim uvjetima iz koje je moguće rano detektiranje bolesti određenog dijela nasada. U voćarskoj i poljoprivrednoj proizvodnji na većim proizvodnim površinama već je široka primjena traktora s GNSS sustavom montiranim na kabinu traktora, gdje rukovatelj (traktorista) u kabini, putem kontrolnog monitora, ima trenutni nadzor i praćenje navigacije na trajnom nasadu.

Praćenjem nasada bespilotnim sustavom može se vrlo lako odrediti oblik parcele, morfologija terena, gustoća sadnje i sjetve, kao i dijelovi nasada na kojima se zadržava voda (Lawley i dr. 2015). Vegetacijski indeks je bezdimenzionalna veličina zračenja izračunata na temelju ra-

¹ prof. dr. sc. Stjepan Sito, Mateja Grubor, mag. ing. agr., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede.

² Filip Kovačić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., Kristijan Krznarić dipl. ing. geod., GEO OMEGA d.o.o., Zagreb.

³ mag. Branko Šket, Marjana Koren, univ. dipl. ing. kmet., Martin Šket, univ. ing. prom., Šolski center Sentjur, Cesta na kmetijsko šolo 9, 3230 Sentjur, Slovenija.

⁴ mr.sc. Višnja Šimunović, Savjetodavna služba, Zagreb.

zličitih spektralnih kanala snimaka prikupljenih daljinskim istraživanjima (Jensen 2000), zbog čega je pogodan za praćenje vremenskih promjena vegetacije, vegetacijskog pokrova, rano otkivanje bolesti nasada, procjene uroda kao i za preciznu poljoprivredu (Huete 1999).

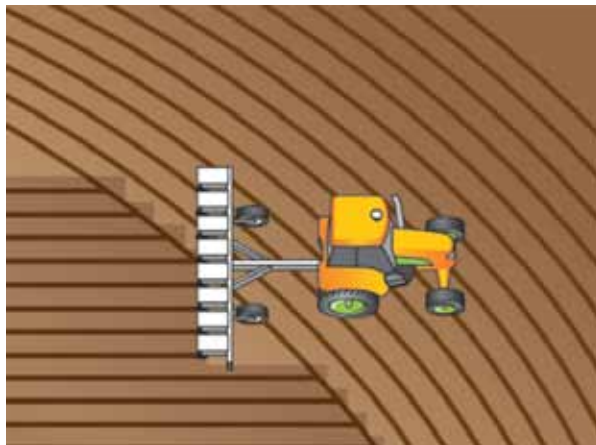
Zbog velikog broja različitih biofizičkih svojstva vegetacije, kao i zbog širokih potreba industrije, u posljednjih pedeset godina razvijeno je nekoliko desetaka vegetacijskih indeksa. Na vegetacijski indeks utječe nekoliko faktora vezanih uz samu vegetaciju i atmosferske uvjete tijekom prikupljanja podataka. Faktori vezani za vegetaciju su unutarnja struktura lišća pri čemu se prvenstveno misli na količinu klorofila u listu, količina vode u lišću, arhitektura krošnje te raznolikost tla kod niskih nasada. Navedeni vegetacijski faktori direktno ukazuju na kvalitetu nasada, njegovu raznolikost te eventualnu prisutnost oboljenja. S druge strane osnovni atmosferski faktori koji utječu na vrijednosti vegetacijskog indeksa su iradijacija, kut pod kojim sunce osvjetljava područje s kojega se senzorom prikupljaju podaci te količina vodene pare u zraku (Redowan i Kanan 2012). Kako bi se otklonio utjecaj atmosferskih faktora potrebno je posjedovati senzore za njihovo određivanje čime se ostvaruje preduvjet za kalibraciju prikupljenih snimaka za iste, tj. ostvaruje se direktan uvid u stanje vegetacije.

Pojedini vegetacijski indeksi mogu pružiti više korisnih informacija o pojedinom vegetacijskom parametru u odnosu na druge, ipak niti jedan od dvadesetak vegetacijskih indeksa koji se danas uglavnom koriste ne daje savršene rezultate za sve vegetacijske parametre. Zbog toga izbor vegetacijskog indeksa treba prilagoditi potrebama prilikom praćenja određenih biljnih svojstava.

Primjena GNSS-a u poljoprivredi

Dosadašnji načini i sustavi zaštite bilja temeljili su se na tretiranju cijele površine, dok se primjenom GNSS sustava usjev ili nasad može selektivno tretirati. Tretirajući cijelu površinu stvaraju se veliki gubici zaštitnog sredstva, povećava negativni utjecaj istih na okoliš što uzrokuje značajne ekonomske gubitke. Konačni cilj kojemu treba težiti je maksimalno učinkovita primjena strojeva za zaštitu bilja kako bi se aplikacija obavila pravovremeno i kvalitetno.

GNSS prijammnik (antena) prikuplja kontinuirano odašiljane signale sa satelita temeljem kojih se određuje položaja na Zemlji (statusu GNSS-a vidi u Bilajbegović 2010). Korištenjem CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) usluge VPPS-a (umreženo rješenje faznih mjerenja u realnom vremenu) ostvaruje se točnost pozicioniranja od 2 do 4 cm (vidi Marjanović 2010), što u poljoprivredi odgovara preciznom definiranju položaja stroja. U RH se GNSS sustav koristi uglavnom na većim proizvodnim površinama prilikom sjetve ili sadnje, gnojidbe i zaštite usjeva ili nasada (slika 1).



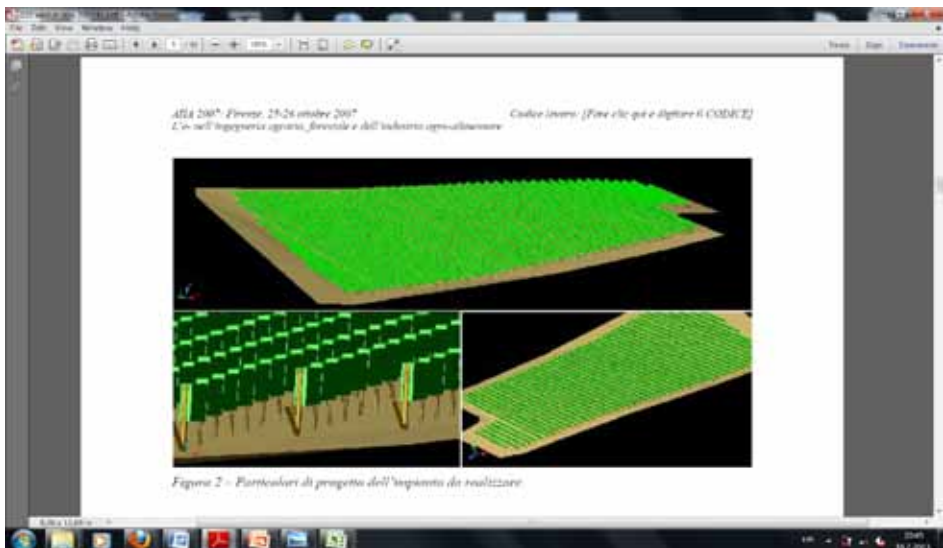
Slika 1. Shematski prikaz sjetve uporabom GNSS-a.

Prema istraživanju Sito i sur. (2013) utvrđeno je da su primjenom GNSS sustava, točnije DGPS-a (diferencijalni globalni pozicijski sustav), kod sadnje maslina odstupanja od zadanih dimenzija između redova bila svega 1-3 cm, za razliku primjene lasera gdje su ta odstupanja bila veća, a radni učinak značajno manji. Prednost GNSS-a kod sadnje maslina je precizna sadnja, posebno na nepravilnim i neravnim površinama (slika 2).



Slika 2. Sadnja maslina i postavljanje cijevi za navodnjavanje.

Velika preciznost sadnje vinove loze i radni učinak primjenom GNSS-a u odnosu na primjenu lasera za navođenje navode u svom istraživanju Sito i sur. (2014), a točno računanje broja sadnica na određenoj površini u prostoru (slika 3) Vieri i sur. (2010).



Slika 3. Prikaz budućeg nasada.

Prilikom sadnje voća i vinove loze može se koristiti GNSS sustav visoke razine točnosti koja se na terenu ostvaruje CROPOS uslugom VPPS-a, zbog čega su komponente sustava svedena na:

- GNSS prijamnik (slika 4) na krovu traktora (ili npr. na sijačici),
- Kontrolni monitor s mogućnošću nadziranja rada i upravljanja priključcima (slika 5).



Slika 4. GPS prijamnik na krovu traktora.



Slika 5. Kontrolni monitor s mogućnošću nadziranja rada i upravljanja priključcima.

Primjena bespilotnih sustava u poljoprivredi

Veliki iskorak u poljoprivrednoj proizvodnji je primjena bespilotnih sustava koji omogućuju prikupljanje prostornih podataka trajnog nasad bez fizičkog kontakta s njime. Također osim mogućnosti prikupljanja podataka u vidljivom dijelu spektra, moguće je prikupljanje podataka u infracrvenom (*engl. near-infrared, NIR*) dijelu spektra koji je vrlo pogodan za praćenje vegetacije (Campbell 2006). Praćenje nasada ovom metodom puno je jednostavnije, fleksibilnije, vremenski i ekonomski isplativije te prihvatljivije za očuvanje nasada i okoliša, u odnosu na metode praćenja nasada iz traktora.

Bespilotnim sustavom moguće je na temelju prostornih podataka prikupljenih u obliku fotografija, između ostalog, izraditi digitalni model terena (DTM) i digitalni ortofoto (DOF) prikaz nasada (vidi Govorčin i dr. 2012). DTM je u poljoprivredi koristan za detektiranje udubina u topografiji nasada potencijalnih za skupljanje većih količina vode. DOF je moguće izraditi iz fotografija prikupljenih u vidljivom spektru, ali i iz fotografija prikupljenih infracrvenom dijelu spektra, koji je osnova za računanje vegetacijskih indeksa (Redowan i Kanan 2012).

Temeljem izrađene karte vegetacijskog indeksa stvara se uvid u kvalitetu vegetacije čitavog trajnog nasada (Gibson i Power 2000). Uvidom u dijelove nasada na kojima je vrijednost vegetacijskog indeksa manja od ostatka nasada moguće je rano detektiranje bolesti u trajnom nasadu. Također kartu vegetacijskog indeksa je moguće uvesti u navigacijski sustav u traktoru te na temelju nje posebno tretirati dijelove nasada s manjim vegetacijskim indeksom u svrhu poboljšanja kvalitete navedenih dijelova nasada, što implicira uštede u potrošnji pesticida i poboljšanje uroda.

Dosadašnji načini i sustavi zaštite bilja temeljili su se na tretiranju cijele površine, dok s potporom GNSS sustava možemo selektivno tretirati površinu. Tretirajući cijelu površinu stvaramo velike gubitke repromaterijala, povećavamo negativni utjecaj istih na okoliš, stvaramo ekonomske gubitke. Upotrebom strojeva za zaštitu bilja s potporom GNSS sustava možemo uvelike smanjiti količinu korištenog repromaterijala, kao i samu površinu koju ćemo tretirati te time dolazimo do značajno efikasnije primjene samih sredstava i manjeg negativnog učinka na okoliš. Konačni cilj kojemu se teži je maksimalno efikasna upotreba strojeva za zaštitu bilja odnosno efikasna primjena sredstava za zaštitu bilja.

Materijali i metode

Agronomski fakultet u Zagrebu (Zavod za mehanizaciju) i Šolski Center Šentjur (Slovenija) su ove godine pokrenuli zajednički istraživački projekt „Primjena bespilotnih letjelica u hortikulturnoj proizvodnji“, u sklopu kojega su provedena tri snimanja trajnih nasada bespilotnim sustavom. U nastavku ovog poglavlja prikazani su područje istraživanja, korišteni instrumentarij, te način prikupljanja i obrade podataka.

Područje istraživanja

Obavljena su pokusna snimanja Fakultetskog pokušališta „Jazbina“ u Gradu Zagrebu 29. travnja 2015. godine te voćnjaka „Mirošan“ kraj Celja u Sloveniji i vinograda „Zlati Grič“ kraj Slovenskih Konjica, također u Sloveniji 10. lipnja 2015. godine. Veličine područja snimanja su redom 28 ha, 13 ha i 137 ha. Od trajnih nasada na navedenim područjima nalaze se uglavnom nasadi vinove loze (i manje nasada voćaka) u „Jazbini“, nasadi jabuka u „Mirošanu“, te nasadi vinove loze u „Zlatom Griču“.

Instrumentarij

U ovom radu korišten je bespilotni sustav tvrtke *senseFly* model *eBee Ag* (URL1, slika 6).

Masa letjelice iznosi 710 grama, pogoni se litij-polimer baterijom zbog čega nema štetnih utjecaja na okoliš, a autonomija leta doseže 45 minuta. Nominalna brzina letenja kreće se od 40-90 km/h, visina 50-300 m iznad tla, a u jednom letu može snimiti područja i do 1000 ha.



Slika 6. Беспилотни sustav senseFly eBee Ag.

Vrlo važna komponenta *eBee Ag* беспилотnog sustava je kamera koja bilježi fotografije u infracrvenom dijelu spektra i omogućuje računanje vegetacijskih indeksa. Kamere korištene u ovom radu su Canon S110 NIR (12 MP) i Sony WX (18,2 MP) koja snima fotografije u vidljivom dijelu spektra (*engl. Red-Green-Blue, RGB*). Navedene komponente беспилотnog sustava omogućuju izradu DOF-a rezolucije koja se spušta do 2 cm po pikselu, točnosti do 4 cm. Беспилотни sustav *eBee Ag* jednostavan je za rukovanje, pouzdan i predviđen za primjenu u poljoprivredi.

Podaci

Za sva tri navedena područja podaci su prikupljeni беспилотним sustavom *eBee Ag* u dva leta. U prvom letu podaci su prikupljeni NIR kamerom, a u drugom letu RGB kamerom zbog lakšeg uvida i usporedbe podataka. Naime zbog bolje razlučivosti RGB kamere rezolucija RGB DOF-a bolja je od NDVI DOF-a, što nam praktično olakšava uočavanje detalja na snimljenoj sceni, tj. u ovom slučaju trajnom nasadu. Također zbog bolje razlučivosti RGB kamere u jednom letu moguće je obuhvatiti nešto veće područje, nego što je to slučaj s NIR kamerom. Tablica 1 prikazuje karakteristike svih šest letova, te je iz nje uočljiva razlika letova s NIR i RGB kamerom, pri tom je na području „Jazbine“ let s NIR kamerom proveden niže od leta s RGB kamerom u svrhu postizanja bolje rezolucije. Iz tablice 1 vidljivo je kako za iste karakteristike leta na području „Zlati Grič“ let s NIR kamerom traje dulje od leta s RGB kamerom gotovo 4 minute, te također kako je tijekom leta s NIR kamerom prikupljeno više fotografija. Planiranje letova provedeno je softverom *eMotion2*.

Tablica 1. Karakteristike provedenih letova na područjima istraživanja

Kamera	Karakteristike leta	Područje snimanja		
		Jazbina	Mirosan	Zlati Grič
NIR	Područje [ha]	27,5	12,7	136,6
	Trajanje [mm:ss]	33:30	17:26	29:31
	Rezolucija [cm/pix]	2,5	3,4	6,5
	Broj fotografija	490	174	267
RGB	Područje [ha]	27,5	12,7	136,6
	Trajanje [mm:ss]	25:07	13:28	25:47
	Rezolucija [cm/pix]	4,0	3,4	6,5
	Broj fotografija	281	148	192

Računanje vegetacijskog indeksa

Nakon prikupljanja fotografija provedena je njihova obrada u softveru *Postflight Terra 3D*, gdje je iz identičnih piksela na minimalno tri fotografije izrađen oblak točaka, na temelju kojega su izrađeni DTM, te NIR i RGB DOF. Iako, kako smo već u uvodnom dijelu spomenuli, i DTM ima primjenu u poljoprivredi, NIR DOF, među rezultatima izrađenima na temelju prostornih podataka prikupljenim *eBee Ag*-om, otvara najveću mogućnost primjene u zaštiti trajnih nasada.

Temeljem NIR DOF-a izračunat je NDVI (*engl. Normalized Difference Vegetation Index*) prema sljedećem izrazu:

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R} \quad (1)$$

gdje je:

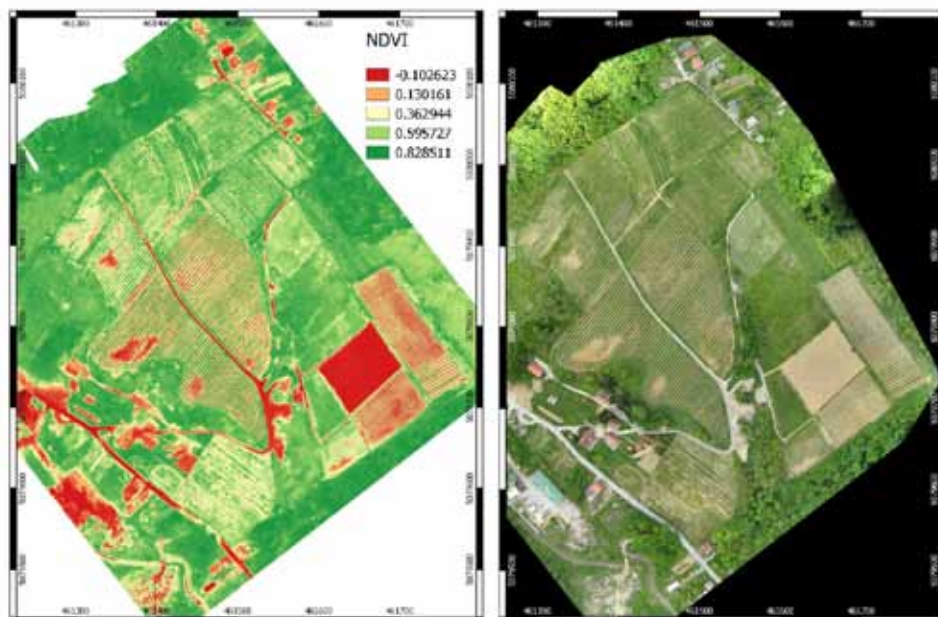
- R_{NIR} – kanal koji bilježi NIR dio spektra, tj. u ovom slučaju valne duljine u kojima je zabilježen NIR dio spektra,
- R_R – kanal koji bilježi crveni dio spektra, tj. u ovom slučaju valne duljine u kojima je zabilježen crveni dio spektra.

NDVI je najčešće korišteni vegetacijski indeks, zbog svoje općenitosti, zbog čega u specifičnim praćenjima promjena vegetacije postoje mnogi indeksi koji su mu superiorni (Redowan i Kanan 2012). Vrijednosti NDVI-a kreću se od -1 do +1, gdje +1 predstavlja najveću mjeru vegetacije (Glenn i dr. 2008). NDVI je korišten u ovom radu, osim zbog jednostavnosti, i zbog mogućnosti njegova izračuna na temelju spektralnih karakteristika fotoaparata Canon S110 NIR.

Rezultati i rasprava

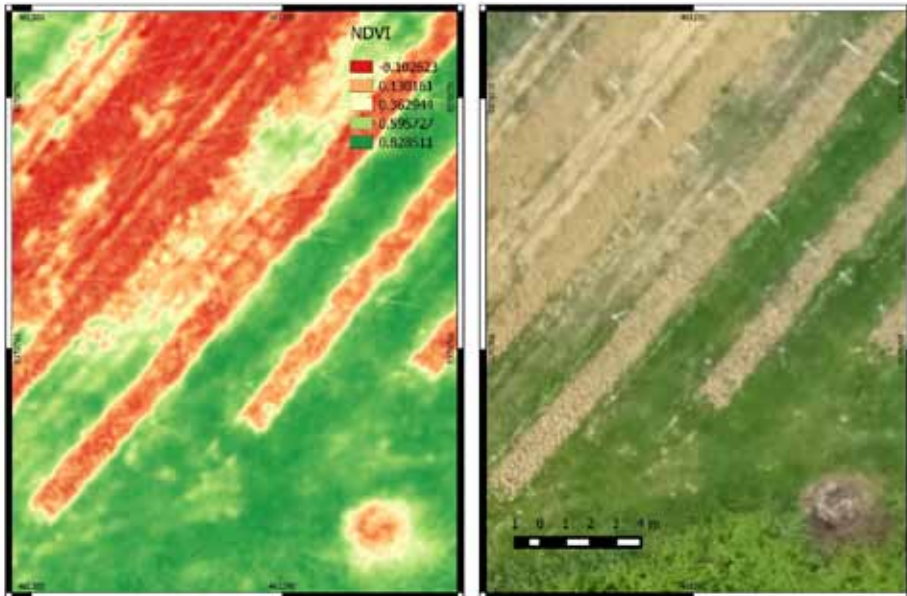
Računanjem NDVI-a iz NIR DOF-a izrađena je karta prostorne raspodjele NDVI-a, koja služi kao prikaz bujnosti vegetacije na odabranim područjima istraživanja. U svrhu lakšeg uvida u podatke uz NDVI prikaz izrađen je i RGB DOF prikaz. U nastavku su prikazani rezultati za „Jazbinu“ (slika 7 i 8), „Mirosan“ (slika 9) i „Zlati Grič“ (slika 10).

NDVI i RGB Jazbina

**Slika 7.** NDVI i RGB prikaz pokušališta „Jazbina“ 29. travnja 2015. godine.

Iz slike 7 vidljivo je kako istočni dio pokušališta gdje je dio nasada vinove loze orezan, a tlo djelomično obrađeno (gola zemlja u trenutku snimanja), NDVI postiže najmanje vrijednosti -0,33, dok su najveće vrijednosti NDVI-a (do maksimalnih 1) na rubovima pokušališta gdje je šuma. Na dijelu vinograda na jugozapadnim padinama pokušališta, i u RGB i u NDVI prikazu uočljiva su dva područja gdje je znatno manja količina vegetacije u odnosu na ostatak vinograda na toj padini. Zbog navedenog je za očekivati kasnije dozrijevanje plodova vinove loze na navedenim područjima, što bi impliciralo lošiji urod istih. Detaljniji prikaz zapadnijeg od dva navedena područja prikazan je na slici 8. Iako je na jugozapadnoj padini pokušališta svaki drugi prolaz između redova tlo u nasadu je obrađeno, na navedenoj slici i zatravljeni prolazi između redova nemaju vegetacije, a nasadi na navedenom području također imaju manje vrijednosti NDVI-a od istih na području gdje postoji vegetacija među redovima.

NDVI i RGB Jazbina



Slika 8. Pokušalište „jazbina“, zapadno područje vinograda na jugozapadnoj padini pokušališta, s lošom vegetacijom.

MIROSAN RGB

MIROSAN NDVI



Slika 9. NDVI i RGB prikaz dijela nasada jabuka „Mirošan“ 10. lipnja 2015. godine.

ZLATI GRIČ NDVI



Slika 10. NDVI i RGB prikaz vinograda „Zlati Grič“ 10. lipnja 2015. godine.

Na slici 9 prikazani su NDVI i RGB prikazi sjeverozapadnog dijela nasada jabuka „Mirošan“, gdje samo desna polovica prikaza prikazuje navedeni nasad. Južni dio nasada koji se nalazi južno od puta, koji je na NDVI prikazu obojan crveno (bez vegetacije), ima u prosjeku veće vrijednosti NDVI-a od sjevernog dijela nasada. Ipak, sjeverni dio nasada ima redova s vrlo visokim NDVI vrijednostima (intenzivno zeleno), ali i onih koji imaju male vrijednosti NDVI-a (0,3). Osim lošijih redova nasada na sjevernom dijelu nasada, po pitanju količine vegetacije uočljivi su i loši prolazi između redova gdje NDVI ima i negativne vrijednosti (vidi sjeveroistočni dio NDVI prikaza na slici 9). Na navedenim mjestima između redova nasada najvjerojatnije su prisutne udubine nastale uslijed prolaska strojem, zbog čega se na tim mjestima skuplja voda i slabije napreduje vegetacija.

Slika 10 prikazuje nasad vinove loze „Zlati Grič“ od cca. 70 ha, s okolnim područjem, sveukupno 136 ha što je obuhvaćeno jednim letom bespilotnim sustavom *eBee Ag*. Na navedenoj slici demonstrirana je mogućnost snimanja vrlo velikog područja navedenim bespilotnim sustavom, s rezolucijom koja omogućava uvid u vrijednosti NDVI-a svakog reda nasada na takvom području, kao i prolaza između redova, što je prikazano na izdvojenom prikazu u donjem desnom kutu slike 10.

Zaključak

Primjena bespilotnih sustava u zaštiti trajnih nasada otvara mogućnosti za dodatne uštede i podizanje konkurentnosti i kvalitete u modernoj poljoprivrednoj proizvodnji. Rezultati prikazani u ovom radu osnova su za izradu klasifikacijskih karata trajnih nasada na temelju NDVI-a ili nekog drugog vegetacijskog indeksa. Takove karte je moguće uvesti u navigacijski sustav traktora (ili nekog drugog stroja koji se može koristiti za zaštitu trajnog nasada), što omogućuje selektivnu primjenu zaštite nasada, ovisno o njegovoj kvaliteti određenoj iz vegetacijskog indeksa. Također rezultati prikazani u ovom radu su osnova za danja istraživanja na navedenim područjima istraživanja, pošto se ponovnim prikupljanjem podataka s istih otvara mogućnost vremenske usporedbe i analize podataka. Ipak podaci se primjenom fotoaparata korištenog u ovom radu, koji nema senzor za mjerenje iradijacije, ne mogu koristiti za matematičku analizu u apsolutnom smislu.

Prilikom aplikacije pesticida orošivačima u trajnim nasadima u praksi se nailazi na dosta problema. Primjenom bespilotne letjelice nasad se može često nadzirati te pravovremeno uočiti potencijalna žarišta pojave bolesti i štetnika. Tako se izbjegava nepotrebno nanošenje pesticida u cijelom nasadu, već se tretiranje obavlja lokalizirano, što je i s ekološkog stajališta opravdano i poželjno. Time se mogu ostvariti velike ekonomske uštede, odnosno veća konkurentnost proizvoda (voće, grožđe, povrće i dr.) na domaćem i inozemnom tržištu.

Literatura

- Bilajbegović, A. (2010.): Status i perspektive postojećih i planiranih satelitskih i navigacijskih sustava, članak, Ekscentar, br. 12, 52-57.
- Campbell, J. B. (2006.): Introduction to Remote Sensing (4th ed), Taylor & Francis, London and New York.
- Gibson, P., J., Power, C., H. (2000.). Introductory Remote Sensing Digital Image Processing and Applications, Routledge, London USA Canada.
- Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Bespilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM, Ekscentar, br. 15, 62-68.
- Glenn, E. P. i dr. (2008.): Relationship Between Remotely-sensed Vegetation Indices, Canopy Attributes and Plant Physiological Processes: What Vegetation Indices Can and Cannot Tell Us about the Landscape. *Sensors*, 8, 2136-2160.
- Lawley, V., i dr.. (2015.): Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review. *Ecol. Indicat.*
- Marjanović M. (2010): CROPOS - hrvatski pozicijski sustav, Ekscentar, br. 12, 28-34.
- Redowan, M., Kanan, A. H. (2012): Potentials and Limitations of NDVI and other Vegetation

Indices (VIS) for Monitoring Vegetation Parameters from Remotely Sensed Data. Bangladesh Res. Pub. J. 7(3): 291-299.
Sito, S. i sur. (2013): Strojna sadnja masline pomoću gps sustava i lasera, Pomologia Croatica, Vol. 19 No. 1-4, 2013.
URL1: Tehničke specifikacije bespilotnog sustava senseFly ebee Ag: <https://www.sensefly.com/drones/ebee-ag.html>, (2.7.2015.).

Original scientific study

Uas application in protection of permanent crops

Summary

Methods and technology in fruit and grapes production is in constant progress, wherefore market offers series of new machines and devices. Application of unmanned aerial systems (UAS) offers new generation of methods and technologies of permanent crops surveillance with emphasis on large areas, as well as inaccessible and distant areas. Prompt detection phenomenon of diseases and pests, and quality monitoring of entire plantation is possible only with regular supervision of permanent crops. Thus avoids needlessly application of pesticides in whole plantation, treatment is performed locally, which is justified from economic and ecological aspect. Systems with GNSS sensors, due to their accuracy and precision are applicable in agricultural production, and have growing contribution in planting, protection, fertilization and harvest of crops. Some of many applications of UAS in surveillance of permanent crops with emphasis on their protection, are shown in this paper. UAS is acquiring spatial data from field, which are shortly after their acquisition available for processing and analysis. Spatial data, like spatial distribution of vegetation index shown in this paper, which is calculated from data acquired with UAV senseFly eBee, are compatible with navigation system of tractor, thus realizing a prerequisite for economic and efficiently monitoring and protection of permanent crops.

Key words: permanent crops, GNSS, Unmanned aerial system (UAS), vegetation index, protection of plantations