

ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMJENE BESPILOTNIH LETJELICA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI

Đuro Barković¹, Dorijan Radočaj¹, Mladen Zrinjski¹, Mateo Gašparović¹

¹ Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, barkovic@geof.hr, dradocaj@geof.hr, mzrinjski@geof.hr, mgasparovic@geof.hr

SAŽETAK

Temelj precizne poljoprivrede je maksimalno iskorištavanje dostupnih resursa u svrhu povećanja količine i kvalitete poljoprivredne proizvodnje. Cilj ovog rada je pokazati optimalne mogućnosti primjene bespilotnih letjelica, kao nove tehnologije, u preciznoj poljoprivredi. Ova metoda pruža mogućnost praćenja rasta usjeva i analizu topografskih obilježja terena s visokom površinskom razlučivosti i proizvoljnim vremenskim razdobljem prikupljanja podataka. Geodetskom izmjerom su na testnom području obuhvaćene poljoprivredne čestice koje konfiguracijom terena i prisutnim poljoprivrednim kulturama spadaju u klasu prosječnoga poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj. Iz podataka prikupljenih snimanjem izrađeni su digitalni ortofoto i digitalni model terena te su potom obrađeni u GIS programu. Korištenjem podataka snimanja zasebno iz crvenog, zelenog i plavog spektralnog kanala te računanjem vegetacijskih indeksa, izrađena je spektralna analiza prisutnih poljoprivrednih usjeva. Prilikom spektralne analize, uočene su neujednačenosti poljoprivrednih usjeva koje nisu vidljive na digitalnom ortofotu. Interpolacijom karakterističnih točaka terena izrađen je digitalni model reljefa, čijom je kombinacijom s vegetacijskim indeksima izrađen model visine vegetacije. Primjenom bespilotnih letjelica na testnom području istraživanja, dobiveni su rezultati s potencijalom za unaprijeđenje poljoprivredne proizvodnje te su stvoreni preduvjeti za buduća istraživanja kroz aktivnu suradnju s poljoprivrednim stručnjacima.

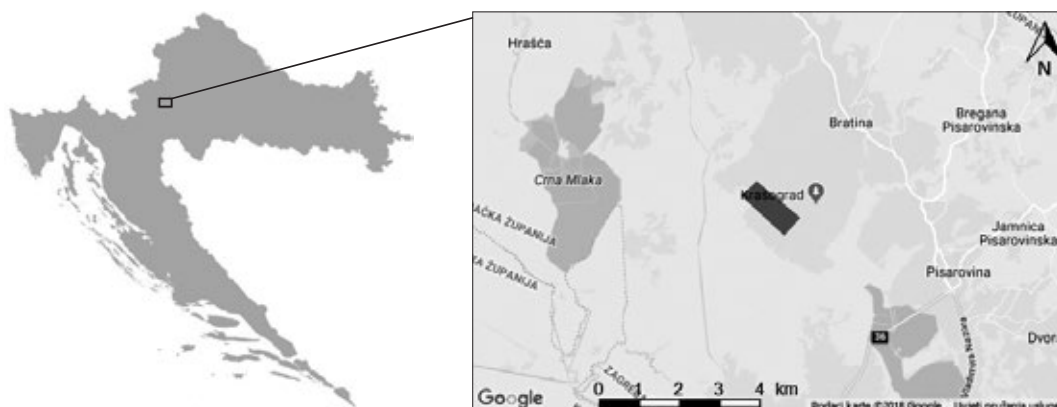
KLJUČNE RIJEČI: bespilotna letjelica, digitalni model terena, precizna poljoprivreda, spektralna analiza, vegetacijski indeksi

1. UVOD

Razvojem bespilotnih letjelica otvorio se značajan prostor za napredak u preciznoj poljoprivredi, šumarstvu, geodeziji, arhitekturi, zaštiti kulturne baštine i drugim srodnim područjima (Colomina i Molina, 2014). Koncept precizne poljoprivrede predstavlja sustav za upravljanje poljoprivrednim zemljištem koji omogućava donošenje odluka vezanih uz proizvodnju poljoprivrednih usjeva temeljem prikupljanja podataka korištenjem informacijskih tehnologija (National Research Council, 1997). Cijeli proces prikupljanja prostornih podataka postao je primjenom bespilotnih letjelica vrlo pristupačan poljoprivrednicima jer na taj način mogu pratiti promjene čak i na najmanjim poljoprivrednim česticama uz visoku prostornu i vremensku razlučivost snimanja (Zhang i Kovacs, 2012) te novčanu isplativost u odnosu na satelitsko i zračno snimanje (Matese i dr., 2015). Danas se na bespilotnim letjelicama u većini slučajeva koriste ne mjerne (amaterske) digitalne kamere.

Iz tog razloga mnogi autori (Pérez i dr., 2013; Gašparović i Jurjević, 2017) naglašavaju važnost kalibracije kamera te razvijaju nove algoritme za kalibraciju kamera na bespilotnim letjelicama (Gašparović i Gajski, 2016a; Gašparović i Gajski, 2016b). Vrlo važna komponenta snimanja bespilotnim letjelicama je mogućnost proučavanja usjeva iz zračne perspektive, prilikom čega su uočljive osobine vegetacije na poljoprivrednim česticama koje su teško vidljive s tla (Candiago i dr., 2015). Zbog širokih mogućnosti u obradi i analizi prikupljenih snimki (Zhang i Kovacs, 2012), primjena bespilotnih letjelica u preciznoj poljoprivredi omogućava povećavanje količine usjeva, smanjenje troškova prihrane tla kroz učinkovitiju upotrebu kemijskog i biološkog gnojiva i, općenito, bolje gospodarenje poljoprivrednim zemljištem (Seelan i dr., 2003).

Prvi dio rada sadrži opis terenskog postupka snimanja poljoprivrednih čestica bespilotnom letjelicom. Nakon toga, opisan je postupak izrade digitalnog plošnog modela



Slika 1: Područje istraživanja (crveno)

(engl. *Digital Surface Model – DSM*) i digitalnog ortofota (DOF) iz prikupljenih podataka te je analizirana njihova kvaliteta za primjenu u poljoprivredi. Analiza poljoprivrednih čestica provedena je obradom izrađenog digitalnog ortofota (spektralna analiza i analiza vegetacijskih indeksa korištenjem podataka iz vidljivog dijela spektra) i digitalnog plošnog modela (interpolacija digitalnog modela reljefa i izrada modela visine vegetacije).

1.1. Cilj rada i područje istraživanja

Cilj ovog istraživanja je analiza poljoprivrednih usjeva i topografskih značajki zemljišta od interesa za poljoprivrednike, korištenjem jednog seta snimki bespilotnih letjelica iz vidljivog dijela spektra. Bespilotne letjelice mogu se primijeniti u geodetskoj izmjeri za katastar, prilikom čega je iskoristivo samo nekoliko desetaka od snimljenih preko milijun točaka. Ukoliko se radi o geodetskoj izmjeri poljoprivrednih čestica, ti se podaci mogu iskoristiti u svrhu analize poljoprivrednih usjeva i tla. Dakako, snimanje poljoprivrednih čestica bespilotnim letjelicama može biti i primarna svrha geodetske izmjere, pogotovo ako se radi o izmjeri većeg područja ili izmjeri vrijednih poljoprivrednih kultura.

Područje istraživanja obuhvaća poljoprivredno imanje unutar ekoparka Krašograd u okolici Bratine, približno 20 km jugozapadno od Zagreba (Slika 1). Na tom području nalaze se velike, geometrijski pravilne poljoprivredne čestice, koje s obzirom na način korištenja i konfiguraciju terena spadaju u kategoriju prosječnih poljoprivrednih čestica u Hrvatskoj.

2. GEODETSKA IZMJERA POLJOPRIVREDNIH ČESTICA I KORIŠTENI INSTRUMENTARIJ

Geodetska izmjera poljoprivrednih čestica na području istraživanja obavljena je bespilotnom letjelicom senseFly eBee Plus RTK/PPK s ugrađenom senseFly S.O.D.A. RGB (engl. *Red-Green-Blue*) kamerom tvrtke Geomatika

Smolčak d.o.o. Prije snimanja bespilotnom letjelicom, na području snimanja postavljeno je 6 kontrolnih točaka (engl. *Check Point*) s ciljem dobivanja ocjene točnosti rezultata obrade podataka snimanja bespilotnom letjelicom. Njihove koordinate određene su primjenom prijmnika Trimble R8 GNSS metodom RTK (engl. *Real-Time Kinematic*) korištenjem VPPS-a CROPOS-a. Kontrolne točke signalizirane su na terenu oznakama žute ili bijele boje dimenzija 30 cm x 30 cm te su postavljene na poljske putove ili u njihovoj neposrednoj blizini, ravnomjerno raspoređene na području snimanja. Snimanje je obavljeno od strane tvrtke Geomatika Smolčak d.o.o. u suradnji s Geodetskim fakultetom 12. lipnja 2018. Prilikom snimanja prikupljeno je 460 zračnih snimki snimljenih s uzdužnim preklapom od 80% i poprečnim preklapom od 80% na prosječnoj visini leta nad terenom od 110 m. Koordinate lokacija snimališta prikupljene su pomoću GNSS RTK prijmnika bespilotne letjelice u HTRS96/TM korištenjem VPPS-a CROPOS-a. Ukupna snimljena površina iznosi 96 ha, a od prisutnih poljoprivrednih kultura obuhvaćeni su *kukuruz* i *zob*.

3. OBRADA PODATAKA SNIMANJA I OCJENA TOČNOSTI

Prva obrada prikupljenih podataka provedena je u programu Agisoft Photoscan 1.4.2. Za orijentaciju zračnih snimaka nisu korištene kontrolne točke već je postupak orijentacije proveden temeljem poznatih koordinatnih elemenata vanjske orijentacije i automatski određenih veznih točaka temeljem SfM (engl. *Structure from Motion*) algoritma u postupku automatske korelacije. Navedeni postupak fototriangulacije sa samo kalibracijom bez korištenja orijentacijskih detaljnije je objašnjen i testiran u radu Gašparović i dr., (2017). Obrada je nastavljena produkcijom DSM-a i DOF-a kao osnove za analizu poljoprivrednih čestica. Prilikom njihove izrade, površinske razlučivosti postavljene su na 12 cm za DSM i 6 cm za DOF. Te vrijednosti određene su kako bi se zadovoljili postavljeni uvjeti za ocjenu točnosti, uz istovremeno zadržavanje optimalne količine podataka za potrebe analize poljoprivrednih čestica. Koordinate

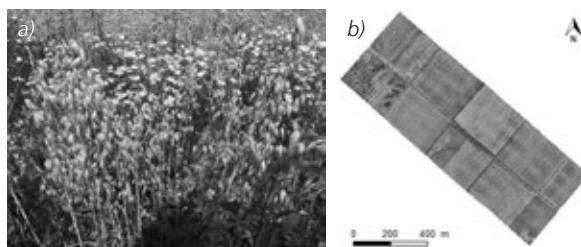
središta signalizacijskih oznaka kontrolnih točaka očitane su na DOF-u (E , N) i DSM-u (H). Odstupanja su posebno računata položajno (f_p) i visinski (f_v), oduzimanjem očitanih koordinata od koordinata dobivenih GNSS izmjerom. Položajna odstupanja ne prelaze 9 cm, što zadovoljava potrebe točnosti u svrhu analize poljoprivrednih čestica. Nadmorske visine DSM-a nalaze se u starom visinskom sustavu (Trst 1875), a očitane nadmorske visine kontrolnih točaka transformirane su u novi sustav visina HVR571. Tako izračunata odstupanja nadmorskih visina su značajna, s jednakim predznacima svih odstupanja i vrijednostima od $-0,12$ m do $-0,70$ m.

4. REZULTATI ANALIZE POLJOPRIVREDNIH ČESTICA

Analiza poljoprivrednih čestica provedena je temeljem obrade DSM-a i DOF-a u programu SAGA GIS 6.3.0 (Conrad i dr., 2015). Iz podataka DOF-a provedena je spektralna analiza i računanje vegetacijskih indeksa. U visinskom smislu, provedena je interpolacija digitalnog modela reljefa (DMR), temeljem kojeg je, uz klasifikaciju vegetacije i neživih tvari iz podataka vegetacijskih indeksa, izrađen model visine vegetacije.

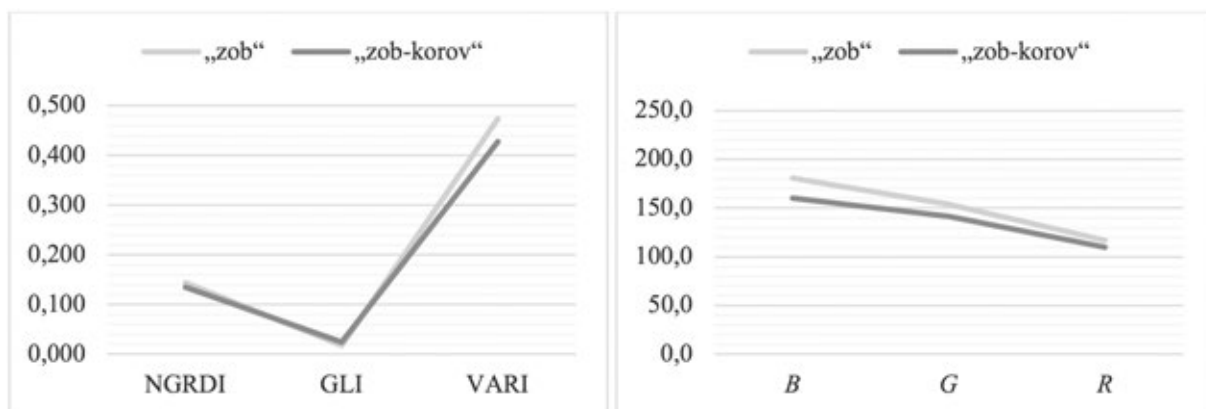
4.1. Spektralna analiza i rezultati obrade vegetacijskih indeksa

Snimljeno područje sadrži relativno malen broj poljoprivrednih kultura (tri čestice *zobi* i jedna čestica *kukuruza*). Čestice *zobi* su neodržavane te sadrže vrlo značajan udio korova na pojedinim dijelovima (Slika 2). Važna je činjenica da je u trenutku snimanja *zob* bila u kasnom stadiju rasta, dok je korov bio relativno visok i jake zelene boje. Također, unutar područja istraživanja nalaze se i čestice na kojima je *oranica* i čestice prekrivene značajnom količinom *sijena* te je ta područja, zajedno sa *zobi*, na digitalnom ortofotu vizualno teško raspoznati. Na čestici *kukuruza*, biljke su posađene neravnomjerno i u trenutku snimanja bile su u ranijoj fazi rasta od čestica *kukuruza* u okolici.



Slika 2: a) Fotografija dijela poljoprivredne čestice *zobi* sa značajnim udjelom korova, b) položaj fotografiranja (crveno) i uže područje interesa (plavo) na DOF-u

S obzirom na analizirane značajke poljoprivrednih čestica na području istraživanja, najveći je značaj dan procjeni prisutnosti korova na poljoprivrednoj čestici *zobi*. Također, važno je omogućiti kvalitetno razlučivanje *zobi*, *oranice* i *sijena* te razlučivanje vegetacije od neživih tvari za izradu modela visine vegetacije kombiniranjem s podacima digitalnog plošnog modela. Za početak, podaci iz digitalnog ortofota pri učitavanju u program SAGA GIS razdvojeni su na podatke iz plavog, zelenog i crvenog spektralnog kanala te su izračunati vegetacijski indeksi za cijelo područje istraživanja. Pritom su korišteni *indeks zelenog lišća* (engl. *Green Leaf Index – GLI*) (Louhaichi i dr., 2001), *normalizirani zeleno-crveni vegetacijski indeks* (engl. *Normalized Green Red Difference Index – NGRDI*) (Tucker, 1979) i *vidljivi atmosferski otporni indeks* (engl. *Visual Atmospheric Resistance Index – VARI*) (Gitelson i dr., 2002). Spektralna analiza provedena je temeljem određivanja spektralnih vrijednosti uzoraka devet klasa u vidljivom dijelu spektra (plavi, zeleni i crveni kanal), zajedno s vrijednostima triju izračunatih vegetacijskih indeksa. Broj klasa određen je subjektivnom procjenom s obzirom na prisutne značajke terena te je za svaku klasu izrađen poligon koji obuhvaća najreprezentativnije piksele te klase. Spektralne vrijednosti pojedine klase predstavljaju aritmetičke sredine vrijednosti piksela unutar definiranih poligona. U svrhu procjene prisutnosti količine korova na poljoprivrednoj čestici *zobi*, izdvojeni su uzorci „*zob*“ (prisutnost čiste *zobi*) i „*zob-korov*“ (prisutnost *zobi* i korova). Temeljem vegetacijskih indeksa uzoraka i brojčanih vrijednosti u vidljivom dijelu spektra, izrađeni su grafovi radi jednostavnije analize (Slika



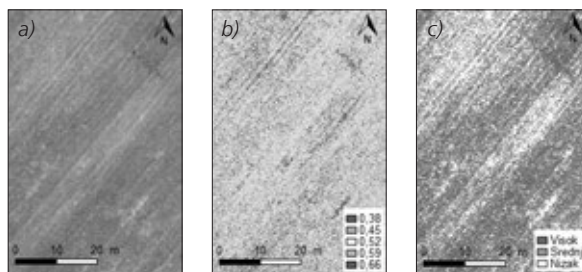
Slika 3: Vegetacijski indeksi uzoraka „*zob*“ i „*zob-korov*“ (lijevo) i njihovih brojčanih vrijednosti u vidljivom dijelu spektra (desno)

3). Pomoću izračunatih vegetacijskih indeksa nije moguće kvalitetno razlučiti područja *zobi* sa i bez prisutnosti korova, s obzirom da su njihove vrijednosti vegetacijskih indeksa vrlo bliske. Uzrok tome je vidljiv iz grafa brojčanih vrijednosti uzoraka u vidljivom dijelu spektra, jer su vrijednosti iz plavog, zelenog i crvenog kanala tih uzoraka u svim kanalima različite za približno jednaku vrijednost (njihovi grafovi su približno paralelni) (Slika 3). Posljedično, omjeri tih vrijednosti za pojedini uzorak jako su bliski i na taj način je teško razlikovati korištene uzorke.

S obzirom da je reflektivnost u svim spektralnim kanalima veća za *zob* bez prisutnosti korova, a posebno u plavom spektralnom kanalu, izrađen je novi vegetacijski indeks (oznaka VI_1) posebno za otkrivanje prisutnosti korova među *zobi*. Novi vegetacijski indeks temelji se na naglašavanju razlike brojčanih vrijednosti uzoraka „*zob*“ i „*zob-korov*“, umjesto na računanju omjera vrijednosti iz plavog, zelenog i crvenog kanala za pojedini uzorak. Empirijski je određena formula novog vegetacijskog indeksa (1), gdje su: G brojčana vrijednost u zelenom kanalu, R brojčana vrijednost u crvenom kanalu i B brojčana vrijednost u plavom kanalu:

$$VI_1 = \frac{3 \cdot B + 2 \cdot G + R}{6 \cdot 255} \quad (1)$$

Novi vegetacijski indeks VI_1 namijenjen je za računanje s brojčanim vrijednostima iz sva tri spektralna kanala u vidljivom dijelu spektra. Iz tog razloga je u nazivniku dodana vrijednost 255, čime taj vegetacijski indeks postiže vrijednosti u brojčanom intervalu od 0 do 1. Vizualnom analizom prikaza vrijednosti novog vegetacijskog indeksa i digitalnog ortofota, utvrđeno je da je kvalitetno iskazana količina udjela korova na poljoprivrednoj čestici *zobi* (Slika 4). *Zob* bez utjecaja korova postiže vrijednosti novog vegetacijskog indeksa od 0,55 naviše, a osim *zobi* u kasnijem stadiju rasta, novi indeks osjetljiv je na utjecaj tla.

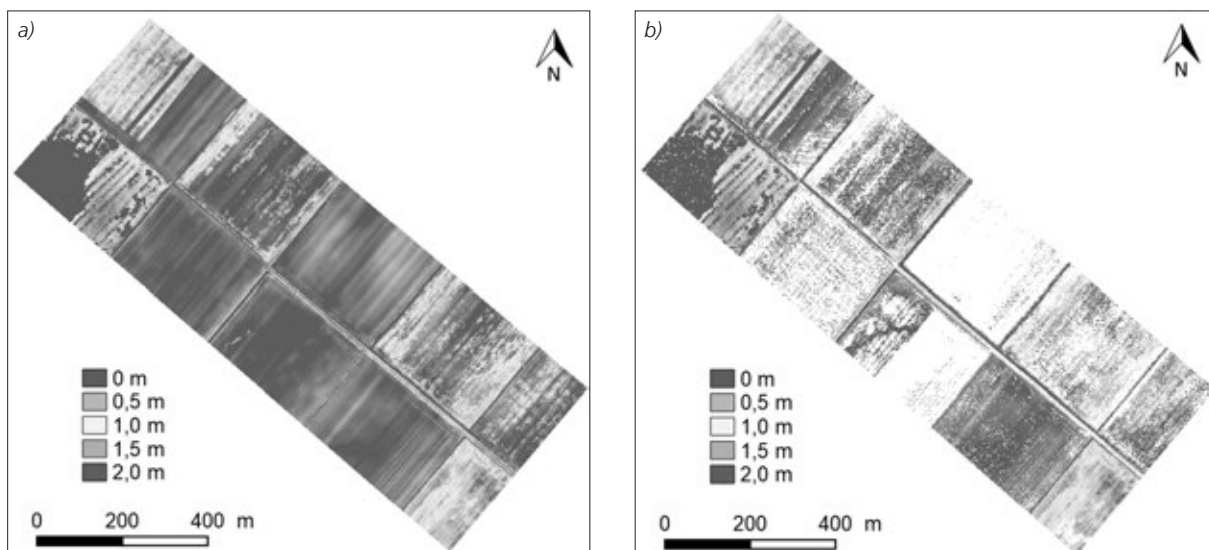


Slika 4: a) Digitalni ortofoto, b) novi vegetacijski indeks, c) klasifikacija procijenjenog udjela korova dijela poljoprivredne čestice *zobi* na užem području interesa

Što se tiče razlikovanja *oranice*, *sijena* i *zobi* te vegetacije i neživih tvari, postojeći vegetacijski indeksi dali su zadovoljavajuće rezultate. U pogledu razlikovanja *zobi* u kasnijem stadiju rasta od dviju neživih tvari, *sijena* i *oranice*, najbolje je rezultate dao VARI. Pritom je razlika vrijednosti između pojedine tri klase minimalno 0,15, što je sasvim dovoljno za razlikovanje triju opisanih klasa. Najbolje razlikovanje vegetacije od ostalih neživih tvari iz podataka vidljivog dijela spektra na području istraživanja omogućava NGRDI, s graničnom vrijednosti za razdvajanje spomenutih dviju klasa od 0,12. Činjenica da se vegetacija može pouzdano izdvojiti od ostatka scene iznimno je važna za izradu modela visine vegetacije.

4.2. Interpolacija digitalnog modela reljefa i izrada modela visine vegetacije

Interpolacija DMR-a izvedena je metodom *Ordinary Kriging* korištenjem eksponencijalnog modela. Interpolacija je provedena na temelju 463 točke identificirane kao *oranica* ili *vrlo niska vegetacija* na DSM-u i DOF-u. Nakon toga, provedeno je preklapanje izrađenog sloja s DSM-om, pri čemu je svakoj točki pridružen atribut nadmorske visine. Približno vrijeme potrebno za kreiranje točkastog sloja za interpolaciju iznosilo je 15 minuta. Model visine



Slika 5: a) Razlika vrijednosti DSM-a i DMR-a, b) model visine vegetacije

vegetacije izrađen je prvo računanjem razlika nadmorskih visina iz podataka DSM-a i DMR-a, čime su sadržani vegetacija, nežive tvari (npr. *sijeno*) i umjetni objekti (Slika 5a). Vegetacija je od ostatka scene izdvojena jednostavnom binarnom klasifikacijom pomoću vegetacijskog indeksa NGRDI, s graničnom vrijednosti 0,12. Iz dobivenog modela visine vegetacije (Slika 5b) određeno je da je vegetacijom pokriveno 57,7% područja istraživanja, a visina vegetacije varira od drveća (oko 15 m), *zobi* (oko 1,2 m) do *kukuruz*a (oko 0,4 m).

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom opisane su mogućnosti obrade i analize jednog seta snimki prikupljenih pomoću bespilotne letjelice u vidljivom dijelu spektra sa svrhom primjene u preciznoj poljoprivredi. Geodetska izmjera bespilotnom letjelicom senseFly eBee Plus RTK/PPK s ugrađenom senseFly S.O.D.A. RGB kamerom pokazala se vrlo pogodnom za prikupljanje velike količine podataka o poljoprivrednim kulturama. Nakon izrade DSM-a i DOF-a iz prikupljenih snimki, temeljem dobivenih podataka provedena je analiza poljoprivrednih čestica pomoću programa SAGA GIS. Provedeno je računanje vegetacijskih indeksa (GLI, NGRDI, VARI) i spektralna analiza temeljem podataka iz plavog, zelenog i crvenog dijela spektra. Temeljem spektralne analize, izrađen je novi vegetacijski indeks kojim je procijenjena količina prisutnog korova na poljoprivrednoj čestici *zobi*. Vegetacijski indeks VARI je određen kao najbolji za međusobno razlikovanje *zobi*, *sijena* i *oranice*, značajki koje je teško pouzdano vizualno razlikovati na DOF-u. Za razlikovanje vegetacije od neživih tvari izabran je NGRDI, što je važno prilikom izrade modela visine vegetacije. Kombiniranjem podataka DSM-a, DMR-a i vegetacijskih indeksa, izrađen je model visine vegetacije, koristan kao osnova za daljnju analizu poljoprivrednog zemljišta. Temeljem rezultata analize poljoprivrednih čestica u radu, dobivena je osnova za unaprjeđenje poljoprivredne proizvodnje i buduća istraživanja temeljena na suradnji s poljoprivrednim stručnjacima. Dostupne su i brojne mogućnosti poboljšanja prikupljanja podataka bespilotnom letjelicom, kroz snimanje određenog područja u više vremenskih epoha te snimanje upotrebom multispektralne kamere ili LiDAR-a.

ZAHVALA. Autori rada zahvaljuju tvrtki Geomatika Smolčak d.o.o. na obavljenoj snimanju bespilotnom letjelicom i ustupljenim snimkama.

LITERATURA

Candiago, Sebastian; Remondino, Fabio; De Giglio, Michaela; Dubbini, Marco; Gattelli, Mario (2015): Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images, *Remote Sensing*, 7, 4, 4026–4047.

Colomina, Ismael; Molina, Pere (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.

Conrad, Olaf; Bechtel, Benjamin; Bock, Michael; Dietrich, Helge; Fischer, Elke; Gerlitz, Lars; Wehberg, Jan; Wichmann, Volker; Böhrner, Jürgen (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, *Geosci. Model Dev.*, 8, 1991–2007.

Gašparović, Mateo; Gajski, Dubravko (2016a): Two-step camera calibration method developed for micro UAV's, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 829–833.

Gašparović, Mateo; Gajski, Dubravko (2016b): Algoritam za preciznu eliminaciju utjecaja distorzije objektiva digitalnih kamera, *Geodetski list*, 1, 25–38.

Gašparović, Mateo; Jurjević, Luka (2018): Gimbal Influence on the Stability of Exterior Orientation Parameters of UAV Acquired Images, *Sensors*, 17, 2, 401, 1–16.

Gašparović, Mateo; Seletković, Ante; Berta, Alen; Balenović, Ivan (2017): The Evaluation of Photogrammetry-Based DSM from Low-Cost UAV by LiDAR-Based DSM, *Seefor – South-East European Forestry*, 8, 2, 117–125.

Gitelson, Anatoly; Kaufman, Yoram; Stark, Robert; Rundquist, Don (2002): Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, 80, 1, 76–87.

Louhaichi, Mounir; Borman, Michael; Johnson, Douglas (2001): Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat, *Geocarto International*, 16, 1, 65–70.

Matese, Alessandro; Toscano, Piero; Di Gennaro, Salvatore Filippo; Genesio, Lorenzo; Vaccari, Francesco Primo; Primicerio, Jacopo; Belli, Claudio; Zaldei, Alessandro; Bianconi, Roberto; Gioli, Beniamino (2015): Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture, *Remote Sensing*, 7, 3, 2971–2990.

National Research Council (1997): Precision Agriculture in the 21st Century, National Academy Press, Washington, USA.

Pérez, Manuel; Agüera, Francisco; Carvajal, Fabio (2013): Low cost surveying using an unmanned aerial vehicle, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 40, 311–315.

Seelan, Santosh; Laguet, Soizik; Casady, Grant; Seielstad, George (2003): Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach, *Remote Sensing of Environment*, 88, 1–2, 157–169.

Tucker, Compton (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 8, 2, 127–150.

Zhang, Chunhua; Kovacs, John (2012): The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review, *Precision Agriculture*, 13, 6, 693–712.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN PRECISION AGRICULTURE

ABSTRACT

The basis of precision agriculture is the maximum exploitation of available resources in order to increase the quantity and quality of agricultural production. The aim of this paper is to show the optimal possibilities of using unmanned aerial vehicles as a new technology in precision agriculture. This method provides the ability to monitor crop growth the analysis of topographic features with high spatial resolution and an arbitrary time of data collection. Geodetic surveying has been conducted in the test area containing an average agricultural land in the Republic of Croatia, with regard to terrain configuration and present agricultural crops. The digital orthophoto and digital terrain model were created from the data collected by the surveying in the field and then processed in the GIS software. Using the captured data separately from the red, green and blue spectral channels and calculating the vegetation indices, a spectral analysis of agricultural crops was made, showing the inconsistencies of agricultural crops that are not visible on the digital orthophoto. By interpolation of the characteristic points of the terrain, a digital surface model was created. Its combination with the vegetation indexes resulted with creation of canopy height model. Use of the unmanned aerial vehicle in the test area of the research resulted with potential for improving agricultural production. Also, basis for future research through active co-operation with agricultural experts was set.

KEYWORDS: **digital terrain model, precision agriculture, spectral analysis, unmanned aerial vehicle, vegetation indices**