Biblid: 0350-2953 (2019) 45(3): 127-134
UDK: 631.3; 631.5;

Originalni naučni rad
Original scientific paper

VARIJABILNOST VEGETATIVNIH INDEKSA U KUKURUZU VARIABILITY OF VEGETATIVE INDICES IN CORN

**Višacki Vladimir¹, Turan Jan¹, Oparnica Stanko²,
Sedlar Aleksandar¹, Pavol Findura³, Patrik Burg⁴**

¹ Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

² Kite DOO, Bulevar Slobodana Jovanovića 4, 21000 Novi Sad, Srbija

³ Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. Andreja Hlinku 609/2, 949 76 Nitra, Slovačka

⁴ Fakultet za hortikulturu, Mendel Univerzitet Brno, Valtická 337, 691 44 Lednice, Češka

e-mail: vladimir.visacki@polj.edu.rs

ABSTRAKT

Nadgledanje i predviđanje varijabilnosti useva unutar polja može podržati poljoprivrednike u donošenju ispravnih odluka u različitim situacijama. Trenutni napredak u daljinskom otkrivanju i dostupnost slika visoke rezolucije, visoke frekvencije i besplatnih snimaka sa satelitskih sistema poboljšavaju implementaciju precizne poljoprivrede za širi krug poljoprivrednika.

Normalizovani diferencijalni vegetacijski indeks pruža mogućnost uočavanja varijabilnosti na ispitivanom polju. Upotrebom satelitskih sistema smanjene rezolucije omogućava to da se snimci koriste u indentifikaciji oblasti parcele u kojima je zabeležena varijabilnost. Korišćenjem vegetacijskih indeksa može se utvrditi samo varijabilnost dok se poreklo te varijabilnosti nikako ne može utvrditi upotrebom normalizovanog diferencijalnog indeksa. Poboľšani zeleni normalizovani diferencijalni indeks svakako daje veće mogućnosti u tom smislu da korisniku pruža informacije koje se odnose konkretno na biljku budući da ukazuje na promenu u zelenoj boji biljke. Na ovaj način korisnik se može donekle uveriti u stvarnu varijabilnost. U datim primerima, zeleni vegetacijski normalizovani diferencijalni indeks je indeks sa najmanjom varijabilnošću dok je normalizovani diferencijalni vegetativni indeks izračunat uz pomoć graničnog crvenog spektra zapravo sa najvišom varijabilnošću. Na ovaj način je utvrđena varijabilnost na parceli koja iznosi oko 13%. Na osnovu datog, može se očekivati da će postojati razlika u prinosu na istoj parceli u datom obimu.

Ključne reči: vegetativni indeksi, kukuruz, varijabilnost, precizna poljoprivreda, poljoprivredna proizvodnja.

1. UVOD

Uslovi sredine i potencijal zemljišta su činioci prinosa kukuruza koji mogu izazvati potencijalne gubitke već od prvog dana pa sve do vršidbe. Izdvajaju se 5 faktora koji imaju konačan uticaj na prinos. Prvi je svakako tip zemljišta što podrazumeva sadržaj organske materije, pH, poljski vodni kapacitet, sadržaj mikro i makro elemenata, Merante et al. (2017). Drugi je agroekološki uslovi gde je veoma bitna faktor vegetacionog rasporeda

padavina i njene količine. Sve više se susreću situacije koncentrisanih obilnih padavina što izazivaju poteškoće po pitanju zemljišta i useva izazivajući npr. eroziju. Intenzitet sunčeve insolacije uveliko prevazilazi 1320 W/m² čije su posledice pojave ožegotina i smanjenog intenziteta stvaranja hlorofila a povećane evaporacije odnosno transpiracije, Lognoul et al. (2017). Treći faktor jesu žetveni ostaci. Menadžment žetvenih ostataka redukuje eroziju zemljišta, održava konstantnu temperaturu zemljišta, predstavlja zaštitni toplotni sloj od preteranog zagrevanja i značajno redukuje pojavu korovske vegetacije i evaporacije (Hiel M et. al (2018); Brennan et al. (2014). Topografija terena odnosno visinska razlika ima uticaja na formiranje lokalnog mikro klimata i zemljišnih uslova. Poslednji faktor jesu svakako agrotehničke mere, setva, zaštita bilja i prihrana useva.

Nadgledanje i predviđanje varijabilnosti useva unutar polja može podržati poljoprivrednike u donošenju ispravnih odluka u različitim situacijama. Trenutni napredak u daljinskom otkrivanju i dostupnost slika visoke rezolucije, visoke frekvencije i besplatnih slika Sentinel-2 poboljšavaju implementaciju precizne poljoprivrede za širi krug poljoprivrednika. Kayad A. et al. (2019) istraživao je mogućnost upotrebe vegetacijskih indeksa (VI) dobijenih na osnovu Sentinel-2 slika i tehnika mašinskog učenja za procenu prostorne varijabilnosti prinosa kukuruza (*Zea mais*). Praćenje prinosa izvršeno je na parceli površine 22 ha u Severnoj Italiji. Prinos kukuruza je izmeren i evidentiran pomoću monitora prinosa zrna postavljenog na kombajnu. Analizirane su vegetacioni indeksi od ukupno 34 snimka Sentinel-2. Višestruka regresija i dva različita pristupa mašinskom učenju takođe su testirani da se modeliraju prinosi zrna kukuruza. Tri glavna rezultata su bila sledeća: (i) Zeleni indeks zelene normalizovane razlike (GNDVI) dao je najveću vrednost R² od 0,48 za nadgledanje varijabilnosti prinosa kukuruza u polju; najprikladniji period za praćenje prinosa kukuruza bio je usev između 105 i 135 dana od datuma setve (R₄ – R₆); Slučajni uzroci bili su najtačniji pristup mašinskom učenju za predviđanje varijabilnosti prinosa kukuruza unutar polja, sa R² vrednost od gotovo 0,6 u odnosu na nezavisni skup validacije od polovine ukupnih opservacija. Na osnovu rezultata, varijabilnost prinosa kukuruza tokom prethodnih sezona mogla bi se ispitati iz arhiviranih podataka Sentinel-2 sa GNDVI u fazi useva (R₄-R₆). Schwalbert R. Et al. (2018) navodi razloge za uspešno predviđanje prinosa kukuruza korišćenjem sistema precizne poljoprivrede i satelitskih snimaka. Podaci su prikupljeni sa 19 lokacija sa usevom kukuruza. Podaci su obrađivani kroz sledeće korake: prikupljanje i priprema podataka; izbor podataka za model; izgradnja modela predviđanja; prostorne i vremenske validacije. Koristio je NDVI indeks gNDVI i NDVIre izračunati sa Sentinel 2 snimaka. Glavni rezultati ove studije bili su: treba izbegavati model prognoze prinosa koji utiče na izbor podataka i treba izbegavati polja sa uskom promenljivošću prinosa i / ili sa poremećenom, nelogičnom distribucijom podataka; modeli koji razmatraju prostornu korelaciju reziduala nadmašuju regresiju najmanjih kvadrata (OLS); NDVI sa crvenom krajnjim spektrom je najčešće zadržan u modelu u poređenju s drugim vegetacionim indeksima i moć predviđanja modela bila je osetljivija na raspodelu frekvencije podataka nego na geografsku udaljenost ili godine. Peralta N et al. (2016) je sakupio snimke i uzorke sa 22 parcele kukuruza na različitim lokacijama. Na osnovu podataka Peralta N et al. (2016) je izveo tri osnovna ispitivanja: prostorna zavisnost svakog indeksa prinosa i vegetacije korišćenjem Moranovog I testa; izbor modela za odnos između podataka o snimcima i stvarnog prinosa korišćenjem običnih modela najmanje kvadratne regresije (OLS) i prostorno ekonometrijskih (SPL) modela i validacija modela za potrebe predviđanja prinosa. Autor navodi da je uključio prostornog prilagođavanja u model što je

poboljšalo uklapanje modela na većinu polja u poređenju s OLS modelima, pri čemu je koeficijent prostornog prilagođavanja značajan za polovinu proučavanih polja. Kada su odabrani modeli korišćeni za predviđanje za potvrđivanje podataka, dobijena je upečatljiva sličnost ($RMSE = 0,02$) između predviđenog i izmerenog prinosa u polju. Slično navodi Gao F et al. (2018). Dalje navodi povezanost prinosa sa biomasom na polju i indeksom površina lista što je detaljnije obradio Kross A et al. (2015). Pomenuti autor opet koristi identične indekse kao i prethodni navodi. Normalizovani indeks vegetacione razlike (NDVI), crveni rubni NDVI i zeleni NDVI nisu bili osetljivi su na tip useva i imali su koeficijente varijacije (CV) u rasponu između 19 i 27%; i koeficijenti određivanja koji se kreću između 86 i 88%. NDVI je bio najbolji za procenu biomase suvog lista ($CV = 27\%$ i $r^2 = 090$), a bio je i neosetljiv na tip useva. Indeksi crvene ivice nisu pokazali značajno poboljšanje u proceni LAI i biomase u odnosu na tradicionalne multi spektralne indekse. Kumulativni indeksi vegetacije pokazali su snažne performanse za procenu ukupne suve nadzemne biomase, posebno za kukuruz ($CV \leq 20\%$).

U radu su navedeni rezultati prinosa sa dve parcela kukuruza. Preuzeti su podaci sa Sentinel 2 satelita a potom izračunati koeficijenti gNDVI. Upoređivanjem varijabilnosti između gNDVI i prinosa kukuruza na parceli imalo je zadatak da pokaže povezanost između prinosa i datog indeksa. Cilj rada je potvrđivanje mogućnosti upotrebe gNDVI indeksa u predviđanju prinosa. Indeksi NDVI i NDVI_{re} su poslužili kao provera i potvrda povezanosti indeksa i prinosa.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Sprovedena istraživanja su realizovana u ataru sela Lovćenac na parceli površine 147 ha i 53,5 ha. Usev na prvoj parceli je bio kukuruz hibrida PO216 a na drugoj takođe kukuruz hibrida DKC5068. Osnovno đubrenje je bilo sa NPK 6:24:12 u količini od 200 kg/ha dok je za prihranu upotrebljeno mineralno đubrivo UREA u količini od 300 kg/ha. Na drugoj osnovno đubrenje je bilo kao i na prvoj parceli sa dodatkom KCl i sa istim tipom i količinom mineralnog đubriva kao i na prvoj većoj parceli. Parcele su ravne, mikro reljef je ujednačen. Ne postoje značajnija odstupanja. Iz baze podataka satelitskog Sistema Sentinel 2 preuzeti su snimci parcele. Snimci su se odnosili na jul i avgust 2019. godine. Obuhvaćeni su više različitih spektara svetlosti. Prvi je spektar svetlosti blizak infra crvenom i to u suženom opsegu. Kod Sentinel 2 satelita, on je obeležen kao spektar 8A sa opsegom od 865 ± 10 nm talasne dužine. Svaki piksel je rezolucije 20×20 m. Skraćeno ime je NIR narrow. Preuzet je snimak crvenog dela spektra koji je označen sa B4. Obuhvaćena talasna dužina kod pomenutog spektra je 665 ± 15 nm. Rezolucija je 10×10 m. Refleksija zelenog dela spektra označena je sa B3 čiji je opseg 560 ± 17.5 nm. Osim ovog snimka, preuzet je snimak B5 kome pripada refleksija krajnje crvenog dela spektra svetlosti. Obuhvata spektar od 705 ± 7.5 nm talasne dužine a površina piksela je 400 m^2 (20×20 m).

Normalizovan diferencijalni vegetacioni indeks jednak je količniku razlike i zbira NIR_{narrow} i B4 spektra svetlosti. Zeleni normalizovani diferencijalni vegetacioni indeks jednak je količniku razlike i zbira NIR_{narrow} i B3 spektra svetlosti. Poslednji izračunat indeks je NDVI_{re} (krajnje crveni spektralni normalizovani diferencijalni vegetacioni indeks) koji je jednak količniku razlike i zbira NIR_{narrow} i B5 spektra svetlosti. Snimci izračunatih vegetacionih indeksa su prikazani na sledećoj slici 1. Spektar je obojen u zelenu boju koja je razvrstana po intenzitetu u 5 kategorija. Svi proračuni su odrađeni u program

QGIS verziji 3.4. U raster kalkulator su zadate komande navedene za proračun indeksa. Nisu uključene nikakve ispravke, korekcionni faktori.

Oznake fotografija i imena sa indeksom 1 se odnosi na parcelu veće površine dok sa oznakom 2 se odnosi na parcelu manje površine. U parceli 1 se uočavaju karakteristične mrlje od sadržaja pare u atmosferi što je poremetilo istraživanje. No, vide se diferencijalne zone što se tiče izračunatih indeksa.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Korišćenjem alata za raster snimke, eksportovani su podaci vezani za pomenute indekse. Podaci su obrađeni u program Statsoft Statistica 12. Urađena je deskriptivna statistika. Rezultati su prikazani u tabeli 1.

Tab. 1. Deskriptivna statistika vegetativnih indeksa

VAR.	Mean	Min.	Max.	Lwr Quartile	Uppr Quartile	Var.	Std.Dev.	C.V.
NDVI 1	0.820	0.469	0.863	0.797	0.851	0.002	0.046	5.662
gNDVI 1	0.745	0.513	0.782	0.728	0.769	0.001	0.034	4.529
NDVIre 1	0.692	0.371	0.739	0.670	0.721	0.002	0.044	6.291
NDVI 2	0.825	0.476	0.851	0.821	0.837	0.001	0.024	2.858
gNDVI 2	0.753	0.515	0.777	0.750	0.763	0.000	0.018	2.356
NDVItr 2	0.705	0.397	0.736	0.702	0.718	0.001	0.025	3.597

U tabeli prikazane su aritmetičke sredine, minimalne i maksimalne vrednosti, donji i gornji kvartili, varijansa, standardna devijacija i koeficijent varijacije za svaki vegetativni indeks za parcelu 1 (veća parcela) i parcelu 2 (manja parcela). Karakteristično je to da se vegetativni indeksi između polja definitivno ne razlikuju značajno. Na primer NDVI indeks za veću parcelu je 0,82 dok je za manju parcelu 0,825. Slično je i sa ostalim indeksima posebno ukoliko se poređenje vrši na dve decimale. Veća varijabilnost vegetativnih indeksa zabeležena je kod veće parcele što je verovatno uticalo to da se radi o većoj parceli. Tako je koeficijent varijacije za sve vegetativne indekse u rasponu od 4,529% do 6,291%.

Ujednačeniji usev je zabeležen na manjoj parceli budući da je izračunat koeficijent varijacije vegetativnih indeksa između 2,356% i 3,597%.

Category	Percent of Valid
.4<x≤.5	0.109
.5<x≤.6	0.436
.6<x≤.7	1.364
.7<x≤.8	24.080
.8<x≤.9	74.011

Tab. 2a. Tabela frekvencija NDVI 1

Category	Percent of Valid
.4<x≤.5	0.081
.5<x≤.6	0.000
.6<x≤.7	0.081
.7<x≤.8	9.845
.8<x≤.9	89.992

Tab. 3a. Tabela frekvencija NDVI 2

Category	Percent of Valid
.4<x≤.5	0.000
.5<x≤.6	0.436
.6<x≤.7	11.563
.7<x≤.8	88.001

Tab. 2b. Tabela frekvencija gNDVI 1

Category	Percent of Valid
.4<x≤.5	0.000
.5<x≤.6	0.163
.6<x≤.7	1.221
.7<x≤.8	98.617

Tab. 3b. Tabela frekvencija gNDVI 2

Category	Percent of Valid
.3<x≤.4	0.082
.4<x≤.5	0.654
.5<x≤.6	2.563
.6<x≤.7	36.133
.7<x≤.8	60.567

Tab. 2c. Tabela frekvencija NDVIre 1

Category	Percent of Valid
.3<x≤.4	0.081
.4<x≤.5	0.000
.5<x≤.6	0.570
.6<x≤.7	22.864
.7<x≤.8	76.485

Tab. 3c. Tabela frekvencija NDVIre 2

U tabelama 2a, 2b i 2c su date frekvencije podataka preuzetih sa mapa izračunatih indeksa. Uočava se manja razuđenost uzoraka kod zelenog normalizovanog vegetativnog indeksa. Na parceli je za dati indeks zabeleženo to da više od 88% polja ima indeks u opsegu od 0,7 do 0,8 što ukazuje na najnižu varijabilnost u okviru polja 1 i datih indeksa. Suprotno tome je sa indeksom NDVIre gde se registruje to da više od trećine parcele ima vrednost pomenutog indeksa u rasponu od 0,6 do 0,7. Na parceli 2 zeleni normalizovani diferencijalni vegetativni indeks ukazuje na to da je data varijabilnost još niža budući da 98% parcele se ima vrednost indeksa od 0,7 do 0,8. Veća varijabilnost je registrovana kod NDVI i NDVIre indeksa. Međutim, osvrtom na poređenje obe parcele, može se zaključiti da je varijabilnost na parceli 2 manja od parcele 1.

Statističkom obradom podataka korišćenjem T testa za utvrđivanje međusobnog poređenja dva nezavisna uzorka i njihove varijabilnosti, prikazano je u tabeli 4. Može se sa 95% sigurnosti tvrditi da statistički značajna razlika u varijabilnosti svih datih izračunatih indeksa zaista postoji. Dati podaci se mogu iskoristiti za dalja istraživanja.

Tab. 4. Statistička obrada podataka.

Tab. 4. Statistical data processing

T-TEST FOR INDEPENDENT SAMPLES
NOTE: VARIABLES WERE TREATED AS INDEPENDENT
SAMPLES

GROUP 1 VS. GROUP 2	t-value	p	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
NDVI 1 vs. gNDVI 1	78.48	0.00	0.05	0.03	1.89	0.00
NDVI 1 vs. NDVIre 1	121.68	0.00	0.05	0.04	1.14	0.00
NDVI 1 vs. gNDVI 2	49.10	0.00	0.05	0.02	6.84	0.00
NDVI 1 vs. NDVIre 2	82.66	0.00	0.05	0.03	3.35	0.00
NDVI 2 vs. gNDVI 1	76.72	0.00	0.02	0.03	2.05	0.00
NDVI 2 vs. NDVIre 1	102.33	0.00	0.02	0.04	3.41	0.00
NDVI 2 vs. gNDVI 2	85.39	0.00	0.02	0.02	1.76	0.00
NDVI 2 vs. NDVIre 2	121.59	0.00	0.02	0.03	1.16	0.01

Značajan parametar u ovom slučaju pri statističkoj obradi podataka ukazuje F odnos. Najniža razlika između F odnosa zabeležena je kod parcele 1 prilikom upoređivanja NDVI i NDVIre indeksa. F odnos od 1,14 ukazuje na veoma nisku diferencijalnu razliku između ova dva indeksa za parcelu 1. Shodno tome, na parceli 1 za pomenuta dva indeksa se može tvrditi da postoji statistički značajna razlika ali da je ona u odnosu na druge slučajeve niska. Slična situacija je na parceli 2. Značajnija diferencijalna razlika se može zabeležiti između dve parcele ukoliko se uzme u obzir F odnos indeksa NDVI 1 i gNDVI 2. Za date indekse F odnos iznosi 6,84. Indeks koji ukazuje na nivo produktivnosti biljke na jednoj i drugoj parceli se takođe značajno razlikuju budući da su vrednosti F odnosa NDVI 2 i NDVIre 1 3,41 odnosno 3,35 za NDVI 1 i NDVIre 2.

4. ZAKLJUČAK

Normalizovani diferencijalni vegetacijski indeks pruža mogućnost uočavanja varijabilnosti na ispitivanom polju. Upotrebom satelitskih sistema smanjene rezolucije omogućava to da se snimci koriste u identifikaciji oblasti parcele u kojima je zabeležena varijabilnost. Korišćenjem vegetacijskih indeksa može se utvrditi samo varijabilnost dok se poreklo te varijabilnosti nikako ne može utvrditi upotrebom normalizovanog diferencijalnog indeksa. Poboljšani zeleni normalizovani diferencijalni indeks svakako daje veće mogućnosti u tom smislu da korisniku pruža informacije koje se odnose konkretno na biljku budući da ukazuje na promenu u zelenoj boji biljke. Na ovaj način korisnik se može donekle uveriti u stvarnu varijabilnost. U datim primerima, zeleni vegetacijski normalizovani diferencijalni indeks je indeks sa najmanjom varijabilnošću dok je normalizovani diferencijalni vegetativni indeks izračunat uz pomoć graničnog crvenog spektra zapravo sa najvišom varijabilnošću. U usevu kukuruza pomenuti indeks ukazuje na to da značajna varijabilnost postoji u visini do 13%.

5. LITERATURA

1. James, R.I.; John, L.D.; Julia, A.B. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. Remote Sens. Environ. 2012, 122, 11–21.
2. Heege H. (Editor), (2013), Precision in crop farming, Springer, Dordrecht, 356 pg.

3. Schieffer, T., Dillon, T., (2013), Precision agriculture and agro-environmental policy, in: Precision agriculture '13, Ed Stafford J., Wageningen Academic Publishers, ISBN: 978-90-8686-224-5.
4. Shockley, J., Dillon, C. R., Stombaugh, T., et al., (2012), Whole farm analysis of automatic section control for agricultural machinery, *Precision Agric.* 13, pp. 411-420.
5. D. J. Mulla, "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps," *Biosystems Engineering*, vol. 114, no. 4, pp. 358–371, 2013.
6. L. Wang, J. Liu, L. Yang, Z. Chen, X. Wang, and B. Ouyang, "Applications of unmanned aerial vehicle images on agricultural remote sensing monitoring," *Nongye Gongcheng Xuebao/ Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, vol. 29, no. 18, pp. 136–145, 2013.
7. J. Torres-Sanchez, J. M. Pe ´ na, A. I. de Castro, and F. L ´ opez- ´ Granados, "Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 103, pp. 104–113, 2014.
8. Hiel, M. P., Barbieux, S., Pierreux, J., Olivier, C., Lobet, G., Roisin, C., Dumont, B. (2018). Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *PeerJ*, 6, e4836. doi:10.7717/peerj.4836
9. Brennan et al. (2014) Brennan J, Hackett R, McCabe T, Grant J, Fortune RA, Forristal PD. The effect of tillage system and residue management on grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat in a cool Atlantic climate. *European Journal of Agronomy*. 2014;54:61–69. doi: 10.1016/j.eja.2013.11.009.
10. Hiel et al. (2016) Hiel M-P, Chélin M, Parvin N, Barbieux S, Degruene F, Lemtiri A, Colinet G, Degré A, Bodson B, Garré S. Crop residue management in arable cropping systems under a temperate climate. Part 2: soil physical properties and crop production. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2016;20:245–256.
11. Lognoul et al. (2017) Lognoul M, Theodorakopoulos N, Hiel M-P, Broux F, Regaert D, Heinesch B, Bodson B, Vandenbol M, Aubinet M. Impact of tillage on greenhouse gas emissions by an agricultural crop and dynamics of N2O fluxes: insights from automated closed chamber measurements. *Soil & Tillage Research*. 2017;167:80–89. doi: 10.1016/j.still.2016.11.008.
12. Merante et al. (2017) Merante P, Dibari C, Ferrise R, Sánchez B, Iglesias A, Lesschen JP, Kuikman P, Yeluripati J, Smith P, Bindi M. Adopting soil organic carbon management practices in soils of varying quality: implications and perspectives in Europe. *Soil and Tillage Research*. 2017;165:95–106. doi: 10.1016/j.still.2016.08.001.
13. Lobell, D.B.; Thau, D.; Seifert, C.; Engle, E.; Little, B. A scalable satellite-based crop yield mapper. *Remote Sens. Environ.* 2015, 164, 324–333.
14. Kross, A.; McNairn, H.; Lapen, D.; Sunohara, M.; Champagne, C. Assessment of RapidEye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2015, 34, 235–248.
15. Gao, F.; Anderson, M.; Daughtry, C.; Johnson, D. Assessing the variability of corn and soybean yields in central Iowa using high spatiotemporal resolution multi-satellite imagery. *Remote Sens.* 2018, 10, 1489.

16. Peralta, N.R.; Assefa, Y.; Du, J.; Barden, C.J.; Ciampitti, I.A. Mid-season high-resolution satellite imagery for forecasting site-specific corn yield. *Remote Sens.* 2016, 8, 848.
17. Schwalbert, R.A.; Amado, T.J.C.; Nieto, L.; Varela, S.; Corassa, G.M.; Horbe, T.A.N.; Rice, C.W.; Peralta, N.R.; Ciampitti, I.A. Forecasting maize yield at field scale based on high-resolution satellite imagery. *Biosyst. Eng.* 2018, 171, 179–192.
18. Ahmed Kayad Marco Sozzi, Simone Gatto, Francesco Marinello and Francesco Pirotti. (2019). Monitoring Within-Field Variability of Corn Yield using Sentinel-2 and Machine Learning Techniques. *Remote Sens.* 2019, 11(23), 2873; <https://doi.org/10.3390/rs11232873>

VARIABILITY OF VEGETATIVE INDICES IN CORN

**Višacki Vladimir¹, Turan Jan¹, Oparnica Stanko²,
Sedlar Aleksandar¹, Pavol Findura³, Patrik Burg⁴**

¹ Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia

² Kite DOO, Bulevar Slobodana Jovanovica 4, 21000 Novi Sad, Serbia

³ Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. Andreja Hlinku 609/2, 949 76 Nitra, Slovakia

⁴ Faculty of Horticulture, Mendel University Brno, Valtická 337, 691 44 Lednice, Czech Republic
e-mail: vladimir.visacki@polj.edu.rs

SUMMARY

Monitoring and predicting crop variability within the field can support farmers in making the right decisions in different situations. Current advances in remote sensing and the availability of high-resolution, high-frequency images and free satellite imagery are improving the implementation of precision agriculture for a wider range of farmers.

The normalized differential vegetation index provides the possibility of detecting variability in the studied field. The use of reduced resolution satellite systems allows the images to be used in identifying areas of the plot where variability has been recorded. Using vegetation indices, only variability can be determined, while the origin of that variability can by no means be determined using a normalized differential index. The improved green normalized differential index certainly provides greater opportunities in that it provides the user with information specific to the plant as it indicates a change in the green color of the plant. In this way, the user can be somewhat convinced of the actual variability. In the given examples, the green vegetation normalized differential index is the index with the least variability while the normalized differential vegetative index calculated using the boundary red spectrum is actually with the highest variability. In this way, the variability in the plot was found to be around 13%. Based on the given, it can be expected that there will be a difference in yield on the same plot in the given volume.

Key words: vegetative indices, maize, variability, precision agriculture, agricultural production.

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR31073, „Unapređenje proizvodnje kukuruza i sirka u uslovima stresa“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 08. 09. 2019. god.

Prihvaćeno: 25. 09. 2019. god.