Biblid: **0350-2953 (2019) 45(3): 109-118**
UDK: 631.3; 631.5;

Originalni naučni rad
Original scientific paper

UTICAJ YARA N-SENZORA NA POVRŠINSKU HOMOGENOST NDVI INDEKSA INFLUENCE OF YARA N-SENSOR ON SURFACE HOMOGENICITY OF NDVI INDEX

Nikola Stanić, Vladimir Višacki, Aleksandar Sedlar, Ondrej Ponjičan, Jan Turan
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg D. Obradovića 8, 21000
Novi Sad, Srbija
e-mail: alek@polj.uns.ac.rs

REZIME

Ekspanzijom i dostupnošću podataka sa satelita nikad nije bilo lakše pratiti vegetacione indekse i promene koje se dešavaju na biljkama. Indeks normirane razlike vegetacije, NDVI, u preciznoj poljoprivredi se koristi za merenje intenziteta biomase, dok se u šumarstvu koristi za kvantifikaciju indeksa šumske raznovrsnosti i lista. Upotrebom Yara N-senzora moguće je postići značajne uštede u azotnim đubrivima, a istovremeno povećati prinos pravovremenom aplikacijom azotnih đubriva u tačnim količinama na tačnom mestu. U radu su prezentovani rezultati NDVI indeksa pre i posle varijabilne aplikacije mineralnog đubriva. Cilj istraživanja je pronalaženje korelacije u algoritmu Yara N-senzora sa dostupnim satelitskim snimcima u vidu NDVI indeksa. Varijabilno rasipanje đubriva ima smisla jer između prohoda na parceli nije uočena statistički značajna razlika te se sa 95% sigurnosti može zaključiti da je NDVI indeks homogen. Na osnovu svih obrađenih podataka, može se zaključiti da je varijabilna prihrana uz pomoć Yara N-senzora dovela do uravnoteženja površinskog NDVI indexa 30 dana nakon aplikacije đubriva. Takođe prosečna potrošnja đubriva po hektaru nije značajno odstupala od ciljane norme aplikacije. Prinos koji je dobijen nije pokazao negativne efekte upotrebe N-senzora. Upotreba ovog senzora ima visok potencijal u smanjenju ulaznih troškova u ratarskoj proizvodnji.

Ključne reči: precizna poljoprivreda, varijabilna norma, rasipač, NDVI indeks, N-senzor.

1. UVOD

Precizna poljoprivreda je koncept modernog pristupa poljoprivrednoj proizvodnji gde je osnovni zadatak maksimalno smanjenje ulaznih troškova i dobijanje maksimalnog prinosa kao izlazni parametar, bilo da se radi o ratarskoj, povrtarskoj, voćarsko-vinogradarskoj ili stočarskoj proizvodnji. Usklađivanje ulaznih troškova i prakse sa specifičnim lokalizovanim uslovima na polju da bi se uradila ispravna stvar, na pravom mestu, u pravo vrijeme, i na pravi način, može se definisati kao precizna poljoprivreda (Pierce et al., 1994). Dugim rečim precizna poljoprivreda je primena detaljne strategije upravljanja koja koristi informacionu tehnologiju za prikupljanje podataka iz više izvora sa odlukama vezanim za poljoprivrednu proizvodnju, marketing, finansijske analize itd

(Olson, 1998). Kao početak revolucije u poljoprivredi se može uzeti momenat slobodne upotrebe GPS signala i prvih navigacionih sistema koji su ugrađeni u traktore. Upotrebom navigacije doslo je do poboljšanja sklopa biljaka, mogućnosti rada noću, smanjenja zamora rukovaoca itd. (Marković et al., 2003). Precizna poljoprivreda kao koncept je jedan od 10 revolucija u poljoprivredi (Oparnica et al., 2017). Kontroleri koji su mašinama omogućavali konstantnu normu aplikovanog materijala nezavisno od brzine kretanja su bili veliki napredak sredinom 90-ih godina prošlog veka. Ove kontrolere su sada zamenili kontroleri koji omogućuju promenu norme aplikovanog proizvoda u toku kretanja mašine po ranije utvrđenim menadžment zonama. Ove menadžment zone se mogu posmatrati kao mikroparcele unutar osnovne parcele gde kontroler prilikom prelaska iz zone u zonu na osnovu GPS-om utvrđene geolokacije da signal aktuatoru, pa aktuator promenom položaja omogućuje promenu norme aplikacije materijala. Menadžment zone koje su potrebne za varijabilnu aplikaciju proizvoda se utvrđuju na osnovu satelitskih snimaka nekog od vegetacionih indeksa, mapa prinosa dobijenih od kombajna ili posebno kreiranih mapa pomoću nekog uređaja koji mapira fizičko-hemijska svojstva zemljišta. Poslednja revolucija je pojava visoko rezolucionih kamera i specijalnih senzora koji na osnovu očitavanja stanja useva, tj. nekog elektronskog parametra direktno zavisnog od kondicije useva na trenutnoj geo lokaciji donosi odluku u realnom vremenu po utvrđenom algoritmu koju normu materijala će da aplikuje na toj geo lokaciji. Ekspanzijom i dostupnošću podataka sa satelita nikad nije bilo lakše pratiti vegetacione indekse i promene koje se dešavaju na biljkama. Indeks normirane razlike vegetacije, NDVI, u preciznoj poljoprivredi se koristi za merenje intenziteta biomase, dok se u šumarstvu koristi za kvantifikaciju indeksa šumske raznovrsnosti i lista (Višacki et al., 2018). Upotrebom Yara N-senzora moguće je postići značajne uštede u azotnim đubrivima, a istovremeno povećati prinos pravovremenom aplikacijom azotnih đubriva u tačnim količinama na tačnom mestu. Feiffer et al., 2007 su u trogodišnjem ogledu o zimi pšenice dokazali da je moguće poboljšati kombinovane performanse varijabilnom prihranom o zime pšenice uz pomoć Yara N-senzora za 9-33%, bez obzira na promenljive uslove rasta i žetve. Do današnjeg dana, varijabilna aplikacija materijala u realnom vremenu, u određenoj menadžment zoni tj. mikroparceli, je poslednje dostignuće tehnološkog razvoja precizne poljoprivrede. Pretpostavka je da će se u narednim godinama težiti prikupljanju još višoj količini i detaljnijim podacima, te da će pristup evoluirati sa kontrole menadžment zona na kontrolu svake biljke pojedinačno. Prema navodima Tekin et al. (2010) prosečno variranje u prinosu u Turskoj je između 1 i 10% dok je ušteda u azotnom đubrivu uporebom sistema varijabilne prihrane između 4 i 37%. Primenom azotnih đubriva moguće je postići značajno povećanje prinosa, ali sa druge strane, neefikasnom primenom istih moguće je izazvati ekološke probleme povezane sa ispiranjem nitrata kao i isparenjem azotnih oksida u atmosferu, pa je stoga bitno težiti da se biljci isporuči precizno definisana količina azota koju može da usvoji (Basso, 2015).

2. MATERIJAL I METOD RADA

Ogled je postavljen u proizvodnoj godini 2016/2017. u katastarskoj opštini Ljutovo (46.074117, 19.556925) na površini od 27,22 ha.

Detalji oglada su dati u tabeli 1:

Tabela 1. Detalji oglada**Table 1. Experiment details**

Usev	Ozima pšenica	Ciljana norma (kg/ha)	140
Sorta	NS Simonida	Prosečan prinos (t/h)	7,45
Vrsta đubriva (% N)	AN (34)	Datum	15.04.2017.

Cilj istraživanja je pronalaženje korelacije u algoritmu Yara N-senzora sa dostupnim satelitskim snimcima u vidu NDVI indeksa. Obraden je NDVI index dobijen je preuzimanjem snimaka sa satelita Santinel 2 L2A u rezoluciji 20 x 30 m na dva datuma. Prvi datum je bio 16.03.2017. (slika 1), dok je drugi datum bio 15.05.2017. (slika 2). Varijabilna aplikacija azotnog đubriva uz upotrebu Yara N-senzora je obavljena 15.04.2017. i mapa varijabilne aplikacije je data na slici 3. Datum 16.03.2017. je odabran za poređenje jer tada postoje najočljivije varijacije u NDVI indeksu, dok je 15.05.2017. odabran kao kontrolni snimak. U prvoj polovini maja pšenica je u intenzivnom vlatanju, pa je taj datum idealan da se ispolje efekti varijabilne prihrane, tj. da se utvrdi da li NDVI indeks teži ka uniformnosti.

Sl. 1. NDVI index 16.03.2017

Sl. 2. NDVI index 15.05.2017.

Sl. 3. Mapa varijabilne aplikacije đubriva

FIG. 3. Fertilizer application variable map

Obrada svih geografskih podataka je izvedena u programskom paketu QGIS 3.8.3. NDVI indeks je računat po formuli:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Gde je:

NIR- blizu infracrveni spektar (Near-infrared)

Red- vidljivi spektar (Red)

Prikaz refleksije spektra o list biljke koje očitavaju kamere sa satelita je prikazan na slici 4. Na slici 5. je prikazana refleksija i adsorpcija spektra na osnovu kog radi Yara N-sensor dok su na slici 6. prikazani sastavni delovi Yara N senzora.

Sl. 4 Prikaz spektra-satelit
FIG. 4 Spectrum view-satellite

Sl. 5 Prikaz spektra-Yara N-senzor
Fig. 5 Spectrum display-Yara N-sensor

Sl. 6 Sastavni delovi Yara N-senzora
FIG. 6 Components of the Yara N-Sensor

Prihrana je izvedena sa samohodnom prskalicom/rasipačem Stara Imperador 3.0 koji poseduje fabrički ugrađen Yara N-senzor koji snima stanje useva 6 m u jednom proходу (3 m sa leve strane, 3 m sa desne strane) (slika 7). Podaci o varijabilnoj distribuciji đubriva (mapa) su preuzeti sa web platforme telematnog sistema kompanije Stara S/A (slika 8). Tehničke karakteristike samohodne prskalice/rasipača Stara Imperador 3.0 su date u tabeli 2.

Sl. 7 Prikaz površine skeniranja
FIG. 7 Displaying the scan surface

Sl. 8 Stara Imperador 3.0
FIG. 8 Stara Imperador 3.0

Tabela 2. Tehničke karakteristike samohodne prskalice rasipača Stara Imperador 3.0
Table 2. Technical characteristics of the Old Imperador 3.0 self-propelled spreader sprayer

<i>Motor</i>	<i>Cummins QSB 6.7 l</i>	<i>Širina radnog zahvata (m)</i>	<i>18-36</i>
<i>Snaga motora kW</i>	160	Opseg radne brzine (km/h)	0-25
<i>Transmisija</i>	Hidrostatička 4 x 4 M	Maksimalna brzina (kom/h)	42
<i>Broj stepeni prenosa</i>	4	Sistem izuzimanja	Beskonačna traka
<i>Zapremina rez. za đubrivo (l)</i>	3000	Klirens (mm)	1430-1830
<i>Opseg norme (kg/ha)</i>	13-750	Masa prazne mašine (kg)	9980
<i>Dimenzije pneumatika</i>	380/80 R38	Dimenzije D/Š/V (m)	8/3,2/4

Yara N-senzor je fabrički povezan sa kontrolerom rasipača, pa nije bilo potrebe za posebnim pripremama. Na osnovu N min metode ustanovljeno je da na ukupnu površinu (27,22 ha) treba dodati 47,6 kg aktivnog azota. Korišćen je Yara-in algoritam (Target Rate Application) za aplikaciju ciljane norme, gde se kao ciljana norma uzima podatak iz N min metode. Na osnovu podatka iz N min metode ustanovljeno je da je potrebno dodati 140 kg/ha (AN 34) i ova norma je usvojena kao Target rate application.

Podaci su statistički obrađeni međusobnim poređenjem NDVI indeksa izmerenog 16.03 i 15.05. Podaci su poredani kao Nested design, po hijerarhijskom modelu odlučivanja. Parcela je podeljena na 7 prohoda označena sa velikim slovima abecede (A, B, C, D, E, F, G). Svaki prohod je podeljen na 6 zona sa po 10 uzoraka, gde su zone označene arapskim rednim brojevima (1, 2, 3, 4, 5, 6). Treći red u hijerarhiji jeste norma đubrenja koja je podeljena po istom sistemu kao podela drugog reda. NDVI indeksi su takođe podeljeni na isti način. Međusobna zavisnost definisana je po sistemu kategoričkih faktora za svaku izlaznu promenljivu. Tako su uvedene oznake za svaki red i to P –

prohod, U – uzorak, R – norma đubrenja i Y1 – NDVI indeks od 16.03.2017. odnosno Y2 – NDVI indeks od 15.05.2017. Shodno oznakama kategorički faktori (nested in) za izlazne promenljive Y1 i Y2 su Y1 (P, U, R) i Y2 (P, U, R). Kao što se vidi, izlazne promenljive (zavisne promenljive) nisu kategorički faktor jedna drugoj.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Postojanje varijabilnosti u samom usevu beleži se na osnovu merenja vegetativnog indeksa. Može se sa 99% sigurnosti tvrditi da postoji značajna statistička razlika između uzoraka u svakom proходу. Visoka varijabilnost se beleži kada se govori o đubrenju, prilikom uzorkovanja i proходу mašine. Varijabilna mapa đubrenja je bila neophodna iz razloga veoma visoke nehomogenosti useva pšenice odnosno NDVI indeksa. Ovo je prikazano u tabeli 3, te se može zaključiti da je varijabilno rasipanje mineralnog đubriva bilo opravdano. Suština tabele 3. se ogleda u tome što pokazuje potrebu za varijabilnim rasipanjem mineralnog đubriva u cilju efikasne i ekonomične poljoprivredne proizvodnje. Data analiza je prvi obavezan korak pri korišćenju sistema precizne poljoprivrede. Predstavlja početni uslov i analizu na terenu što nije slučaj za varijabilno rasipanje mineralnog đubriva koje nema smisla bez date analize. U praksi je čest slučaj da svi rade ili primenjuju varijabilno rasipanje bez prethodno utvrđenih relevantnih podataka.

Tabela 3. Test značajnosti po faktorima

Table 3. Significance test by factors

Effect	Multivariate Tests of Significance				
	Over-parameterized model Type III decomposition				
	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	0.002014	67146.88	2	271	0.000000
P	0.493081	19.16	12	542	0.000000
U(P)	0.341041	5.52	70	542	0.000000
R(P*U)	0.307506	2.13	204	542	0.000000

Na osnovu podataka iz tabele 4 se može potvrditi da postoje 4 klase varijabilnosti. Shodno tome prohod AB, CG i DF se međusobno razlikuju. Između datih parova prohoda ne postoji statistički značajna razlika, ali se sa 95% sigurnosti može tvrditi da se prohod E po NDVI indeksu značajno razlikuje od ostalih prohoda.

Navedene hipoteze se mogu verifikovati na osnovu podataka datih u tabeli 5. Varijabilno rasipanje đubriva ima smisla jer između prohoda F, D, A, B, E i C nije uočena statistički značajna razlika te se na osnovu toga sa 95% sigurnosti može zaključiti da je NDVI indeks homogen. Prohod G je granični prohod koji je pokazao statistički značajne razlike u odnosu na ostale prohode, pa se na osnovu toga može odbaciti.

Tabela 4. Dankanov test za NDVI pre varijabilnog rasipanja mineralnog đubriva

Table 4. Duncan test for NDVI before variable fertilizer spread

 Duncan test; variable Y1 (Spreadsheet10) Homogenous Groups, $\alpha = .05000$

 Cell Error: Between MSE = .00164, $df = 272.00$

No.	P	Y1 Mean	1	2	3	4
2	B	0.384746	****			
1	A	0.390833	****			
3	C	0.405833		****		
7	G	0.409322		****		
4	D	0.435593			****	
6	F	0.442500			****	
5	E	0.468644				****

Tabela 5. Dankanov test za NDVI nakon varijabilnog rasipanja mineralnog đubriva

Table 5. Duncan test for NDVI after variable mineral fertilizer spread

 Duncan test; variable Y2 (Spreadsheet10) Homogenous Groups, $\alpha = .05000$

 Cell Error: Between MSE = .00071, $df = 272.00$

No.	P	Y2 Mean	1	2
7	G	0.523729		****
6	F	0.556667	****	
4	D	0.556780	****	
1	A	0.558333	****	
2	B	0.560169	****	
5	E	0.560169	****	
3	C	0.566667	****	

Grafički prikaz tabela 4 i 5 prikazan je na slici 9. Postojanje homogenosti kod NDVI indeksa potvrđuje hipotezu rada. To znači da korišćeni model za varijabilnu aplikaciju mineralnog đubriva je validan, a takođe je odrađena prethodna analiza stanja useva preko istog indeksa. Nehomogenost u NDVI indeksu sa prvog snimka se sada više ne registruje.

Sl. 9 Prosečna vrednost NDVI indeksa po prohodima za 16.03.2017. i 15.05.2017.
FIG. 9 Average Value of the NDVI Index by Passage for 03/16/2017. i 15.05.2017.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu svih obrađenih podataka, može se zaključiti da je varijabilna prihrana uz pomoć Yara N-senzora dovela do uranoteženja površinskog NDVI indeksa 30 dana nakon aplikacije đubriva. Takođe prosečna potrošnja đubriva po hektaru nije značajno odstupala od ciljane norme aplikacije. Prinos koji je dobijen nije pokazao negativne efekte upotrebe N-senzora. Upotreba ovog senzora ima visok potencijal u smanjenju ulaznih troškova u ratarskoj proizvodnji. Pored ratarsko-povrtnarske proizvodnje, potencijal upotrebe pomenutog senzora postoji i u voćarsko-vinogradarskoj proizvodnji, kako sa aspekta varijabilne prihrane tako sa aspekta monitoringa kvalitativnog stanja voćnjaka ili vinograda. Sa tehnološkog aspekta potrebno je prilagoditi senzor da snima pod drugim uglom, da bi se dobio NDVI index u vertikalnoj ravni. Pored snimanja i praćenja kvalitativnog stanja biljaka potrebno je težiti i preventivnom očitavanju bolesti useva u voćarsko-vinogradarskoj proizvodnji. Razvijanje i usavršavanje pomenute tehnologije bi naročito imalo smisla u proizvodnji jabuke, gde bi se preventivnom detekcijom bolesti mogao smanjiti broj aplikacija fungicidom u toku proizvodne godine.

5. LITERATURA

- [1] Ahmad, Drlatief & Mahdi, Syed. (2018). Variable Rate Technology and Variable Rate Application: An Information and Technology Based Agriculture. 10.1007/978-3-030-03448-1_5.
- [2] Basso, Bruno & Fiorentino, Costanza & Cammarano, Davide & Schulthess, Urs. (2015). Variable rate nitrogen fertilizer response in wheat using remote sensing. Precision Agriculture. 10.1007/s11119-015-9414-9.

- [3] Corrêdo, Lucas & Pinto, Francisco & Queiroz, Domingos & Valente, Domingos & Villar, Flora. (2019). Nitrogen variable rate in pastures using optical sensors. *Semina: Ciências Agrárias*. 40. 2917. 10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p2917.
- [4] Feiffer, A. & Jasper, Joerg & Leithold, P. & Feiffer, P.. (2007). Effects of N-Sensor based variable rate N fertilization on combine harvest. 673-679.
- [5] Hunt, Adrian & Sharp, Joanna & Johnstone, Paul & Searle, Bruce. (2018). Considering the value proposition of variable rate N fertiliser..
- [6] Marković D, Pokrajac S, Simonović V, Marković I. Ekonomska evaluacija GPS tehnologije u poljoprivredi Srbije. *Škola biznisa 2013*; (3-4):1-11.
- [7] Memon, Sana. (2019). Wheat genotype variations to variables rates of balanced fertilizer. 10.13140/RG.2.2.16842.62403.
- [8] Olson, K. 1998. Precision agriculture: current economic and environmental issues, p. 213–220. In: T. Tempesta and M. Thiene (eds.). *Sixth Joint Conf. Food, Agr., and the Environ.* 31 Aug.–2 Sept. 1998. Univ. Minn., St. Paul.
- [9] Oparnica S, Višacki V, Turan J, Sedlar A, Bugarin R. Primena precizne poljoprivrede u proizvodnji soje - deo 1 - efekat suše i đubrenja na prinos. *Savremena poljoprivredna tehnika 2017*; 43(1):7-15.
- [10] Pierce, F. J., Robert, P. C. and Mangold, G. 1994. Site-specific management: The pros, the cons, and the realities. In "Proceedings of the International Crop Management Conference, Iowa State University," pp. 17-21. Iowa State Univ. Press, Ames.
- [11] Surjandari, Isti & Batte, Marvin. (2010). Adoption of Variable Rate Technology. *Seri Teknologi (Technology Series)*; Vol 7, No 3 (2003): Desember. 7. 10.7454/mst.v7i3.186.
- [12] Tekin, Arif. (2010). Variable rate fertilizer application in Turkish wheat agriculture: Economic assessment. *African Journal of Agricultural Research*. 5. 647-652.
- [13] Višacki V, Sedlar A, Bugarin R, Mašan V, Turan J, Janić T, Ponjičan O. Primena precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji - koncept i implementacija. *Savremena poljoprivredna tehnika 2018*; 44(3):99-104.
- [14] www.telemetrystara.com.br
- [15] <https://ers.cr.usgs.gov/>
- [16] <https://apps.sentinel-hub.com/>
- [17] <https://www.sensoroffice.com>

INFLUENCE OF YARA N-SENSOR ON SURFACE HOMOGENICITY OF NDVI INDEX

Nikola Stanić¹, Vladimir Višacki¹, Aleksandar Sedlar¹, Ondrej Ponjičan¹,
Jan Turan¹, Pavol Findura², Patrik Burg³

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

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

³ Faculty of Horticulture, Mendel University Brno, Valtická 337, 691 44 Lednice, Czech Republic

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

SUMMARY

With the expansion and availability of satellite data, it has never been easier to keep track of vegetation indices and changes occurring on plants. The standardized vegetation difference index, NDVI, in precision agriculture is used to measure biomass intensity, while in forestry it is used to quantify forest diversity and leaf indices. Using the Yara N-sensor, it is possible to achieve significant savings in nitrogen fertilizers while increasing yield by timely application of nitrogen fertilizers in the right quantities at the right place. The results of the NDVI index before and after variable application of mineral fertilizer are presented in the paper. The aim of the research is to find a correlation in the algorithm of the Yara N-sensor with the available satellite imagery in the form of the NDVI index. Variable fertilizer spread makes sense because no statistically significant difference was observed between passages F, D, A, B, E and C and it can be concluded with 95% certainty that the NDVI index is homogeneous. Based on all the data processed, it can be concluded that variable feeding with the help of the Yara N-sensor led to the balancing of the surface NDVI index 30 days after fertilizer application. Also the average fertilizer consumption per hectare did not significantly deviate from the target application rate. The yield obtained did not show the negative effects of using the N-sensor. The use of this sensor has a high potential to reduce input costs in crop production.

Keywords: precision agriculture, variable rate, spreader, NDVI index, N-sensor.

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR31046, „Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 05. 08. 2019. god.

Prihvaćeno: 19. 08. 2019. god.