Biblid: 0350-2953 (2019) 45(4): 135-142
UDK: 631.3;

Originalni naučni rad
Original scientific paper

TEHNOLOGIJE PRECIZNE POLJOPRIVREDE DOSTUPNE RATARSKO- POVRTARSKOJ I VOĆARSKO-VINOGRADARSKOJ PROIZVODNJI PRECISION FARMING TECHNOLOGY AVAILABLE TO FIELD, VEGETABLE, FRUIT AND GRAPE PRODUCTIONS

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

REZIME

Sve tehnologije koje karakterišu sisteme precizne poljoprivrede se mogu podeliti u tri grupe: tehnologije navođenja, tehnologije snimanja i tehnologije reagovanja. Ova podela se proširuje shodno stepenima usavršenosti sistema precizne poljoprivrede i dodaje se još jedan stepen podele koji zaokružuje sve tri navedene celine.

To je tehnologija upravljanja resursima. Ovaj stepen pripada krovnoj tehnologiji sistema precizne poljoprivrede i služi sa praćenje promena na polju i planiranje održivosti, efikasnosti i ekonomičnosti poljoprivredne proizvodnje u izmenjenim agroekološkim uslovima.

U ratarsko-povrtarsku i voćarsko-vinogradarsku proizvodnju tehnologije precizne poljoprivrede treba uvoditi fazno. Shodno tome i investicije u implementaciju tehnologija precizne poljoprivrede u prvih 3-5 godina treba da postepeno rastu iz godine u godinu. Puni efekat tehnologija precizne poljoprivrede kako sa ekonomskog, tako sa organizacionog i svakog drugog aspekta moguće je videti tek posle petogodišnjeg ciklusa.

Ključne reči: tehnologije navođenja, tehnologije snimanja i tehnologije reagovanja.

1.UVOD

Precizna poljoprivreda je koncept upravljanja u biljnoj proizvodnji koji podrazumeva posmatranje/merenje međusobnog uticaja biljaka, zemljišta, plodoreda i plodosmene. Sve aktivnosti precizne poljoprivrede usmerene su ka smanjenju troškova proizvodnje i povećanju prinosa, kao i povećanju potencijala upravljanja prirodnim resursima.

Postoji veliki broj podela sistema i tehnologija koji definišu preciznu poljoprivredu ali najveći broj autora razlikuje tri glavne kategorije:

1. Tehnologije navođenja (komponente i softver za upravljanje traktorom), koje obuhvataju sve oblike automatskog upravljanja za traktore i samohodne poljoprivredne mašine. Tehnologije navođenja se koristi i za tradicionalnu poljoprivrednu praksu. Fokusiraju se na precizno kretanje mašina unutar i između polja sa opipljivim rezultatima u smanjenom preklapanju, što uzrokuje manju upotrebu semena, đubriva i pesticida paralelno sa smanjenom eksploatacijom mašina i potrošnjom goriva.

2. Tehnologije snimanja (senzori montirani na stanicama, objektima kretanja, vazdušne ili satelitske platforme - prikupljanje prostornih informacija) uključuju

mapiranje zemljišta, mapiranje vlage u zemljištu, mapiranje oblika, mapiranje prinosa. Tehnologije snimanja su potrebne da bi se dobijale informacije iz polja pre, za vreme i nakon perioda vegetacije (obrada – setva – aplikacija pesticida i đubriva - žetva).

3. Tehnologija reagovanja je kategorija koja koristi rezultate pethodne dve. Tehnologija reagovanja prvenstveno koristi podatke proizvedene od sistema za snimanje i minimizira sve inpute (seme, đubrivo, pesticidi i voda) u optimalnu količinu koja se zahteva od useva za unapređeni način rasta i razvoja. Sve tri kategorije tehnologije precizne poljoprivrede zahtevaju korišćenje Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Sa razvojem pomenutih tehnologija podizao se i udeo primene sistema precizne poljoprivrede u ukupnoj svetskoj poljoprivredi, slika 1.

Sl. 1. Dostignuti nivo primene precizne poljoprivrede u odnosu na svetsko tržište
Fig. 1. The achieved implementation level of precision agriculture in world markets
(izvor/source: United State Development Agency – Agriculture)

2.MATERIJAL I METOD RADA

U radu je dat pregled tehnologija precizne poljoprivrede sa akcentom na analizu postupka uspostavljanja pomenutih tehnologija zavisno od specifičnosti imanja i proizvodnje.

3.REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kao što je već navedeno precizna poljoprivredna se može podeliti u 3 funkcionalne celine: tehnologija navođenja, tehnologija snimanja i tehnologija reagovanja. U praktičnom smislu, ova podela se proširuje shodno stepenima usavršenosti sistema precizne poljoprivrede i dodaje se još jedan stepen podele koji zaokružuje sve ove tri navedene celine. To je **tehnologija upravljanja resursima**. Ovaj stepen pripada krovnoj tehnologiji sistema precizne poljoprivrede i služi za praćenje promena na polju i

planiranje održivosti, efikasnosti i ekonomičnosti poljoprivredne proizvodnje u izmenjenim agroekološkim uslovima.

U svakom subjektu mora postojati tranzicioni period, period navikavanja zaposlenih na potpuno novi sistem i koncept. On se realizuje tako što se samo mali broj traktora i priključnih mašina opremi sa naprednijim sistemom. Zatim se tokom cele sezone vrši obuka radnika pri različitim agrotehničkim operacijama. Nakon prve godine, ukoliko su ispunjeni uslovi, postavljaju se novi sistemi na ostale pogonske i priključne mašine. Tranzicioni period na svakom imanju ne bi trebao da traje manje od 3 godine, a poželjno bi bilo da traje 5 godina.

Implementacija **sistema navođenja** se najčešće odvija na dva načina. Prvi način podrazumeva ugradnju u traktor najprostijih sistema navođenja koji se sastoji se od monitora i antene. Može se prebacivati iz jednog u drugi traktor. Najviše se primenjuje pri rasipanju mineralnog đubriva i aplikaciji pesticida. Preciznost zavisi od rukovaoca jer on održava pravac prema svetlosnoj signalizaciji u gornjem delu monitora.

Kada se radnici naviknu na ovakav sistem navođenja onda se ubacuju dodatne komponente. Drugi nivo predstavlja automatsko navođenje traktora. Rukovaoc sedi u kabini traktora i posvećen je kontroli celokupnog sistema. Taj sistem je prikazan na slici 2. Kod savremenijih rešenja radi se sa preciznošću do 0,025 m (2,5 cm) u kombinaciji sa korekcionim RTK signalom. Rukovalac okreće agregat na uvratinama, na početku i kraju parcele, vrši uključivanje / isključivanje sistema i prati rad.

Sl. 2. Komponente sistema automatskog navođenja

Fig. 2. Components of automatic guidance

Naredni korak implementacije precizne poljoprivrede jeste sakupljanje podataka sa polja – **tehnologija snimanja**. Prvenstveno se misli na podatke o prinosu/rodu jer je to početak daljeg procesa odlučivanja. Da bi se bolje razumelo navedeno analiziraće se slika 3.

Slika 3. Mapa prinosa preuzeta sa kombajna

Fig. 3. Yield map taken from the combine

Na slici 3. su bojama označeni prinosi na različitim parcelama. Dati prinosi su snimljeni prilikom vršidbe kombajna. Kombajn sadrži sistem za merenje prinosa i konstantno ga prikazuje na monitoru kombajna. Ukoliko se ti podaci povežu sa navigacijom opisanom u prethodnom delu, dobija se mapa prinosa. Mapa prinosa se koristi za dalje agrotehničke operacije. Tako se na primer na mestima gde je ostvaren prinos kulture ispod 2 t/ha odobrava povećano đubrenje u iznosu od 20%. Tamo gde je prinos na parceli bio veći od 4.4 t/ha, norma đubrenja se smanjuje za 20%. Ova raspodela norme đubrenja se može uraditi još preciznije. Osim datih ograničenja, uvode se mesta gde se neće vršiti uopšte đubrenje, a to je npr. na mestima gde je prinos bio preko 6,5 t/ha. U oblastima gde je prinos bio između 1 i 2 t/ha, norma đubrenja se povećava za 50%. Dodatno može se uvesti da zone gde je izmeren prinos manji od 0,5 t/ha budu označene kao mesta gde je potrebna hitna reakcija mera popravke zemljišta i detaljnog ispitivanja.

Pored merenja prinosa i fizičkih karakteristika zemljišta u tehnologiju snimanja precizne poljoprivrede uključeni su još neki indeksi koji se dobijaju korišćenjem drugih sistema, kao npr. indeksi stanja biljaka. Indeksi stanja biljaka nam daju uvid u varijabilnost stanja biljaka u pojedinim delovima polja. Posebno znaju biti interesantni u voćarstvu, gde imamo ručne senzore koji dovoljno precizno (prislanjanjem na list) daju informaciju o npr. stanju azota u biljci.

Precizna poljoprivredna omogućava bolju identifikaciju, analizu i upravljanje vremenskom i prostornom varijabilnošću u polju. Preciznost je alat smanjenja ove varijabilnosti, odnosno povećanja proizvodnje uz održavanje kvaliteta i kvantiteta useva. Kada se govori o daljinskim senzorima u preciznoj poljoprivredi, odmah se misli na

senzore detekcije indeksa vegetacije. Vegetacija ili vegetativni indeks izračunava se pomoću različitih spektralnih opsega, obično u zavisnosti od vrste stresa biljaka. Zdravstveno stanje biljke moguće je ispitati i proveriti, snimiti, a zatim i procesuirati uz pomoć različitih indeksa kao što su: NDVI, NDRE, VARI, TGI, SIPI2, LCI, BNDVI, GNDVI. Svaki indeks ima drugačiju upotrebu i drugačiji vizuelni izlaz. Njihova svrha jeste provera trenutnog stanja biljke, potreba za vodom i različitim hranljivim materijala ili čak utvrđivanje prisustva bolesti ili insekata na biljci (stepen zaraženosti). Ovi indeksi se dobijaju snimanjem spektralnim kamerama čija cena u zavisnosti od namene i rezolucije može biti od 3870 EUR pa do 175.620 EUR. Zbog visoke cene opreme ali i zahtevnog rada tokom snimanja, najčešće se koriste usluge trećih lica koji će izvršiti snimanje ili usluge koje su na raspolaganju, a vezane su za korišćenje satelitskih snimaka sa manjom preciznošću. Oba slučaja zahtevaju dobro obučenog inženjera precizne poljoprivrede.

Tehnologija reagovanja procesuirala sakupljene podatke iz tehnologije snimanja. Ima zadatak da vrši obradu podataka koji su prezentovani u različitim mapama i to tako što ih preklapa. Na primer, uzima mapu prinosa/roda kao osnovnu mapu i preko nje dodaje "sloj" pH zemljišta i nadmorske visine ukoliko želi da napravi npr. mapu pristupačnosti fosfora.

Zadnjih godina na značaju posebno dobija i poslednji četvrti deo implementacije precizne poljoprivrede – **tehnologija upravljanja resursima**. Pod implementacijom tog dela podrazumeva se korišćenje višegodišnjih podataka o prinosu/rodu i varijabilnost ostalih faktora. Isti predstavlja sveobuhvatnu analizu promene prinosa/roda, fizičkih i hemijskih svojstava zemljišta na osnovu čega se prave modeli i pokušavaju uočiti greške i nedostaci.

Na primer, pri obradi srednje lakih i lakih zemljišta upotrebom razrivača umesto pluga dolazi do povećanja humusa u površinskom sloju zemljišta, a najčešće je obuhvaćen sloj od 0,3 m. Posle 3 godine uvodi se oranje kako bi se humusom obogatio sloj od 0,3 do 0,6 m. Drugi primer jeste situacija kada je u pojedinim delovima parcela gde je usled lošeg prinosa vršeno povećanje norme đubrenja došlo do smanjenja prinosa. Efekat povećanje norme đubrenja je dao rezultat u prve dve godine, a u ostalim godinama taj efekat je izostao. Shodno tome, preduzimaju se mere za utvrđivanje uzroka takvog događaja. Osim ovih analiza, vrše se analize iskorišćenosti mehanizacije i greške u toku rada. Na primer, zabeležena je smanjena potrošnja goriva iz godinu u godinu zbog promene tehnologije proizvodnje. Proces snimanja ovakvih podataka i dobijanja celokupnih podataka sa polja zove se Telematika.

Telematika je "sledeća velika stvar" u poljoprivrednoj industriji jer prikuplja podatke u realnom vremenu iz poljoprivrednih mašina i traktora i prenosi iste na internet ili na "cloud". Napredna rešenja telematike obezbeđuju daljinsko upravljanje poljoprivrednim mašinama, daljinsku dijagnostiku i direktnu tehničku podršku tehničkom osoblju proizvođača mašina. Prednosti rešavanja problema na daljinu bez fizičkih putovanja na teren povećavaju usvajanje telematike na globalnom tržištu preciznih poljoprivrednih proizvoda. Do 2017. godine, telematika zauzela je 17% ukupnog tržišta precizne poljoprivrede.

4.ZAKLJUČAK

Tehnologije precizne poljoprivrede obezbeđuju optimazaciju troškova proizvodnje i povećanje prinosa. Da bi postigle željni efekat ne treba ih naglo uvoditi jer mogu izazvati kontraefekat i dovesti do urušavanja postojećeg sistema.

Uvođenje tehnologija precizne poljoprivrede treba sprovesti fazno, gde prva faza podrazumeva uvođenje jednostavnijih sistema navođenja i snimanja u prve dve godine, a potom u trećoj godini kroz punu implementaciju sistema reagovanja treba doći do prvih višegodišnjih informacija o ekonomskim efektima. Treba prvo sagledati ekonomske efekte početnih faza implementacije precizne poljoprivrede, pa tek onda krenuti u investicione i organizacione promene za naredni period od 2-3 godine.

Investicije u implementaciju tehnologija precizne poljoprivrede u prvih 3-5 godina treba da postepeno rastu iz godine u godinu. Puni efekat tehnologija precizne poljoprivrede kako sa ekonomskog, tako sa organizacionog i svakog drugog aspekta moguće je videti tek posle petogodišnjeg ciklusa.

5.LITERATURA

1. Kaspar, T.C, Colvin, T.S., Jaynes, B., Karlen, D.L., James, D.E, Meek, D.W., 2003. Relationship between six years of corn yields and terrain attributes. *Precision Agriculture*, 4, 87-101.
2. M. Sophocleous and J. Georgiou, "Precision agriculture: Challenges in sensors and electronics for real-time soil and plant monitoring," 2017 IEEE Biomed. Circuits Syst. Conf., pp. 1–4, 2017. <https://doi.org/10.1109/BIOCAS.2017.8325180>
3. Mahlein, Anne-Katrin (2015). "Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping". *Plant Disease*. 100 (2): 241–251. [doi:10.1094/PDIS-03-15-0340-FE](https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE). ISSN 0191-2917.
4. McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7-23.
5. McBratney, A.B. & Pringle, M.J. *Precision Agriculture* (1999) 1: 125. <https://doi.org/10.1023/A:1009995404447>
6. Reina, Giulio (2018). A multi-sensor robotic platform for ground mapping and estimation beyond the visible spectrum. *Precision Agriculture*. 20 (2): 423–444. [doi:10.1007/s11119-018-9605-2](https://doi.org/10.1007/s11119-018-9605-2).
7. Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H. et al. *Precision Agriculture* (2002) 3: 169. <https://doi.org/10.1023/A:1013823603735>
8. Whelan, B.M., McBratney, A.B., 2003. Definition and Interpretation of potential management zones in Australia, In: *Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference*, Geelong, Victoria, Feb. 2-6 2003.

PRECISION FARMING TECHNOLOGY AVAILABLE TO FIELD, VEGETABLE, FRUIT AND GRAPE PRODUCTIONS

Sedlar Aleksandar, Višacki Vladimir, Bugarin Rajko, Turan Jan, Ponjičan Ondrej

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

e-mail: alek@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

All technologies that characterize precision farming systems can be divided into three groups: guidance technology, recording technology and reacting technology. This is expanded accordingly degrees of sophistication and precision farming system with another groups that rounds up all three parts. It is a resource management technology.

This group belongs “roof technology” and precision farming system used it to track changes in the field and planning sustainability, effectiveness and efficiency of agricultural production in the changed climatic and soil conditions. In agricultural production precision farming technology’s should be introduced in phases. The investments in technology of precision agriculture in the first 3-5 years should gradually grow from year to year. The full effect of precision farming technology’s can be seen only after a five-year.

Key words: guidance technology, recording technology and reacting technology.

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: 23. 10. 2019. god.

Prihvaćeno: 29. 10. 2019. god.