

Opis sustava za preciznu zaštitu bilja

Šumanovac, Luka; Jurišić, Mladen; Lukač, Petar; Sito, Stjepan; Zimmer, Domagoj

Source / Izvornik: **Glasnik Zaštite Bilja**, 2021, 44., 50 - 57

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

<https://doi.org/10.31727/gzb.44.6.6>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:179674>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-06**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Opis sustava za preciznu zaštitu bilja

Sažetak

U radu je prikazana suvremena poljoprivredna tehnika u zaštiti bilja. Primjenom navigacijskih sustava sa korekcijskim signalom visoke točnosti (RTK) te upotrebom senzora OptRx omogućena je precizna aplikacija kemijskih sredstava putem izrađene karte zaštite bilja. Korištenjem telematskih sustava omogućuje se rukovateljima strojeva mogućnost grupnog rada na istoj proizvodnoj površini te uvid u stanje usjeva dostupno u realnom vremenu. Razvojem tehnologije slanja informacija o stanju proizvodne površine omogućeno je isto slati u virtualni oblak (cloud) gdje se one mogu analizirati ručno ili korištenjem strojnog učenja (machine learning).

Glavne riječi: precizna zaštita, senzori, zaštita bilja, precizna poljoprivreda

Uvod

Zaštita bilja odnosno fitomedicina ima za cilj zaštititi biljke od štetnih činitelja poput korova, bolesti i štetnika. Prilikom suzbijanja korova i štetnika u biljnoj proizvodnji koriste se kemijska sredstva koja su podijeljena u više skupina, a zajednički se nazivaju pesticidi (Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje). Posljednjih desetljeća značajno su napredovala istraživanja o tehnologijama za otkrivanje korova, integriranju senzora i selektivnom upravljanju usjevima s herbicidima koristeći sustave precizne zaštite (Jeon i Tian, 2009; Khot i sur., 2008; Lee i sur., 2010).

Pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova uz visoku produktivnost te nisku cijenu rada, koja proizlazi smanjenjem broja radnih operacija, najkraći je opis za „preciznu poljoprivredu“. Precizna poljoprivreda temelji se na novo razvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranoga eksploatacijskoga potencijala, malome broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima. Uvođenjem visokosofisticiranih tehnoloških sustava u poljoprivredne strojeve, stvaraju se mogućnosti ostvarivanja visoke kvalitete konačnoga proizvoda te visoke konkurentnosti (Ehlert i sur., 2004; Jurišić i Plaščak, 2009; Oparnica i sur., 2017; Prashant i sur., 2016; Rapčan i sur., 2018; Strickland i sur., 1998; Šćepanović i sur., 2018; Višacki i sur., 2018). Jurišić i Plaščak (2009) navode da se u preciznoj poljoprivredi može uočiti primjena sofisticirane opreme, poput GPS modula. Sve dobivene informacije koriste se za određivanje položaja, kako bi se, primjerice, pri zaštiti bilja znala točna informacija o potrebnoj količini zaštitnog sredstva. Stajanko (2017) navodi kako je satelitskom navigacijom omogućeno bilježenje točnih položaja poljoprivrednih strojeva i uređaja i time omogućeno precizno kretanje te izvođenje agrotehničkih operacija. Postupci lokacijsko orijentiranog menadžmenta (site specific management – SSM) su dio sustava precizne poljoprivrede koji omogućuje poljoprivredniku smanjenje utjecaja na okoliš na najmanju moguću mjeru (Robert, 2002; Robertson i sur., 2012; Basso i sur., 2013).

¹ prof. dr. sc. Luka Šumanovac, prof. dr. sc. Mladen Jurišić, Petar Lukač, viši predavač u mirovini, doc. dr. sc. Domagoj Zimmer
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska
² izv. prof. dr. sc. Stjepan Sito, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: dzimmer@fazos.hr

Zimmer i sur. (2016) navode da se precizna poljoprivreda temelji na donošenju odluka pri uzgoju poljoprivrednih kultura koje su rezultat interakcije prikupljenih informacija pomoću satelita, snimanja površine, kemijskih analiza tla, korištenjem GPS uređaja u strojevima i slično. Prema Adrian i sur. (2005) i Tayari (2015), prednosti precizne poljoprivrede su: ušteda radnih sredstava, ušteda strojeva i radnog vremena, poboljšanje ostvarenja dobitaka kroz veće prinose i poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenje opterećenja okoliša i poticanje prirodno prostornih uvjeta, te poboljšanje dokumentacije procesa proizvodnje.

Kostić i sur. (2016) navode kako je veliki iskorak u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu proizvodnja po principima precizne poljoprivrede (site-specific management, targeting management, precision agriculture, smart farming itd.). Informacijska vrijednost podataka u preciznoj poljoprivredi zasniva se na njihovoj prostornoj gustoći i relativnoj točnosti (Kostić i sur., 2015). Jedan od preduvjeta za kvalitetnu primjenu precizne poljoprivrede je prethodno utvrđen pouzdan sustav prikupljanja prostornih informacija u polju (Kostić i sur., 2014).

Maceljki (2000) navodi kako se u naprednim zemljama počinje sve više razvijati sustav precizne poljoprivrede unutar kojeg važno mjesto zauzima precizna zaštita bilja. Precizna zaštita bilja teži izbjegavanju primjene sredstva za zaštitu bilja na mjestima gdje nije potrebno, a samim time dolazi do sniženja troškova i smanjuje se zagađenje okoliša. Jurišić i sur. (2015) navode da je GIS dio suvremene tehnologije i daje veliku prednost u efikasnoj zaštiti bilja. Potreba za smanjenjem onečišćenja okoliša i ulaznih troškova u poljoprivrednoj proizvodnji dovodi do proučavanja metode održive uporabe pesticida pomoću selektivne aplikacije pesticida.

Foughali i sur. (2018) su razvili sustav podrške pri odabiru liječenja za određeni tip bolesti bilja, koristeći informacije koje su integrirane u aplikaciju. Aplikacija je platforma IoT-a te koristi senzorsku mrežu i arhivira prikupljene podatke (o temperaturi i vlazi) u „oblak“. Poljoprivrednici dobivaju obavijest putem SMS-a. Isti autori navode da je moguće razviti IoT platformu koja prikuplja slike biljaka i analizira nagle transformacije tijekom razvoja bolesti. Poznatije IoT platforme sa cloud integracijom su: Xively10, ThingWorx11, Ubidots12.

Parekh i sur. (2020) i Jani i sur. (2019) navode kako je za razvoj tehnologije osnovni koncept umjetne inteligencije (AI) funkcioniranje poput ljudskog mozga. Brojni autori (Patel i sur., 2020a, Patel i sur., 2020b, Pandya i sur., 2019, Sukhadia i sur., 2020) navode kako su strojno učenje i duboko učenje ključni dio AI.

U nastavku rada predstaviti će se glavne komponente sustava za preciznu zaštitu bilja i prikazati suvremena poljoprivredna tehnika u sustavu precizne poljoprivrede.

Komponente sustava za preciznu zaštitu bilja i poljoprivredna tehnika u sustavu precizne poljoprivrede

Za uspješno provođenje precizne zaštite bilja potrebna je suvremena poljoprivredna tehnika koja prije svega ima mogućnost povezivanja putem GPS signala, odnosno posjeduje tehnologiju pomoću koje može koristiti satelitske signale za točno pozicioniranje svoje lokacije i izvođenja agrotehničkih operacija. Osim suvremenog traktora poljoprivrednik mora posjedovati prskalicu sa mogućnosti spajanja na traktor i kompjutersko sučelje putem ISO bus sučelja. Kako bi se omogućila precizna količina kemijskog sredstva i apliciranje na biljke, nužno je imati razne vrste zaslona (Slika 1.) koji se koriste za navigaciju i za varijabilnu aplikaciju. Upravljanje poljoprivrednom tehnikom tijekom provođenja precizne zaštite moguće je u dvije izvedbe i to: poluautomatsko upravljanje i automatsko upravljanje koristeći autopilota. Poluautomatsko upravljanje strojem podrazumijeva upravljanje strojem uz istovremeno praćenje zaslona (monitora) s navigacijom. Automatsko upravljanje s autopilotom je moguće kod traktora koji je opremljen, osim navigacijskim uređajima, i hidrauličkim sustavima (Slika 2.) postavljenim na kolo upravljača, žiroskopom i spojnim kablovima. Kod automatskog upravljanja rukovatelj

je prisutan samo kako bi obavljao monitoring rada. Preciznost kretanja agregata ovisna je o anteni (Slika 3.) i kvaliteti prijemnog signala. U slučaju besplatnog signala razina preciznosti je 25-30 cm te se može upotrebljavati kod agrotehničkih operacija gdje nije potrebna visoka preciznost (prihrana gnojivom i zaštita bilja). Za ostale radne operacije poput sjetve nužna je veća preciznost i u tom slučaju koristi se antena koja ima dodatnu korekciju putem bazne stanice (Slika 4.) ili mreže mobilnih repetitora. Korištenjem signala koji se posebno nadoplaćuje ostvaruje se preciznost 2-4 cm, što kod precizne zaštite bilja nije nužno posjedovati. Osim suvremene poljoprivredne tehnike, koja je povezana satelitom, za uspješno izvođenje precizne zaštite bilja nužno je posjedovati senzor za očitavanje stanja biljaka prije apliciranja. Pri radu i prolasku kroz proizvodnu površinu za točno određivanje mjesta apliciranja zaštite nužno je posjedovati senzor koji mjeri putem infracrvenog spektra stanje poljoprivredne kulture. Jedan od poznatijih senzora je *OptRx* senzor (Slika 5.). Postavljanje senzora je uglavnom na traktoru, ali može biti i na priključnom stroju kojim se obavlja zaštita bilja. Prema istraživanjima Rapčan i sur. (2018), senzor prima reflektirani dio svjetla sa biljke i detektira vegetacijski indeks (VI). Očitavanjem vrijednosti prikupljenima u realnom vremenu i uspoređujući ih sa ostatkom proizvodne površine, senzor se kroz vrijeme od minimalno 5 minuta kalibrira i time se određuje referentna vrijednost VI-a. Na opisani način ostvaruje se apliciranje precizne zaštite prema novo kreiranim zonama za zaštitu usjeva. Također je moguće, nakon prikupljenih podataka sa usjeva korištenjem ugrađenog software-a, kreirati kartu za apliciranje zaštitnog sredstva. Kreirane karte mogu se putem USB sučelja prenositi u drugi agregat i nastavljati obavljati zaštitu, odnosno putem telematskih sustava (Slika 6.) ujediniti više agregata i obavljati u jednom vremenu preciznu zaštitu upotrebom više prskalica i ostvariti veći eksploatacijski učinak. Upotrebom novih tehnologija i mogućnosti pohranjivanja podataka kroz nove načine, poput virtualnog oblaka (cloud) (Slika 7.), razvijaju se i novi načini izmjene podataka. Aplikacija *Agfiniti* je program razvijen od *Ag leader*-a pomoću kojeg se mogu prikupiti svi podaci raznih strojeva i priključaka te grupno u jednom vremenu prikazati na zaslonu dlanovnika (eng. Handheld, Personal Digital Assistant), odnosno prikazati na ručnom računalu.



Slika 1. AgLeader zaslon
Picture 1. AgLeader display



Slika 2. Hidraulično upravljanje
Picture 2. Hydraulic steering



Slika 3. AgLeader antena
Picture 3. AgLeader antenna



Slika 4. Bazna stanica
Picture 4. Base station



Slika 5. OptRx senzor
Picture 5. OptRx sensor

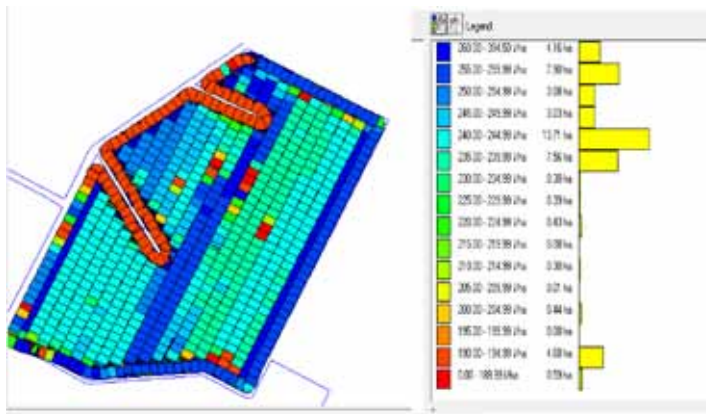


Slika 6. Telematski sustavi pri zaštiti bilja
Picture 6. Telematic systems in plant protection

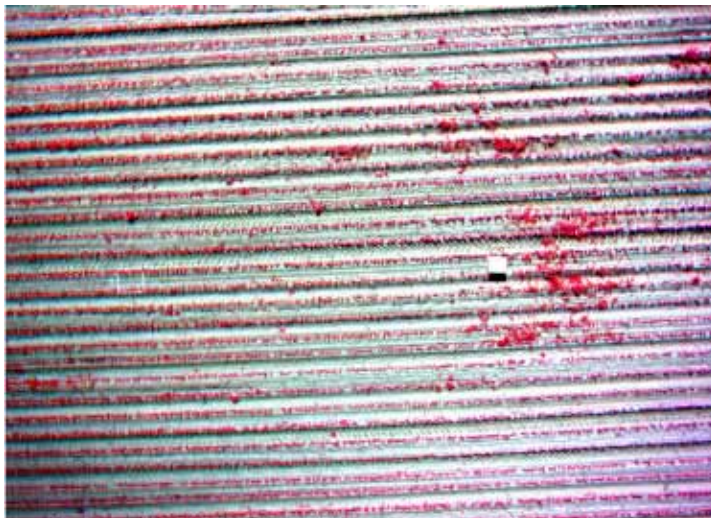


Slika 7. Virtualni oblak
Picture 7. Virtual cloud

Primjenom precizne zaštite bilja u sustavu precizne poljoprivrede ostvaruje se ušteda kemijskih sredstava, vremena, povećava prinos i kakvoća uroda te na kraju ostvaruje financijska ušteda. Rezultat precizne zaštite je kreirana karta zaštite bilja (Slika 8.) prema prikupljenim podacima upotrebom senzora i navigacijskih sustava sa visokom točnošću (navigacija sa RTK signalom). Na slici 9. prikazan je kukuruz zajedno sa korovom kao slika kompozicije u boji i infracrveno dobivena s pomoću bespilotne letjelice. Kreirani algoritam je učinkovito identificirao redove usjeva na temelju njihova linearnog uzorka i na temelju kontekstualnih obilježja vegetacijskih objekata koji pripadaju redovima. Korovi koji su se nalazili u području između redova kukuruza razlikovali su se od usjeva prema njihovim relativnim položajima s obzirom na redove usjeva .



Slika 8. Karta zaštite ječma (Pajić i sur., 2019)
Picture 8. Map of barley protection (Pajić et al., 2019)



Slika 9. Slika kukuruza i korova (Peña i sur., 2003)
Picture 9. Picture of corn and weeds (Peña et al., 2003)

Jedan od suvremenih primjera zaštite bilja od korova je upotreba Smart Sprayer-a odnosno sustava koji se zasniva na strojnom učenju (machine learning). Smart Sprayer sadrži mlaznice, crpku, RTK GPS (točnost oko 2 cm), tri video kamere (Webcam Logitech c920), pametni kontroler (Arduino mega) za upravljanje svim sensorima i aktuatorima (npr. crpka), računsku jedinicu (NVIDIA Jetson TX2 GPU) za obradu slike i detekciju korova (Slika 10.). Kako bi se postigla precizna aplikacija i kreirala aplikacijska karta (karta korova) razvijen je program korištenjem C programskog jezika. Softver radi u stvarnom vremenu i može obraditi do 28 sličica u sekundi u svim koracima zajedno: akvizicija slike, detekcija objekata i komunikacija. Za preciznu mrežnu detekciju upotrebljava se YOLOv3 (Slika 11.)



Slika 10. Pametna prskalica montirana na terensko vozilo (Partel i sur., 2019)

Picture 10. The Smart Sprayer mounted on an All-terrain vehicle (Partel i sur., 2019)



Slika 11. Pametno otkrivanje korova za apliciranje i biljke (Partel i sur., 2019)

Picture 11. Smart sprayer detection on weed as target for application and plant (Partel i sur., 2019)

U modernoj poljoprivrednoj proizvodnji nužno je upotrebljavati suvremene sustave poput sustava precizne zaštite kako bi se izbjegao negativan utjecaj čovjeka na raspodjelu kemijskih sredstava. Pajić i sur. (2019) u svojim istraživanjima navode kako utjecaj rukovatelja na proces kemijske zaštite nije zanemariv te da rukovatelji imaju različit odnos prema apliciranju kemijske zaštite u istim proizvodnim i eksploatacijskim uvjetima.

Upotrebom *OptRx* senzora omogućuje se detaljan uvid u trenutno stanje proizvodne kulture i potrebe za zaštitom u adekvatnoj količini zaštitnih sredstava. Maharlooei i sur. (2014) u svojim istraživanjima navode kako *OptRx* senzor pokazuje da ima potencijal za otkrivanje razlike u tretmanima.

Šćepanović i sur. (2018) navode kako nove tehnologije za usmjerenu aplikaciju herbicida, gdje pripada i sustav precizne zaštite bilja, u Americi je pred komercijalizacijom pod novim imenom tehnologije „see and spray“. Vrlo bitno je znati kako proizvođači navode da se tom tehnologijom utroši i 90 % manje herbicida nego konvencionalnom aplikacijom.

Jedan od suvremenih sustava za zaštitu bilja je svakako Weed IT sustav. Weed IT sustav obavlja kontrolu rada prskalice. Sastoji se od optičkih senzora raspoređenih po širini krila na 0,5 m udaljenosti, što odgovara razmaku mlaznice. Zona apliciranja pojedinačne mlaznice odgovara širini skeniranja senzora, što praktično znači da je očitavanje svakog senzora nezavisno, kao i upravljanje mlaznicama. Weed IT sustav ima tri modela upravljanja (točkasto, dualno apli-

ciranje i punu aplikaciju). Optičkom metodom postiže se detekcija korova uz upotrebu AI. Primjenom naprednih algoritama moguće je ostvariti klasifikaciju biljnih vrsta iz zapisa, i to sve u realnom vremenu. Upotrebom navedene metode mogu se automatski razdvojiti biljke od korova u realnom vremenu (Cope i sur., 2012; Granitto i sur., 2002; Taghadomi-Saberi i sur., 2015).

Zaključak

Glavni cilj precizne zaštite bilja je uspostava biljne proizvodnje sa što manjim utroškom kemijskih sredstava, uz optimizaciju svih ulaznih resursa te zadržavanje visokih prinosa. Usmjerenost i precizno suzbijanje korova moguće je jedino ako se primijeni odgovarajuća količina herbicida na mjesto gdje je utvrđena bolest ili štetnici i to u odgovarajuće vrijeme. Novi trendovi razvoja poljoprivredne tehnike u području suzbijanja korova omogućuju upotrebu pametnih strojeva i priključaka sa sensorima za detekciju korova s kojima se ostvaruje niska razina aplikacije herbicida. Nove tehnologije poznate kao umjetna inteligencija (AI), primjena robota, upotreba računalnog vida (machine learning) postaju svakodnevica u poljoprivrednoj proizvodnji i pred početkom su komercijalizacije u razvijenim poljoprivrednim zemljama. Primjenom strojeva sa sensorima i algoritmima za kontrolom korova uz usmjerenu aplikaciju herbicida može se smanjiti uporaba herbicida i do 90 %.

Literatura

- Adrian, A. M., Dillard, C., Mask, P. (2005) GIS in agriculture, In *Geographic information systems in business*, 324-342. DOI: 10.4018/978-1-59140-399-9.ch015
- Basso, B., Cammarano, D., Fiorentino, C., Ritchie, J. T. (2013). Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment, *European Journal of Agronomy*, 51, 65-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.06.007>
- Cope J. S., Corney D., Clark J. Y., Remagnino P, Wilkin P. (2012): Plant species identification using digital morphometrics: A review. *Expert Systems with Applications*, (39), 7562–7573.
- Ehlert, D., Voelker, U., Martinov, M., Konstantinović, M. (2004) Precizna poljoprivredna proizvodnja. U: Janić, T, *Savremena poljoprivredna tehnika*, Novi Sad: Nacionalno naučno društvo za poljoprivrednu tehniku, 30 (1-2), 9-20.
- Foughali, K., Fathallah, K., Frihida, A. (2018) Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture. *Procedia computer science*, 130, 575-582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.106>
- Granitto P. M, Navone H. D, Verdes P. F, Ceccatto H. A. (2002) Weed seeds identification by machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33, 91–103. DOI: 10.1016/S0168-1699(02)00004-2
- Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=66933> (29.11.2021.)
- Jani, K., Chaudhuri, M., Patel, H., Shah, M. (2020) Machine learning in films: an approach towards automation in film censoring. *Journal of Data, Information and Management*, 2 (1), 55-64. DOI: 10.1007/s42488-019-00016-9
- Jeon, H. Y., Tian, L. F (2009) Direct application end effector for a precise weed control robot, *Biosystems Engineering*, 104, 458-464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.09.005>
- Jurišić, M., Plaščak, I. (2009) Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
- Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015) Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede. *Poljoprivreda*, 21 (1), 75-81. DOI: <https://doi.org/10.18047/poljo.21.1.12>
- Khot, L. R., tang, L., Steward, B. L., Han, S. (2008) Sensor fusion for improving the estimation of roll and pitch for an agricultural sprayer. *Biosystems Engineering*, 101, 13-20. DOI: 10.13031/2013.20644
- Kostić M, Rakić D, Savin L, Dedović N, Simikić M. (2016) Application of an original soil tillage resistance sensor in spatial prediction of selected soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 615-624. DOI: 10.1016/j.compag.2016.07.027
- Kostić M, Dedović N, Savin L, Snežana Matić Kekić (2015) Uticaj konfiguracije traktora na kvalitet vođenja priključne mašine u šablonu paralelnih prohoda-teorijska analiza. U: Janić, T, *Savremena poljoprivredna tehnika*, Novi Sad: Nacionalno naučno društvo za poljoprivrednu tehniku, 155-164.
- Kostić M, Rakić D, Ličen H, Malinović N. (2014) Design and construction of three point hitch device for measuring draft of tillage implement. Data acquisition and post processing analysis. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 12 (2), 1300-1307.
- Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., Li, C. (2010) Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and electronics in agriculture*, 74 (1), 2-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.08.005>
- Maceljki, M. (2000) Precizna zaštita bilja kao dio precizne poljoprivrede. U: Hrvatsko društvo biljne zaštite Agronomski fakultet, *XLIV. Seminar iz zaštite bilja*, Opatija, str. 3.-4.
- Maharlooeei, M., Sivarajan, S., Nowatzki, J., Bajwa, S. G., Kandel, H. (2014) Evaluation of in-field sensors to monitor nitrogen status in soybean. U: *In 12th International Conference on Precision Agriculture, At International Society of Precision Agriculture*. Sacramento.

- Oparnica, S., Višacki, V., Turan, J., Sedlar, A., Bugarin, R. (2017) Primena precizne poljoprivrede u proizvodnji soje- deo 1-efekat suše i đubrenja na prinos. U: Janić, T, *Savremena poljoprivredna tehnika*, Novi Sad. Nacionalno naučno društvo za poljoprivrednu tehniku, 7-15.
- Pajić, M., Oparnica, S., Oljača, M., Gligorević, K., Dražić, M., Zlatanović, I., Bošković, B. (2019) Mapiranje tretmana hemijske zaštite u proizvodnji ječma korišćenjem tehnika precizne poljoprivrede. *Poljoprivredna tehnika*, 44 (3), 47-55. DOI: 10.5937/PoljTeh1902047P
- Pandya, R., Nadiadwala, S., Shah, R., Shah, M. (2020) Buildout of methodology for meticulous diagnosis of K-complex in EEG for aiding the detection of Alzheimer's by artificial intelligence. *Augmented Human Research*, 5 (1), 1-8. DOI: 10.1007/s41133-019-0021-6
- Patel, D., Shah, D., Shah, M. (2020a) The intertwiner of brain and body: a quantitative analysis on how big data influences the system of sports. *Annals of Data Science*, 7 (1), 1-16. DOI: 10.1007/s40745-019-00239-y
- Patel, D., Shah, Y., Thakkar, N., Shah, K., Shah, M. (2020b) Implementation of artificial intelligence techniques for cancer detection. *Augmented Human Research*, 5 (1), 1-10. DOI: 10.1007/s41133-019-0024-3
- Parekh, V., Shah, D., Shah, M. (2020) Fatigue detection using artificial intelligence framework. *Augmented Human Research*, 5 (1), 1-17.
- Partel, V., Kakarla, S. C., Ampatzidis, Y. (2019) Development and evaluation of a low-cost and smart technology for precision weed management utilizing artificial intelligence. *Computers and electronics in agriculture*, 157, 339-350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.048>
- Prashant, K. N., Balikai, R. A., Anusha, Ch. (2016) Pest management strategies in precision farming. *Journal of Experimental Zoology India*, 19 (1), 1-8. DOI: 10.13140/RG.2.2.27009.48484
- Rapčan, I., Jurišić, M., Plaščak, I., Barač, Ž., Zimmer, D., Bognar, M. (2018) Gnojidba pšenice u sustavu precizne poljoprivrede. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 80 (3), 163-172. DOI: <https://doi.org/10.33128/ag.80.3.2>
- Robert, P. C. (2002) Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. *Plant soil*, 247 (1), 143-149.
- Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V., Swift, L., Metz, N., O'Callaghan, C. (2012) Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. *Precision Agriculture*, 13 (2), 181-199
- Stajanko, D. (2018) Mogućnost povećanja učinkovitosti pripreme tla i sjetve ozimih žita pomoću tehnologije precizne poljoprivrede. *Glasnik Zaštite Bilja*, 41 (5), 20-27. DOI: <https://doi.org/10.31727/gzb.41.5.3>
- Strickland R.M., Ess, D.R., Parson, S.D. (1998) Precision farming and precision pest management: the power of new crop production technologies. *Journal of Nematology*, 30 (4), 431-435.
- Sukhadia, A., Upadhyay, K., Gundeti, M., Shah, S., Shah, M. (2020) Optimization of smart traffic governance system using artificial intelligence. *Augmented Human Research*, 5 (1), 1-14.
- Šćepanović, M., Sinan, A., Šoštarčić, V., Brijačak, E. (2018) Nove metode i pristupi preciznome suzbijanju korova. *Glasiilo biljne zaštite*, 18 (5), 488-499.
- Tayari, E., Jamshid, A., Z., Goodarzi, H.,R. (2015) Role of GPS and GIS in precision agriculture. *Journal of Scientific Research and Development*, 2 (3), 157-162.
- Taghadomi-Saberi S, Hemmat A. (2015): Improving field management by machine vision—A review. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 17, 92–111.
- Višacki, V., Sedlar, A., Bugarin, R., Mašan, V., Turan, J., Janić, T., Ponjičan, O. (2018) Primena precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji-koncept i implementacija. U: Janić, T, *Savremena poljoprivredna tehnika*, Novi Sad: Nacionalno naučno društvo za poljoprivrednu tehniku, 99-104.
- Zimmer, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Barač, Ž. (2016). Tehnički i tehnološki čimbenici gnojidbe primjenom GIS tehnologije u poljoprivredi. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 78 (1), 27-40.

Prispjelo/Received: 22.10.2021.

Prihvaćeno/Accepted: 1.12.2021.

Review paper

Precision plant protection

Abstract

The paper presents modern agricultural techniques in plant protection. The application of navigation systems with high-precision correction signal (RTK) from the manufacturer AgLeader and the use of OptRx sensors enabled the precise application of chemical agents through a prepared plant protection map. The use of telematics systems enables machine operators to work in groups on the same production area and with accurate information on the condition of the crop available at any time. With the development of technology for sending information about the state of the production area, it is possible to send the same to a virtual cloud where it can be analyzed manually or using machine learning.

Key words: precision protection, sensors, plant protection, precision agriculture