

# AUTOMATIZACIJA ŽITNIH KOMBALNA – STANJE I PERSPEKTIVE

Dragan Markovi \*, Vojislav Simonovi \*\*

## REZIME

U radu je prikazano trenutno stanje mogu nosti flitnih kombajna i analiza mogu ih prednosti najsavremenijih flitnih kombajna pri njihovoj implementaciji u procesu precizne poljoprivredne proizvodnje, sa posebnim osvrtom na monitoring i merenje prinosa u funkciji njegovog mapiranja. Navedene funkcije mogu e je ostvariti pri opremanju kombajna adekvatnim mernim uređajima spregnutim sa sistemom globalnog pozicioniranja, tako da su u radu nevedene glavne karakteristike senzora za merenje prinosa i samog sistema pozicioniranja.

**Ključne reči:** flitni kombajn, precizna poljoprivredna proizvodnja, prinos, merni uređaji, GPS

## ABSTRACT

The paper showing present possibilities and possible advantages of newest generation of grain harvesters in process of precision agricultural production, with focus on monitoring and measurement of yield in function of mapping. Those functions can be realized with equipping harvesters with appropriate measuring units connected with Global Position System (GPS), concerning that in this paper is shown main characteristics of sensors for measuring yield and GPS it self.

**Key words:** Grain harvester, precision agriculture, yield, measurement equipment, GPS

## UVOD

Prvi uspe–ni flitni kombajn konstruisan je 1836. godine u ameri koj drflavi Mi igen u SAD. Prvi samohodni kombajn pogonjen parnom ma–inom proizveden je 1871. godine. Masovnija primena i proizvodnja samohodnih kombajna u Americi po inje 1939. godine, a u Evropi tek nakon drugog svetskog rata, i to, pre svega, u Engleskoj, Nema koj, Francuskoj, Tvedskoj. Dana–nji kombajni imaju veliku –irinu zahvata, propusnu mo i kapacitet, vrlo su pokretljivi, laki su i udobni sa stanovi–ta rukovanja, poseduju visok stepen automatizacije, omogu avaju pra enje prinosa i rada samog kombajna.

## ULOGA MERNIH UREDJAJA U AUTOMATIZACIJI KOMBALNA

Merni uređaji u upravljanju kombajnom primenjuju se na tri funkcionalno razli ita na ina. Prvi na in podrazumeva primenu specifi nih mernih uređaja za merenje fizikalnih veli ina s ciljem njihove registracije odnosno skladi–tenja podataka . Tipi an primer registracije podataka kod kombajna je skladi–tenje podataka o prinosu koji se na dalje obradjuju u sprezi sa podacima o poziciji kombajna. Drugi na in je primena mernih uređaja u funkciji indikacije (nadgledanja, monitoringa). Instrumenti sa takvom funkcijom daju informaciju koja oveku (operateru, kombajneru) omogu ava da preduzme odgovaraju e upravlja ke akcije. Tre i na in odnosi se na primenu mernih uređaja pri upravljanju u okviru sistema automatskog upravljanja ija struktura mođe biti razli ita. Samo pomo u adekvatnih mernih instrumenata, pravilno postavljenih i uskladenih, mogu e je pratiti rad kombajna i tok fletve, te pomo u regulatora reagovati pravovremeno u cilju otklanjanja poreme aja i u cilju optimalnog rada tehnolo–kih uređaja kombajna i obavljanja procesa fletve sa –to ve im radnim u inkom i manjim gubicima, sledstveno.

\* Prof. dr Dragan Markovi , Ma–inski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za poljoprivredno ma–instvo

\*\* Vojislav Simonovi , diplomirani ma–inski inženjer, Beograd

## KLASIFIKACIJA MERNIH UREDJAJA I MERENJA NA ŽITNOM KOMBALNU

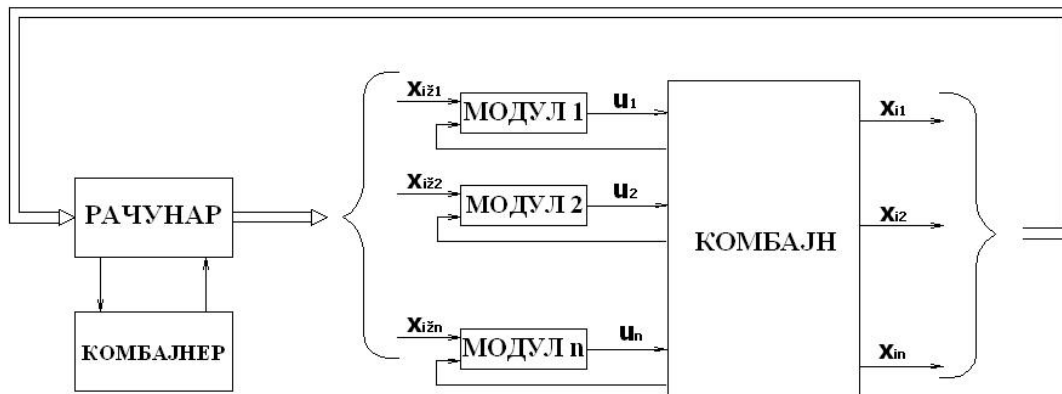
Jedna od mogućih klasifikacija mernih elementa, i to najznačajnijih za rad kombajna i procesne procedure fletve, te kasnije sumiranje rezultata odnosno prinosa i gubitaka, može se izvesti na sledeći način:

- Navigaciono-nivelaciona merenja
  - određivanje pravca
  - merenje nagiba tla
- Merenja distance
  - merenje širine zahvata
  - merenje neravnina tla, pritiska hedera na tlo i visine rezanja
  - merenje visine vitla
  - merenje širine zazora bubanj-podbubanj
- Merenja broja obrtaja i obrtnog momenta
  - merenje na spojnoj osovini motora
  - merenje na prenosnoj osovini za hidrauličnu pumpu
  - merenje na gornjem delu elevatora hedera
  - merenje na ulaznom vratilu bubnja
  - merenje na vratilu bitera
  - merenje na osovini menjačke kutije odnosno osovini točkova
  - merenje na prenosnoj osovini pogona sita
  - merenje na vratilu ventilatora
  - merenje na osovini slamotresa i rastresa slame
  - merenje na osovini elevatora za zrnno
  - merenje na osovini elevatora za neovrtno klasje
- Merenja prinosa zrna
  - merenje masenog protoka očišćenog zrna
  - merenje zapreminskog protoka očišćenog zrna
  - merenje kvaliteta zrna: vlažnosti, gustine i sadržaja proteina
- merenje gubitka zrna
  - merenje gubitka zrna u neovrtnom klasju na hederu
  - merenje gubitaka zrna u slami na slamotresu
  - merenje gubitaka zrna u plevi na gornjem situ
- Merenja količine
  - merenje količine goriva u rezervoaru za gorivo
  - merenje količine zrna u rezervoaru za zrno
  - merenje količine povratne mase neovrtnog klasja u aparat za vratanje
  - merenje količine slame (na višoj poziciji)
- Merenja na hidrauličnoj instalaciji
  - merenje pritiska
  - merenje temperature

## MODEL AUTOMATIZACIJE ŽITNOG KOMBALNA

Dominantan tip upravljanja kombajnama je modularno upravljanje čiji je blok dijagram prikazan na slici 1. Ono je po svojoj prirodi hijerarhijsko, pri čemu su upravljački sistemi na prvom, a procesni na drugom, višem, hijerarhijskom nivou. Pojedinačni upravljački sistemi na kombajnama nazivaju se moduli i po svojoj prirodi su programibilni logički kontroleri industrijskog tipa, instalirani su u ormanu centralne električne kombajna, dok je rukovodni aparat na kontrolnom panelu tipa zadužen za njihovo povezivanje i uskladjivanje, a nalazi se u kabini sa kompletnim korisničkim

interfejsom namenjenim kombajneru kako bi mogao da vrhovno kontroli-e sve procese i upravljanja.



Slika 1. Modularno upravljanje kombajnom  
*Figure 1. Modul harvester control*

Operatoru u određenom procesu je potrebna informacija da bi mogao ta no da izvr-i postavljene mu zadatke. Regulatoru je takodje neophodno dovesti informaciju o regulisanoj veli ini. Iz svega navedenog proizilazi da je informacija, ta na i pravovremena, apsolutno neophodna za ostvarivanje dobrog upravljanja procesom odnosno za njegovu automatizaciju. Ovakva su-tinska uloga informacije u ostvarenju pravljanja dovodi do kori- enja ra unara pri automatizaciji kao logi kog re- enja, a imaju i u vidu njegove izvanredne karakteristike u pogledu prijema, zadrflavanja, i raspodele informacija i to sve sa velikom brzinom, ta no- u i fleksibilno- u.

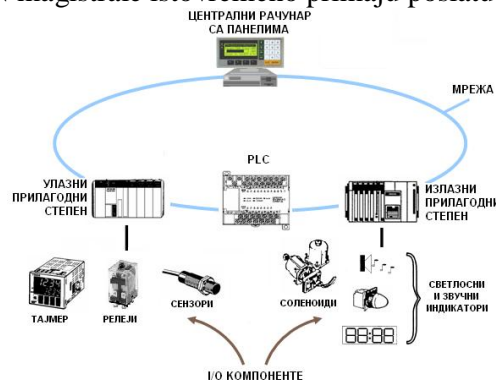
Realizacija komunikacije u decentralizovanom sistemu automatizacije na kombajnimavr-i se takozvani CAN bus sistemom i to po ISO 11783 u svetu definisanom univerzalnom standardu za poljoprivredne ma-ine. CAN bus skra enica zna i:

- ó kontroler (Controler)
- ó oblast (Area)
- N ó mrefta (Network)
- bus ó binarna systemska jedinica (Binar Unit System).

Ovaj sistem sastoji se samo iz etiri flice ó ulaz, izlaz, struja i uzemljenje. Ove etiri flice predstavljaju glavni snop elektri nih instalacija i moduli su povezani sa ovim snopom. Svaki modul upravlja određenim delom sistema, kao na primer motor, i svi moduli mogu komunicirati kako medjusobno tako i sa dodacima sa kojima su povezani. Danas se svi moduli, signali i funkcije kontroli-u preko sistema CAN bus prikazanog na slici 2, tako da se vi-e podataka mofle razmeniti u isto vreme, i tako optimizirati kombajn za bolje performanse i upravljanje prikupljenim podacima. Kooperativnost, u terminologiji CANbus komunikacija podrazumeva da razli iti uređjaji poput procesorskih (upravlja kih) modula, I/O modula i operator displej/terminali razmenjuju podatke preko zajedni ke sabirnice podataka na koju su povezani, takozvane CAN magistrale koja predstavlja kombinaciju jeftinog etvoroffi nog prenosnog medijuma i multi-masterskog protokola prenosa podatka otpornog na uticaj elektromagnetnih smetnji, sa ugradjenim mehanizmom korekcije gre-ke prenosa. Osobine samog protikola CAN komunikacije su slede e:

- multiô master arhitektura,
- prioritet pristupa sabirnici fefini-e identifikator poruke koja se -alje,
- mogu e je definisati 2032 identifikatora poruka,
- garantovano maksimalno vreme ekanja (latency time) od 1ms (vreme koje protekne od trenutka definisanja zahteva za slanje do po etka slanja poruke) za poruke visokog prioriteta,
- veli ina poruke od 0 do 8 bajtova,
- programabilna brzina prenosa (1Mbit/sec maksimalno)

- mehanizam detektovanja i otklanjanja grešaka prenosa,
- moguće je izvršiti sinhronizaciju uređaja priključenih na CAN magistralu s obzirom na njenicu da svi čvorovi CAN magistrale istovremeno primaju poslatu poruku.



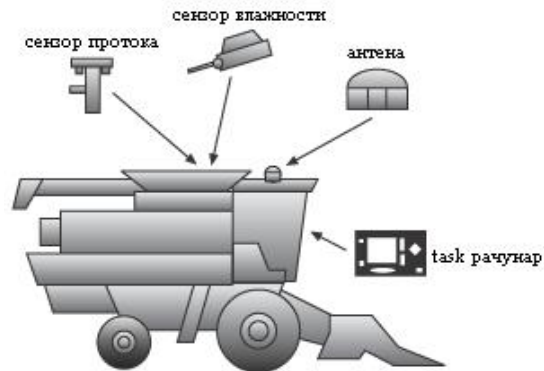
Slika 2. Upravljanje mrežom kombajna  
Figure 2. Controlnet or harvester

## MONITORING I UPRAVLJANJE PRINOSOM

Danas se pod pojmom monitoringa podrazumeva ono što se nekada podrazumevalo pod pojmom indikacije. Oba ova pojma su tinski podrazumevaju kvantitativno i kvalitativno praćenje rada kombajna i flitne mase odnosno samog procesa fletve u cilju adekvatnog reagovanja od strane kombajnera po pitanju regulisanja raznih parametara koji nisu regulisani automatski. Monitoring se takodje može shvatiti kao nadzor i nadgledanje samog kombajna i flitne mase, i to sa jednog mesta, iz kabine kombajna, posredstvom jednog ili više monitora, po kome je i sam proces monitoringa dobio ime. Adekvatna reakcija kombajnera je u mogućnosti da ostvari sa istog mesta, iz kabine sa voza kog mesta, iz fotelje, praktično, i to pomoću različitih komandi koje centralni računari prima posredstvom tastera, prekidača ili dfojstika kojima kombajner rukuje u skladu sa svojim odlukama i fleljama.

Veoma je bitno shvatiti kvalitativnu razliku u korišćenju mernog signala za upravljanje svrhe s jedne strane, i za monitoring sa druge strane. U prvom slučaju, ostvaruje se upravljanje odnosno regulisanje objekta na kome je merni element postavljen, ili se ta informacija koristi za regulisanje nekog drugog objekta ili procesa, u svakom slučaju upravljanje ki sistem to jest regulator donosi odluku o upravljanju bez obzira na kombajnera koji eventualno može samo menjati fleljenu vrednost regulisane veličine. U drugom slučaju, signal o izmerenoj veličini treba da pruži rukovaocu samo potrebnu informaciju o stanju određenog mehaničkog sklopa ili stanju same flitne mase, na osnovu čega kombajner, na dalje, po sopstvenom nađenju, ukoliko je potrebno preduzima potrebne mere u cilju poboljšanja fleljima rada u okviru ili mimo samog upravljanja kog sistema. U ovom slučaju, jasno je, reč je o indikaciji stanja mehanike i flitne mase preko monitora kao poslednje instance odnosno izlaznog interfejsa ka korisniku.

Najvažniju stavku u monitoringu pri procesu fletve predstavlja monitoring prinosa. Celokupan sistem za praćenje odnosno monitoring prinosa na kombajnu obuhvata kao najvažnije segmente mera i protoka i- enog zrna i mera vlažnosti, neki od sistema pozicioniranja i sam računari unar odnosno kontroler, a takodje se koriste i podaci o visini rezanja, irini zahvata hedera i brzini kretanja. Na slici 3 je prikazano njihovo objedinjavanje u jedinstven informacijski sistem za monitoring prinosa iz koga proizilaze i same mape prinosa.



Slika 3. Komponente sistema za monitoring i mapiranje prinosa  
 Figure 3. Units for monitoring and mapping of yield

Ocena mogu nosti koje prufa precizna poljoprivreda u proizvodnji flitarica se sprovodi kroz ocenu komponenti za mapiranje prinosa (sistem za pozicioniranje, merenje protoka zrna i vlafnosti zrna, softver za mapiranje), poredjenje mapa prinosa sa iste parcele u nekoliko godina, istraflivanje mogu ih uzroka smanjenja prinosa na pojedinim lokacijama i istraflivanja potencijalnog pove anja profitabilnosti primene pojedinih metoda za-tite posmatranih useva.

Jedna od konkretnih komercijalnih izvedbi je senzor masenog protoka koji se ugradjuje na kombajne proizvodja e John Deere, prikazan na slici 4. Zakrivljena udarna plo a sme-tena na vrhu elevatora za o i- eno zrno koji meri stvarni maseni protok. Kada zrno udari u plo u, senzor meri najmanji pokret ili udar. Ovo merenje, zajedno sa brzinom elevatora za zrno, koristi se za odredjivanje masenog protoka ovr-enog zrna, koja se automatski prera unava u prinos. Konstruksija senzora obezbedjuje veliki stepen pouzdanosti i ta nosti u poredjenju sa drugim tehnologijama za merenje. Automatsko postavljanje na nulu elimini-e potrebu da se kombajn zaustavi nekoliko puta tokom svakog radnog dana. Da bi se pove ala ta nost ovog senzora, koristi se softver Auto Zeroing sistem. Ovaj sistem dovodi na nulu protok zrna da bi se unapred predvidela svaka razlika od uobi ajenog pona-anja kombajna. U su-tini on postavlja na nulu protok pri svakom punom obrtu lanca elevatora ovr-enog zrna.



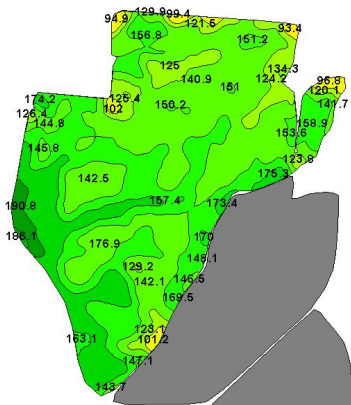
Slika . Senzor masenog protoka na kombajnim John Deere  
 Figure 5. Sensor of weight flow on John Deer combine

Nosioci informacionog sistema za upravljanje i vrednovanje koji treba da prufi podr-ku realizaciji procesa precizne poljoprivredne proizvodnje su:

- sistemi pozicioniranje GPS i DGPS, koji potpomafu merni sistem kobjana u prikupljanju podataka pri fletvi, kao i pri uzorkovanju zemlji-ta, a sve u okviru prve faze precizne poljoprivredne proizvodnje, odnosno primenjivanju podataka pri aplikativnim zahtevima na zemlji-tu u okviru tre e faze precizne poljoprivredne proizvodnje,

- memorijske kartice PCMCIA, koje su glavno sredstvo za prenos podataka izmedju raznih komponenti informacionog sistema,
- geografski informacioni sistem GIS, koji je glavna alatka pri obradi podataka, a u okviru druge faze precizne poljoprivredne proizvodnje,
- kontroler CAN bus, koji je najznačajni podsistem u procesu kontrole, uskladjivanja i primene podataka, a u okviru treće faze precizne poljoprivredne proizvodnje.

Zadatak mapiranja prinosa je da se rezultati predstave na način koji je korisnici lako razumeti. Zbog toga se izrađuju vrednosti prinosa razvrstavaju po klasama prinosa i prikazuju bojama ili izolinijama kao što je slikom 5 ovo prikazano.



Slika 5. Mapiranje prinosa pomoću izolinija  
Figure 5. Mapping of yield with isolines

U poljoprivredi, najniži zahtevi se postavljaju kada se radi upravljanja vozilima lociraju mašine, vozila ili grupe vozila koje rade na udaljenim parcelama. Zahtevi su veći i ako GPS treba da se koristi za dobijanje informacija i formiranje dokumentacije radi upravljanja konkretnim aktivnostima mašine, a još su veći u slučajevima kada se želi upravljati vozilom. Najveći zahtevi postavljaju se za vođenje orudja i radnih organa, na primer, ako se GPS signali koriste za obradu zemljišta oko biljaka tj. mehanizovanje korova, time se izbegava korišćenje hemijskih sredstava (tabela 1). Ovi poslednji zahtevi nastaju za potrebe poljoprivrede postiflu se korišćenjem diferencijalnog sistema za satelitsko pozicioniranje (DGPS). Preciznost koju je postigao DGPS zadovoljava sve današnje zahteve za vođenje dokumentacije, upravljanje procesima u poljoprivredi i upravljanje transportnim radovima, a omogućava i navigaciju pojedinim vozilima.

Potrebna tačnost	Zadatak	Primer primene
10 m	Navigacija	Pretrafivanje parcela (rad sa mašinama na višegazdinstava)
1 m	Obavljanje radova Informacije Dokumentacija	Radovi u polju Određivanje prinosa Dubrenje Zaštita bilja Uzimanje uyoraka zemljišta za ispitivanje svojstava Mere raznih zaštita Automatizovano snimanje podataka
10 cm	Vodjenje vozila po pravcu	Povezivanje susednih prohoda po polju sa mašinama velikog radnog zahvata Kombajnanje flota
1 cm	Vodjenje radnih organa mašina	Mehanizovanje korova

## ZAKLJUČAK

Pravci daljeg razvoja merne tehnike uopšte, pa i one koja se najdirektnije tiče samohodnih fitnih kombajna, svakako treba da budu usmereni ka povećavanju tačnosti merenja i da se značajno doprinese i odrđavanju samog koncepta precizne poljoprivredne proizvodnje. Osim toga, razvoj senzoričke na kombajnim vezan za akviziciju potrebno je usmeriti i u pravcu smanjenja fizičkih kanala veza u vidu kablova, i se značajno dobija na jednostavnosti, prostoru i pouzdanosti. Moguće rešenja u tom pravcu, poput radiofrekventnog ili blue-tooth prenosa signala, sve više nalaze primenu na kombajnim. Sistem automatskog upravljanja predstavlja jedan od najkomplikovanijih pod sistema na kombajnu. Njegovo projektovanje zahteva poznavanje mnogih oblasti ne samo mašinske tehnike, već i drugih, posebno elektronike. Više stotina sastavnih elemenata zahteva ne samo preciznu izradu, malu masu, kompaktno rešenje i pouzdan rad, već i brzo i lako odrđavanje u svim uslovima eksploatacije. Cilj svakog projektanta sistema automatskog upravljanja kombajnom je da realizuje takve sklopove koji će imati sve navedene kvalitete i istovremeno nisku cenu. Najoptimalniji razvojni put kombajna u pogledu automatizacije, ali i uopšteno, je onaj koji vodi do potpunog izostavljanja potrebe za kombajnerom kao rukovodcem mašinom odnosno onaj put koji vodi ka potpunoj automatizaciji i autonomiji kombajna. I svaki novi projekat na polju unapređenja kombajna može se smatrati istinski naprednim, jedino ako zadovoljava ovaj kurs. U tom smislu, najvažniji je razvoj senzora koji će u budućem konceptu potpune automatizacije kombajna zameniti receptorni sistem kombajnera, dok je upravljački deo kombajna koji donosi pravilne odluke umesto kombajnera, već sada razvijen u zadovoljavajućoj meri.

## LITERATURA:

- [1] PKB korporacija: Istraživačko-opservatorska dokumentacija, 2006
- [2] Marković, D. D.: Transport u poljoprivredi, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.
- [3] , . . .: Poljoprivredne mašine o pisana predavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 2001.
- [4] Bućević, Z.: Procesni radnici i automatizacija, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
- [5] Popović, . . .: Senzori i merenja, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Srpsko Sarajevo, 2004.
- [6] Getreideernte o sauber, sicher, schnell, DLG o Verlags o GmbH, Frankfurt am Main, 2005.
- [7] Rejić, Z.: Optimizacija rešenja samohodnih poljoprivrednih kombajna, magistarski rad, Beograd, 2005.
- [8] Shearer S.A., Fulton J.P., McNeil S.G., Higgins S.F., Mueller T.G.: Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation, College of Agriculture, University of Kentucky, 2006.
- [9] *Atlas IX sajamskog savetovanja Precision Farming*, Novi Sad, 2002.
- [10] Tehnička dokumentacija: *Claas*