

UDK: 631.372:669-8

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI RAZVOJA POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Rajko Radonjić*, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

Sažetak: U ovom radu su razmotreni trendovi primene aktivnih komponenata i informacionih tehnologija u konstrukcijama savremene poljoprivredne mehanizacije. Predložen je i diskutovan jedan pristup analizi traktorskih sistema sa aspekta korišćenih strategija upravljanja i raspodele zadataka upravljanja po hijerarhijskim nivoima. Značaj karakteristika podsistema, vozač – traktor, i regulator - traktor, na performanse praćenja putanje ukupnog traktorskog sistema ilustrovan je sa simulacionim rezultatima

Ključne reči: *traktor, sistem, informacione tehnologije, nivoi upravljanja, model, simulacija.*

UVOD

Različite konfiguracije poljoprivrednih mašina i oruđa u sprezi sa pogonskim jedinicama, traktorima, kao traktorski sistemi, zavisno od operacije koju obavljaju, zahtevaju veći prostor za kretanje sa većim brojem stepeni slobode u odnosu na druge tipove kopnenih vozila. Misli se pre svega, na šinska vozila, koja su strogo vođena šinama, kao i drumska, koja su slobodno vođena, ali u granicama raspoloživog i uređenog koridora kretanja. Osim toga, traktorski sistemi se kreću i rade u težim uslovima s obzirom na mogućnosti realizovanja potrebne propulzivne sile, održavanja stabilnog i bezbednog kretanja uz istovremeno ispunjavanje sve strožih agrotehničkih i ekonomskih zahteva. Pri tome, treba imati u vidu i kompleksnu funkciju ljudskog operatora, rukovaoca traktorskog sistema, koja u slučaju manuelnih komandi, obuhvata često, istovremeno upravljanje kretanjem traktora i radom priključenog uređaja.

Gore istaknuti problemi su prisutni počev od upotrebe prvog traktora pa do današnjeg vremena a bitno su uticali na razvoj konstrukcije poljoprivredne mehanizacije, prateće opreme, načina obavljanja radnih procesa, kontrole i upravljanja. Pri tome, prve kontrolisane promenljive odnosile su se na radne parametre motora traktora i to, broja

* Kontakt autor: Rajko Radonjić, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija.
E-mail: rradonjic@kg.ac.rs

obrtaja kolenastog vratila, temperature i pritiske radnih medija, hlađenje, podmazivanje i sl., u smislu zaštite od preopterećenja i postizanja razumnog veka upotrebe.

Jedna od značajnih komponenti sistema, uređaj za priključak radne mašine/oruđa za traktor, namenjen za vuču, pogon, podizanje, spuštanje tereta i sl., realizovan je u tom periodu kao mehanički prostorni mehanizam. I tako, od mehanike, preko hidraulike, elektrotehnike/elektronike, njihovih kombinacija u mehatroniku, uz primenu računarske tehnike, do informaciono – komunikacionih tehnologija i svestranu podršku globalnih i lokalnih pozicionih sistema, trasiran je razvojni put poljoprivredne mehanizacije sa posebno intenzivnim tempom razvoja zadnje dve decenije. Uz to, treba istaći da su ovome izuzetno doprinele informacione tehnologije [1], [2], [3], [5], [6], [11], segmenti direktno uključeni u proces razvoja poljoprivredne tehnike, kao i oni preneti iz srodnih sektora, terenskih i drumskih vozila, [7], [8], [12].

MATERIJAL I METODE RADA

Povećanje efikasnosti poljoprivredne proizvodnje zahteva primenu savremene mehanizacije sa mogućnošću kontrole i optimalnog doziranja inputa, odnosno, ulaganja rada, energije, goriva, maziva, semena, hraniva, zaštitnih sredstava i sl., kao i kontrole izlaza, odnosno, uslova i načina ubiranja useva, načina transporta, skladištenja, čuvanja. I na kraju, pokazatelj efikasnosti korišćenja mehanizacije je odnos prema zahtevima očuvanja mehaničkih, fizičkih, hemijskih potencijalnih svojstava tla, kao preduslova za uspešnu proizvodnju u narednim periodima. Pri specifikaciji ovih zahteva i očekivanih rezultata posebno se ponderiše značaj primene adekvatnih traktorskih sistema, njihova usaglašenost s obzirom na vučnu efikasnost, energetske zahteve, kvalitet obavljenih radnih zadataka.

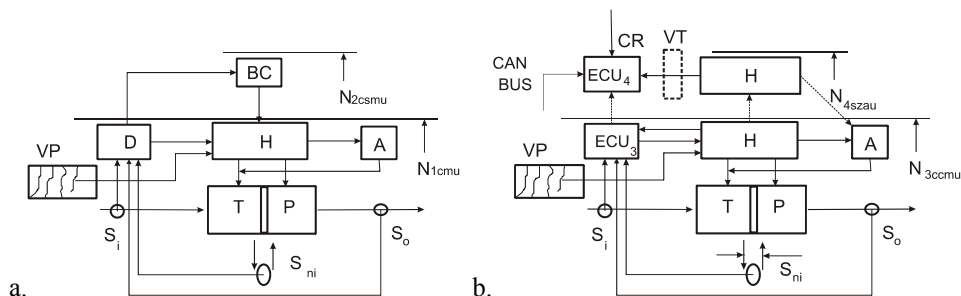
Progres u razvoju i primeni savremenih naučnih i tehničkih dostignuća, kao što je prethodno istaknuto, omogućava optimalno projektovanje baznih komponenta traktorskih sistema, pogonske, vučene jedinica, kao i implementaciju komponenata aktivne kontrole, njihovu integraciju, značajnog preduslova za delimičnu ili potpunu automatizaciju radnih procesa i operacija. Ovim se stvara autonomni traktorski sistem, sa mogućnostima uključivanja u lokalne i globalne sisteme za podršku kretanja i rada.

Imajući u vidu gore iznete probleme i u vezi sa njima aktuelne zahteve, u okviru konkretnih istraživačkih zadataka, formirali smo sopstveni pristup za analizu i vrednovanje kontrolno – upravljačkih funkcija traktorskog sistema, po nivoima, zavisno od stepena implementacije komponenata aktivne kontrole i raspodele funkcija između ljudskog faktora i automatskih regulatora, dakle, automatskih upravljačkih jedinica. Pri tome, naš pristup se u određenom smislu razlikuje od pristupa prikazanih u radovima, [9], [10].

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prema Sl. 1a, ljudski faktor, rukovalac, H , formira sa traktorom T i priključnom mašinom - oruđem, P , zatvoren regulacioni krug. Za kontrolno – upravljačku akciju rukovalac koristi informacije iz svog vidnog polja VP , kao i sa pokazivača D , koji su spregnuti sensorima, na ulazu sistema S_i , na izlazu, S_o , na mestima interakcije

traktorskog sistema sa okruženjem, S_{ni} . Dakle, ovaj nivo interakcije rukovalac – traktorski sistem, obeležen je sa oznakom N_{1cmu} , kao najniži hijerarhijski nivo kontrole sa manuelnim upravljanjem, pri kome rukovalac na bazi prikupljenih informacija i formirane odluke dejstvuje na manuelne komande za promenu parametara kretanja i rada, direktno i/ili preko servopojagačala, A . Viši nivo kontrole i upravljanja, N_{2syum} , prikazan na istoj slici (Sl. 1a), uz primenu računara, BC , za prijem podataka sa senzora, obradu istih i komuniciranje sa rukovaocem, u smislu obavljanja manualnog upravljanja, predstavlja korak dalje u poboljšanju performansi posmatranog radnog sistema.

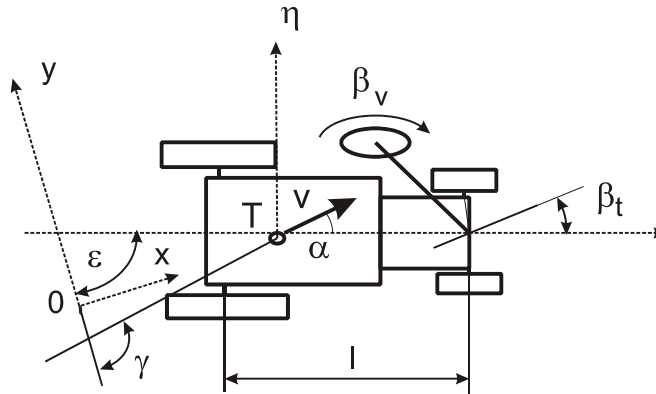


Slika 1(a,b). Nivoi upravljanja traktorskih sistema

Figure 1(a,b). Control levels of tractor systems

H	rukovalac <i>operator</i>
T	traktor <i>tractor</i>
P	priključna mašina <i>attachment</i>
VP	vidno polje rukovaoca <i>operators field of view</i>
D	pokazivač <i>display</i>
S_i	senzori na ulazu u sistem <i>sensors at systems entrance</i>
S_o	senzori na uzlazu iz sistema <i>sensors at systems exit</i>
S_{ni}	senzori na mestima interakcije traktorskog sistema sa okruženjem <i>sensors at points of interaction of tractor system and surroundings</i>
A	servopojagačalo <i>servo-amplifier</i>
ECU_i	elektronske kontrolne i upravljačke jedinice <i>electronic control and operation units</i>
N_{1cmu}	najniži nivo kontrole sa manuelnim upravljanjem <i>lowest control level with manual operation</i>
N_{2syum}	viši nivo kontrole i upravljanja <i>higher control and operation level</i>
N_{3ccmu}	nivo kontrole i upravljanja uz komunikaciju kontrolne jedinice i rukovaoca <i>control and operation level with communication of control unit and operator</i>
N_{4szau}	nivo kontrole i automatskog upravljanja. <i>control level with automatic operation</i>

Slika 1b prikazuje više nivoje komuniciranja i raspodele funkcija između rukovaoca, radnog sistema, sistema kontrole i upravljanja, kontrolnih centara, sistema za podršku i navođenje. Naime, u strukturu posmatranog radnog sistema, uvedene su elektronske kontrolne i upravljačke jedinice, opšte oznake, ECU_i , sa specificiranim funkcijama na strani traktora i na strani priključne mašine. Viši nivoi primene podrazumevaju njihovu integraciju i umreženje u $CAN BUS$ sistem. Nivo kontrole i upravljanja na Sl. 1b, obeležen sa N_{3ccmu} , obezbeđuje značajnu komunikaciju između kontrolne jedinice, na ovom nivou označena sa ECU_3 , i rukovaoca, H u smislu informisanja o stanju, vrednostima kontrolisanih promenljivih i sugestije za akciju manualnog upravljanja preko A . Na sledećem hijerarhijskom nivou, N_{4szau} , (Sl. 1b gore), rukovalac je oslobođen funkcije manualnog upravljanja. Njegova funkcija je sada, inicijalna naredbodavna, kroz specificiranje ulaznih podataka radnog zadatka. Dalje funkcije, prikupljanje i obrada podataka, kontrola, upravljanje u smislu vođenja i izvršenja radnih procesa obavlja napredan informaciono – komunikacioni sistem.



Slika 2. Model bočne dinamike traktora

Figure 2. Tractor lateral dynamics model

Za ravanski model traktora, prikazan na Sl. 2, sa bočno elastičnim pneumaticima, mogu se uspostaviti relacije između koordinata položaja referentne tačke T , i uticajnih parametara, [4]:

$$\gamma = \gamma_1(\varepsilon, \alpha) = \gamma_2(v, l, \beta_1, \delta_1, \delta_2) \quad (1)$$

$$y = y(v, \varepsilon, \alpha) \quad (2)$$

sa uvedenim oznakama:

- $\gamma, \varepsilon, \alpha$ ugaone koordinate,
angle coordinates,
- y translatorna koordinata,
translational coordinate,
- β_i ekvivalentni ugao zaokretanja upravljačkih točkova,
equivalent rotation angle of steering wheels,
- δ_1, δ_2 uglovi bočnog skretanja pneumatika, prednjih, zadnjih, respektivno,
angles of side turn of front and rear tires, respectively,

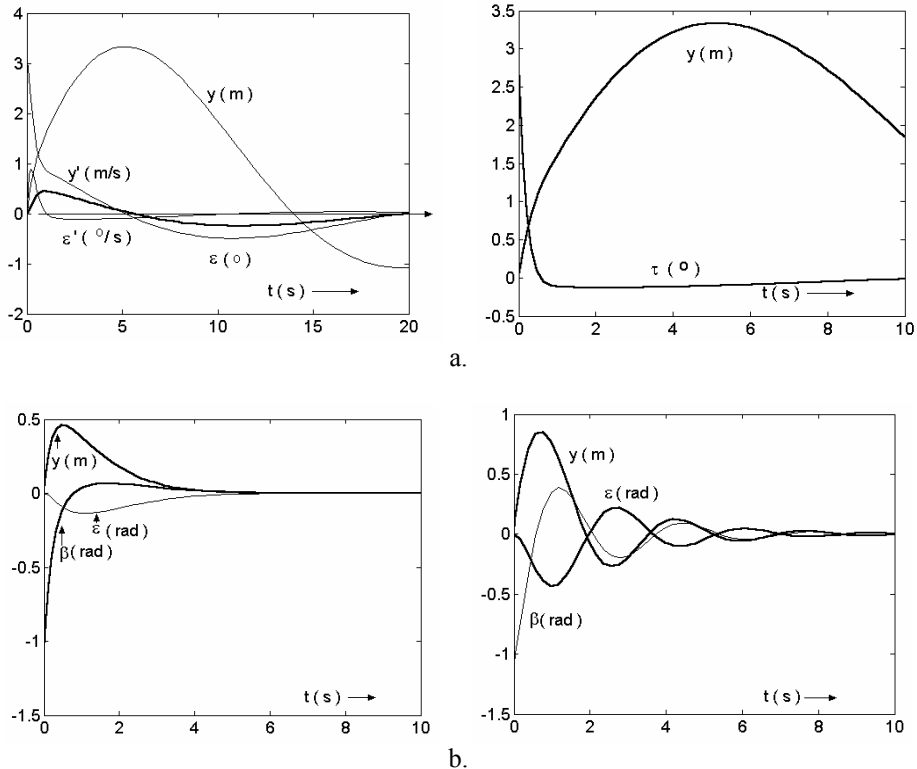
- v brzina kretanja,
speed,
- l razmak između osovina traktora.
distance between tractor axles.

Polazeći od gore specificiranih nivoa kontrole i upravljanja može se lakše shvatiti značaj interakcije označenih komponenata sistema kao i raspodele njihovih funkcija, ali i potreba poznavanja parcijalnih karakteristika komponenata i od njihovih formiranih baznih podsistema, na primer, rukovalac – traktor, traktor – radna mašina, rukovalac – traktor – radna mašina. Broj kombinacija podsistema se značajno povećava, ako se uvedu u razmatranje i moguće varijante kontrolno – upravljačkih strategija i u tom smislu realizovana tehnička rešenja. Značaj analize podsistema i identifikacije njihovih svojstava, za zahtevane performanse kompleksnog radnog sistema ilustrujemo, na ovom mestu, našim rezultatima istraživanja podsistema, vozač – traktor, regulator – traktor sa aspekta kvaliteta sleđenja referentnih putanja, što bi u agrotehničkom smislu bilo u relaciji sa pojmovima, sleđenje prohoda, tragova, markiranih putanja i parcela.

Odstupanja koordinata putanje referentne tačke traktora, ili oruđa u odnosu na koordinate referentne, tj. zadate putanje su pokazatelji kvaliteta procesa sleđenja putanja, odnosno uspešnosti obavljanja poljoprivredne operacije u pojedinim prohodima, sa zadatim preklopima, razmacima i sl. Na primer, obrada zemljišta, oranje, prikazi na Sl. 3., ili sejanje, rasturanje mineralnih hraniva, zaštita useva itd. U ovom cilju vozač, rukovalac, ili automatski regulator, zaokreće točak upravljača za ugao β_1 , odnosno, upravljačke točkove za ugao β_2 , u smislu adekvatnog praćenja referentne putanje, odnosno, kompenziranja nastalih odstupanja. S obzirom da traktor, kao vozilo točkaš ne poseduje sopstvenu stabilnost držanja pravca, to je uloga vozača kao ekvivalentnog regulatora, ili uloga tehničkog regulatora, kao optimalnog, automatskog, adaptivnog, od ključnog uticaja na proces sleđenja putanja traktorskim sistemom kao autonomnim sistemom, ali i na uspešnost uključivanja istog u globalne pozicione sisteme u smislu realizacije navođenja za postizanje različitih ciljeva, kao što su kvalitet obrade zemljišta, racionalna potrošnja inputa, precizna poljoprivredna proizvodnja, markiranje parcela, evidencija, statistika i sl.



Slika.3. Kvalitet oranja u funkciji parametara sleđenja prohoda traktorskog sistema
Figure 3. Plowing quality in function of passage following parameters of tractor system



Grafik 1. Rezultati simulacije dinamičkih karakteristika traktora
 a. vozač-rukovaoc, ručno upravljanje
 b. ECU regulator, automatsko upravljanje

Chart 1. Simulation results of tractor dynamical characteristics
 a. driver-operator, manual control
 b. ECU controller, automatic control

Pored gore datih komentara i isticanja zahteva u pogledu parcijalnih karakteristika traktora i njihovog poboljšanja optimalnim izborom konstruktivnih i eksploatacionih parametara, te adekvatne obuke vozača, rukovaoca za uspešan rad sa traktorom i odgovarajućim priključnim mašinama, ili izbora adekvatne funkcije cilja pri projektovanju automatskih sistema, regulatora, pilota za upravljanje u cilju sleđenja putanja, ističemo dva značajna pitanja interakcije podsistema regulator – traktor.

Prvo, u kolikoj meri se vozač, rukovaoc može prilagoditi neadekvatnim dinamičkim karakteristikama traktora, loše ocenjenim sa aspekta zahteva sleđenja? I koliko ga takav sistem zamara u toku rada? Drugo, po kojim kriterijumima treba izabrati parametre funkcije cilja za projektovanje optimalnog regulatora jednog takvog traktora, pogotovu što isti mogu poslužiti i kao pokazatelji neprikladnosti primene traktora i sa aspekta manualnog upravljanja i kvaliteta obavljanja rada?

Naši rezultati simulacije ponašanja podsistema vozač – traktor (Grafik 1a) i podsistema ECU – regulator – traktor (Grafik 1b), pokazuju da:

1. Vozač uspeva da stabilizuje poremećeno kretanje traktora pri impulsnoj pobudi ali u dužem vremenu prelaznog procesa;
2. ECU –regulator stabilizuje poremećeno kretanje u kraćem vremenu, a zavisno od izabrane strukture, po aperiodičnom prigušenom toku (Grafik 1b, levo), odnosno, po oscilatomom prigušenom toku (Graf. 1b, desno);
3. Obzirom da je vreme stabilizacije optimalnog regulatora znatno kraće od vremena stabilizacije vozača prosečnih sposobnosti, poređenje Grafka 1a i 1b, sledi da je takva bazna varijanta traktora sa aspekta sleđenja putanja i kompenziranja iznenadnih poremećaja nepovoljna za manuelno upravljanje.

ZAKLJUČAK

Različite konfiguracije traktorskih sistema, pri radu zahtevaju više prostora za kretanje i precizniju kontrolu i upravljanje u svim fazama obavljanja radnih zadataka. Značajan doprinos ovim zahtevima daje sve masovnije uključivanje komponenata aktivne kontrole u konstrukciju poljoprivredne mehanizacije, integracija upravljačkih funkcija, njihova pravilna raspodela na pojedinim hijerarhijskim nivoima kontrole i upravljanja, adekvatna obuka rukovaoca, korišćenje usluga globalnih i lokalnih pozicionih sistema. S obzirom na različite potrebe korišćenja traktorskih sistema i udela manuelnog i automatskog upravljanja, poznavanje parcijalnih karakteristika komponenata i podsistema je baza za njihovo optimalno usaglašavanje i korišćenje.

LITERATURA

- [1] Barskij, I., 1973. *Dinamika traktora*. Mašinstroenie.
- [2] Gusakov, V., 1977. *Traktori – Teorija*, Minsk.
- [3] Wong, J., 1995. *Theory of ground vehicles*. John Wiley & Sons, New York.
- [4] Radonjić, R., Radonjić, D., 1998. *Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača*. Traktori i pogonske mašine, Vol. 3, br.4, str. 54-59.
- [5] Radonjić, R., 2007. *Razvoj softvera za simuliranje procesa obrade zemljišta*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXII, Broj 3, Str. 19 – 24, Beograd, 2007.
- [6] Radonjić, R., 2009. *Simuliranje dinamičkih karakteristika traktora*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 1, Str. 101 – 107, Beograd, decembar 2009.
- [7] Radonjić, R., 2010. *Problemi upravljanja vozilima*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXV, Broj 1, Str. 31 – 37, Beograd, decembar 2010.
- [8] Radonjić, R., Janković, A., Antonijević, Đ., 2010. *Pokazatelji aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXV, Broj 1, Str. 69 – 74, Beograd, decembar 2010.
- [9] Schon, N., 1993. *Elektronik und Computer in der Landwirtschaft*. Eugen Ulmer GmbH. München.
- [10] Auernhammer, H., 1991. *Elektronik in Traktoren und Maschinen*. BLV Verlagsgesellschaft, mbH, München.

- [11] Gligorević, K., Oljača, M., Ružičić, L., Radojević, R., Pajić, M. 2007. *Uticaj elektronskih sistema na stabilnost vanputnih vozila*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXII, Broj 3, decembar 2007. Strane: 11 - 18
- [12] JOHN DEER, CASE, CLAAS, FENDT. *Prospektni materijal*, 2010, 2011.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN FUNCTION OF AGRICULTURAL TECHNIQUE DEVELOPMENT

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović

Faculty of Engineering Sciences - Kragujevac

Abstract: In this paper the trends of the active components and information technologies application in the design of the modern agricultural mechanization are considered. An approach to analysis of the tractor systems with respect to used control strategies and distribution control tasks on the hierarchical levels is proposed and discussed. The importance of the subsystem characteristics, driver – tractor, and controller – tractor, on the path following performance of whole tractor system is illustrated by simulation results.

Key words: *tractor, system, information technologies, control levels, , model, simulation.*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:
Datum prihvatanja rada: 12.11.2011.