

Bibliid: 0350-2953 (2012) 38, 2:153-164
UDK: 546.46:631.572:519.87

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**POJEDNOSTAVLJENI REGRESIONI MODEL NERAVNOMERNOG
OPTEREĆENJA TOČKOVA TRAKTORA NA BOČNOM NAGIBU I NJEGOVA
PRIMENA**

**SIMPLIFIED REGRESSION MODEL OF UNEVEN TRACTOR WHEEL LOAD
ON SIDE SLOPE AND ITS APPLICATION**

Marko Kostić, Snežana Kekić Matić, Nebojša Dedović,
Nedeljko Malinović, Mihal Meši, Lazar Savin
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.
E-mail: markok@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Obrada zemljišta je najintenzivnija agrotehnička mera u tehnologiji proizvodnje poljskih kultura. Obrada zemljišta plugom podrazumeva kretanje jednom stranom traktora točkaša po otvorenoj brazdi, odnosno bočno nagnut položaj. Geometrija traktora u tim uslovima ima presudan uticaj na poljsku efikasnost, ekonomičnost i kvalitet obavljene operacije. Cilj rada je da se analitičkom metodom formulišu uprošćeni matematički modeli koji sa visokom pouzdanošću mogu opisati promene geometrije traktora u brazdi tj. na bočnom nagibu. U ovom teoretskom razmatranju određeni su matematički modeli koji opisuju promenu položaja centra zadnjeg pogonskog mosta i težišta traktora za dva konkretna traktora različite proizvodne marke, sličnih karakteristika. Ove veličine nam služe za aproksimaciju rasporeda opterećenja na pogonskim točkovima traktora i pomeranja linije vuče. Pojednostavljeni modeli dobijeni su regresionom analizom podataka za oba tipa traktora. Koeficijent determinacije za nivo poverenja od 95% za sve linearne modele ima visoku vrednost ($R^2 > 0,96$). Prilagođeni modeli određeni su na osnovu izračunatih konkretnih podataka, što implicira da je neophodno prethodno poznavanje tehničkih karakteristika traktora da bi se do njih došlo.

Ključne reči: obrada, plug, linearna regresija, matematički model

1. UVOD

Obrada zemljišta je najintenzivnija agrotehnička mera u tehnologiji proizvodnje poljskih kultura (Ogban et al, 2006; Moitzi et al, 2012). Intenzitet obrade zavisi od vrste obrade, geometrije priključne mašine i dubine obrade (Loibl 2006; Godwin 2007).

Uprkos tendenciji izostavljanja osnovne obrade plugom, kao posledica ekonomskog i ekološkog procesa odlučivanja (Deprsich, 2000), još uvek je prisutna u mnogim zemljama širom sveta. Malinović et al (2011) navodi da se redukovanom obradom smanjuje potrošnja

goriva u granicama 15-20 l/ha. Izvođenje oranja je karakteristično po “netipičnom” položaju traktora tokom same mere. Tokom oranja, vođenje agregata po parceli obavlja se kretanjem traktora točkaša po prethodno otvorenoj brazdi. U takvom položaju, traktor se bočno nagnje, što izaziva promene njegove geometrije u odnosu na podlogu i priključnu mašinu. Traktorski agregat u takvim uslovima ponaša se isto kao i traktor koji se kreće na bočno nagnutom terenu (Yisa G. M. i Terao H. 1995). Geometrija traktora ima presudan uticaj na poljsku efikasnost, ekonomičnost i kvalitet obavljene agrotehničke mere. Pored težine traktora, njegova geometrija ima bitnu ulogu na raspodelu opterećenja na pogonskim točkovima, a samim tim i na vučne karakteristike traktora u brazdi (Dedović et al, 2009). Istraživanja drugih autora pokazuju da se značajna količina angažovane energije (20-50%) troši u kontaktu točka i podloge (Grisso et al, 1992), što daje za pravo mnogima da se bave ovom problematikom u cilju povećanja vučnih karakteristika (Simikić et al, 2012). Zoz i Giroso (2003) navode da je primarna uloga poljoprivrednih traktora obavljanje vučnih operacija.

Ono što je važno znati radi pravilnog podešavanja raonog pluga jeste položaj sile vuče traktora. Teoretski posmatrano, pravilno podešen plug čini traktorski sistem (traktor+plug) uravnoteženim i stabilnim u brazdi, što znači da sila vuče traktora i rezultujuća sila otpora pluga priključne mašine ne prave tzv. zakretni moment tj. kolinearne su. Ekscentrična vuča upravo nastaje zbog lošeg položaja priključne mašine u odnosu na traktor (Simikić et al, 2010). Poznato je da kada traktor ide u brazdi, pravac vučne sile traktora, za slučaj isključene blokade diferencijala, prolazi kroz centar zadnjeg mosta (Nikolić et al, 2009), a da intenzitet zavisi pre svega od težine traktora G_t , koeficijenta trenja točka o podlogu, vrste pneumatika, itd.

Ako se posmatra slučaj kada traktor ide po ravnoj podlozi, linija vuče pripada simetralnoj ravni traktora, dok je težište zanemarljivo malo pomerenom od simetralne linije u stranu. Zbog toga je opterećenje na pogonskim točkovima skoro podjednako i iznosi $G_t/2$. Kada traktor ide jednom stranom po otvorenoj brazdi, a drugom po neobrađenoj površini, odnosno kada je traktor bočno nagnut, položaj težišta i centra zadnjeg mosta pomera se, kako po horizontali, tako i po vertikali. Ove promene geometrije utiču i na promenu opterećenja na pogonskim točkovima odnosno na vučne karakteristike (Al-Hamed et al, 1994; Sümer i Sabancı 2005; Schreiber i Kutzbah 2008). U tom slučaju vučne karakteristike traktora su znatno lošije u poređenju sa karakteristikama na ravnoj podlozi (Stelja et al, 2009). Ako se na osnovu poznate geometrije traktora u brazdi može odrediti tačan položaj vučne sile kao i njen intenzitet, značajno se pojednostavljuje postupak pravilnog agregatiranja i podešavanja pluga.

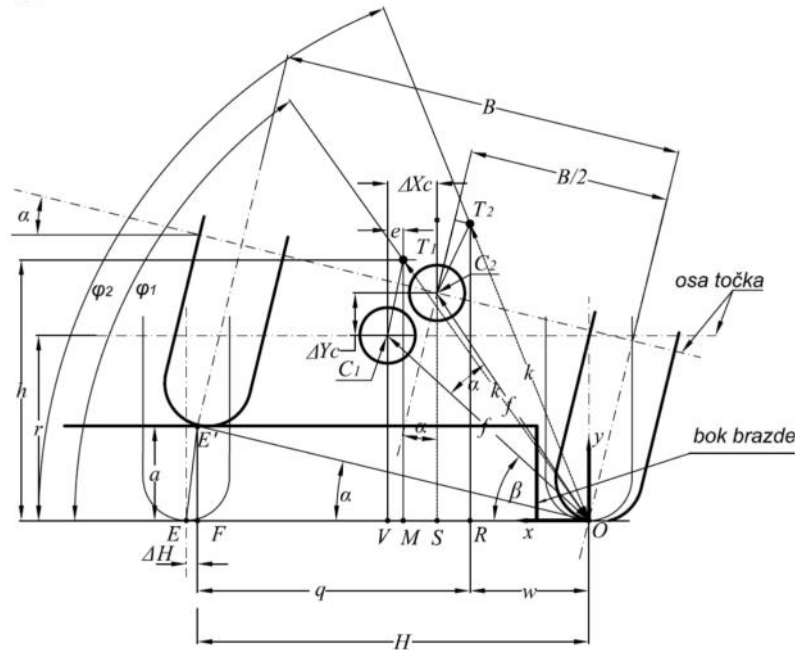
2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj rada je da se analitičkim pristupom formulišu matematički modeli koji, sa visokom pouzdanošću, mogu opisati promene geometrije traktora u brazdi tj. pri bočnom nagibu, a kasnije kroz rad na primeru dva slična tipa traktora ih primeniti.

3. MATERIJAL I METOD

U ovom teoretskom razmatranju određiće se matematički modeli koji opisuju funkciju promene položaja centra zadnjeg pogonskog mosta (linije vuče) i težišta traktora (sl. 1) za dva konkretna traktora različite proizvodne marke, sličnih karakteristika i po klasifikaciji ASAE S217.12 DEC2001 (ISO 730-1:1994) (R2007) pripadaju kategoriji II.

Označimo sa ΔX_c horizontalno, sa ΔY_c vertikalno pomeranje centra zadnjeg pogonskog mosta i sa sudeo težine traktora na točku koji ide van brazde (raspored opterećenja).



Sl. 1. Geometrijske veličine traktora u brazdi
Fig.1. Geometric parameters of the tractor in the furrow

Da bi se pojednostavila analiza, usvojena je pretpostavka da je rastojanje prednjih i zadnjih pneumatika jednako, da nema deformacija pneumatika pri naginjanju traktora i da je dodir podloge i pneumatika u jednoj tački. Usvojena dubina obrade kretala se u granicama od 0,1 m do 0,4 m sa priraštajem od 0,1 m. Za grafički prikaz matematičkih modela korišćen je programski paket *Wolfram Mathematica 6.0*. Regresiona analiza urađena je u programu za statističku obradu *Statgraphics Centurion XV*.

Ulazni parametri kod formiranja matematičkih modela za određivanje (ΔX_c , ΔY_c , s) dati su u tabeli 1.

Tab. 1. Tehnički podaci traktora korišćenih u analizi
Tab. 1. Technical data of analysed tractors

Parametri Parameters	Traktor tip/Type of tractor	
	Belarus 820	NewHolland TL 80 A
B (m)	1.62-2.1	1.632-2.132
r (m)	0.72	0.745
h (m)	1.031	0.876
e (m)	0.008	-0.006

4. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Na slici 1 okretna tačka je tačka oslonca desnog točka koji je u brazdi i označena je sa O . U nastavku se pod centrom podrazumeva tačka preseka ose zadnjeg mosta i vertikalne simetrale traktora koji je označen sa C_1 pre, a sa C_2 posle naginjanja traktora (sl. 1). Položaj težišta pre i posle naginjanja je označen sa T_1 , odnosno sa T_2 , redom.

Na osnovu usvojenih veličina definisane su sledeće promenljive:

Nomenklatura:

α - ugao zakretanja traktora oko okretne tačke ($^{\circ}$),
 β - početni ugao koji zaklapa prava koja spaja centar i okretnu tačku sa horizontalom ($^{\circ}$),
 f - rastojanje između centra i okretne tačke (m),
 ΔX_c - funkcija horizontalnog pomeranja centra (m),
 ΔY_c - funkcija vertikalnog pomeranja centra (m),
 k - rastojanje između težišta traktora i obrtne tačke (m),
 w - horizontalno rastojanje težišta i tačke oslonca desnog točka (m),
 s - funkcija opterećenja levog točka traktora u odnosu na ukupnu težinu G ,
 ΔX_c^* - pojednostavljeni linearni model horizontalnog pomeranja centra (m),
 ΔY_c^* - pojednostavljeni linearni model vertikalno pomeranje centra (m),
 s^* - pojednostavljeni linearni model opterećenja levog točka traktora u odnosu na ukupnu težinu G

Sa slike 1 može se zaključiti da ugao zakretanja centra (i težišta) oko tačke O odgovara uglu zakretanja celog sistema (traktora), pa koristeći sličnost jednakokrakih trouglova $\triangle O C_1 C_2$ i $\triangle O E E'$, iz pravouglog trougla $\triangle O F E'$ može se odrediti ugao α koji je jednak:

$$\alpha = \arcsin \frac{a}{B} \quad (1)$$

gde je: a dubina brazde, a B rastojanje između točkova. Iz pravouglog trougla $\triangle O C_1 V$ ugao β jednak je:

$$\beta = \arctg \frac{2r}{B} \quad (2)$$

gde je: r poluprečnik točka. Iz istog trougla sledi i da je rastojanje f hipotenuza koje se računa:

$$f = \sqrt{r^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \quad (3)$$

Na osnovu pravouglog trougla $\triangle OSC_2$ sa slike 1, može se konstatovati da je jedna njegova kateta zapravo rastojanje $OS = f \cdot \cos(\alpha + \beta)$ što implicira da je horizontalno pomeranje centra (odnosno težišta) ΔXc :

$$\Delta Xc = \frac{B}{2} - f \cdot \cos(\alpha + \beta) \quad (4)$$

Odnosno, kada se uvrste izrazi (1-3) u (4) dobija se:

$$\Delta Xc = \frac{B}{2} - \sqrt{r^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \cdot \cos\left(\arcsin \frac{a}{B} + \arctg \frac{2r}{B}\right) \quad (5)$$

Vertikalno pomeranje ΔYc iz trougla $\triangle OSC_2$ sa slike 1 je jednako:

$$\Delta Yc = f \cdot \sin(\alpha + \beta) - r \quad (6)$$

Odnosno, uvrštavanjem (1-3) u (6) kad se ubace razvijeni oblici za α, β, f dobija se:

$$\Delta Yc = \sqrt{r^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \cdot \sin\left(\arcsin \frac{a}{B} + \arctg \frac{2r}{B}\right) - r \quad (7)$$

Funkcija w , koja predstavlja horizontalno rastojanje težišta i tačke oslonca desnog točka, može se definisati iz trougla $\triangle ORT_2$ sa sl. 1:

$$w = k \cos \varphi_2 \quad (8)$$

gde je: k rastojanje između težišta traktora i obrtne tačke. Rastojanje k je određeno iz trougla $\triangle OMT_1$:

$$k = \sqrt{h^2 + \left(\frac{B}{2} - e\right)^2} \quad (9)$$

gde je: h visina težišta traktora, a e ekscentricitet (videti sl. 1). Ugao φ_2 jednak je

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \alpha \quad (10)$$

dok se promene ugla φ_1 određuje iz trougla $\triangle OMT_1$:

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{h}{k} \quad (11)$$

Kada se u (8) uvrste izrazi (9-11) dobija se:

$$w = \sqrt{h^2 + \left(\frac{B}{2} - e\right)^2} \cdot \cos\left(\arcsin \frac{h}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{B}{2} - e\right)^2}} + \arcsin \frac{a}{B}\right) \quad (12)$$

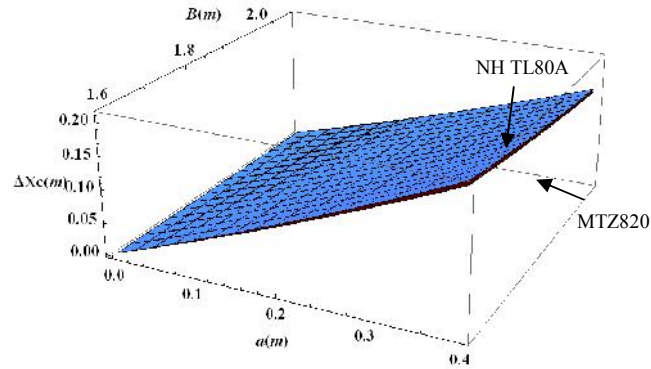
Ako se H iz pravouglog trougla $\triangle OEF$ izrazi kao

$$H = B \cdot \cos \alpha \quad (13)$$

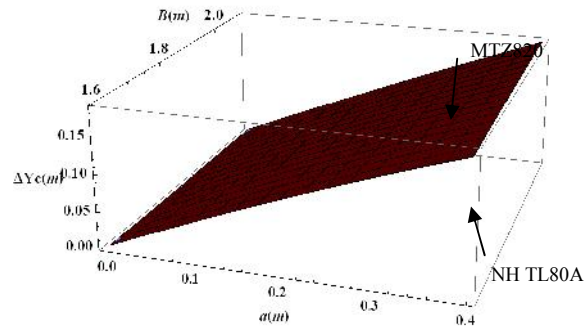
tada funkcija opterećenja levog točka traktora u odnosu na ukupnu težinu G glasi:

$$s = \frac{w}{H} \quad (14)$$

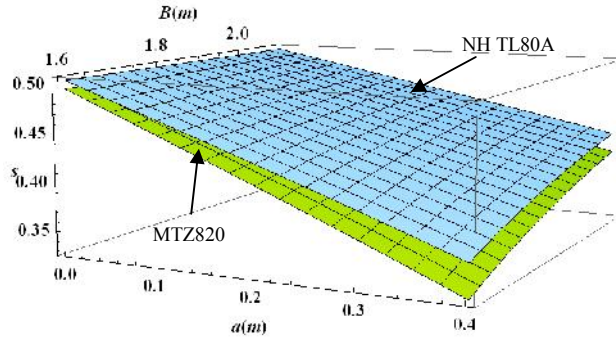
U programskom paketu *Wolfram Mathematica 6.0* dobijeni su trodimenzionalni grafici za ΔXc , ΔYc i s u zavisnosti od dubine brazde (a) i rastojanja između točkova (B) za geometrijske parametre traktora tipa MTZ 820 i NewHolland TL 80A (slike 2, 3, 4).



Sl. 2. 3D dijagram funkcije ΔXc za usvojene parametre oba tipa traktora
Fig. 2. 3D diagram of ΔXc function for adopted parameters of both type of tractor



Sl. 3. 3D dijagram funkcije ΔYc za usvojene parametre oba tipa traktora
Fig. 3. 3D diagram of ΔYc function for adopted parameters of both type of tractor



Sl. 4. 3D dijagram funkcije s za usvojene parametre oba tipa traktora
 Fig. 4. 3D diagram of s function for adopted parameters type both type of tractor

Površi predstavljene na slikama 2-4 su praktično ravni, te je zbog toga može pronaći jednostavniji model koji će predstavljati zavisnost ΔX_c , ΔY_c i s od a i B . Koristeći model

$$f(a, B) = c_0 + c_1 a + c_2 B \quad (15)$$

regresionom analizom podataka za oba tipa traktora dobijeni su koeficijenti c_0 , c_1 i c_2 (tab. 2). Naravno, $f(a, B)$ iz (15) se zamenjuje sa ΔX_c , ΔY_c i s prilikom regresione analize. Koeficijent determinacije za nivo značajnosti 95% za sve linearne modele ima visoku

vrednost ($R^2 > 0,96$) što govori da usvojeni linearni modeli u velikoj meri opisuju promenu zavisno promenljivih ΔX_c^* , ΔY_c^* i s^* .

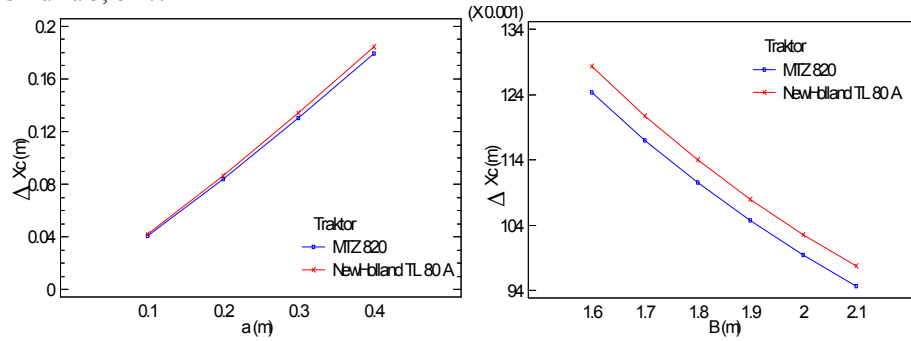
Tab. 2. Parametri multifaktorijalne linearne analize za nezavisno promenljive a , B i zavisne promenljive ΔX_c , ΔY_c i s

Tab. 2. The parameters of the linear multiple regression analysis for independent variables a , B and the dependent variables ΔX_c , ΔY_c , s

Koeficijenti modela (15) $f(a, B) = c_0 + c_1 a + c_2 B$	$\Delta X_c^*(a, B)$		$\Delta Y_c^*(a, B)$		$s^*(a, B)$	
	MTZ 820	NH TL 80A	MTZ 820	NH TL 80A	MTZ 820	NH TL 80A
c_0	0,10239	0,10582	-0,01106	-0,01144	0,33245	0,37164
c_1	0,46159	0,47522	0,44532	0,44342	-0,31951	-0,27147
c_2	-0,05909	0,06095	0,00895	0,00926	0,08894	0,07177
$R^2(\%)$	99,07	99,07	99,83	99,88	96,72	96,69

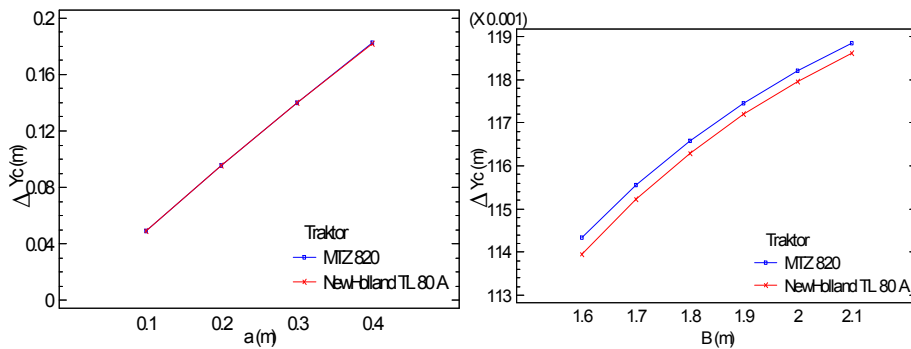
Na osnovu vrednosti koeficijenata linearnih modela za oba traktora može se zaključiti da najveći uticaj na pomeranje centra zadnjeg mosta kako po x -osi tako i po y -osi, kao i na funkciju s , ima dubina oranja a , dok razmak točkova B ima manji uticaj. Kako bi se jasnije sagledao pojedinačni uticaj nezavisno promenljivih na posmatrane zavisno promenljive

funkcije, urađen je ANOVA test interakcije na podacima. Interakcija je prikazana na slikama 5, 6 i 7.

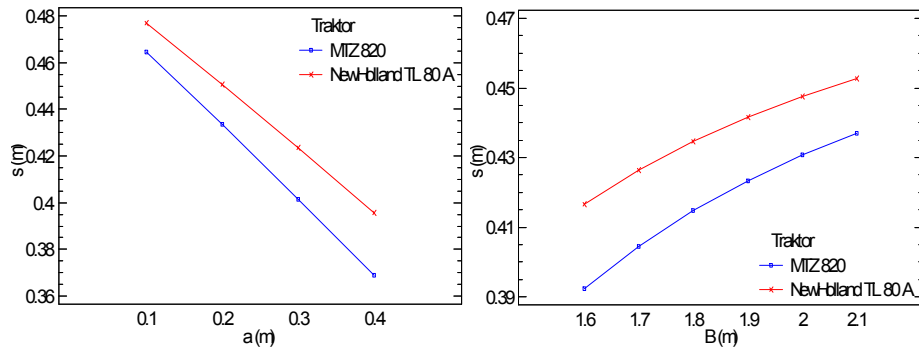


Sl. 5. Grafik interakcije nezavisno promenljive (a , B) i zavisno promenljive (ΔX_c)
Fig. 5. Graph of interaction of independent variables (a , B) and dependent variables (ΔX_c)

Grafik interakcije sa slike 5 govori da se pomeranje po x -osi ako se varira dubina obrade u predviđenim granicama kreće skoro istom linijom za oba tipa traktora, međutim ako se posmatra uticaj razmaka točkova tu postoji mala razlika što je u saglasnosti sa grafikom na slici 2. Traktor MTZ 820 ima nešto manje pomeranje centra zadnjeg mosta po x -osi u odnosu na traktor NewHolland TL 80A. Pomeranje centra zadnjeg mosta po y -osi ako posmatramo slučaj sa promenljivom dubinom, skoro je identična za oba traktora, dok je nešto veće pomeranje centra zadnjeg mosta na traktoru MTZ 820.



Sl. 6. Grafik interakcije nezavisno promenljive (a , B) i zavisno promenljive (ΔY_c)
Fig. 6. Graph of interaction of independent variables (a , B) and dependent variables (ΔY_c)



Sl. 7. Grafik interakcije nezavisno promenljive (a , B) i zavisno promenljive (s)
Fig. 7. Graph of interaction of independent variables (a , B) and dependent variables (s)

S obzirom na to da funkcija s zavisi od položaja težišta koje se u većoj meri razlikuje kod oba tipa traktora, ona ima srazmerno veće odstupanje i za slučaj variranja dubine obrade i razmaka točkova. Sa slike 7 može se zaključiti da je rasterećenje levog točka (točak van brazde) manje na traktoru NewHolland TL 80A u poređenju sa traktorom MTZ 820.

5. ZAKLJUČAK

Promena položaja težišta i centra zadnjeg mosta traktora točkaša po x -osi izaziva najveće promene vučnih performansi traktorskog sistema. Ova analiza pokazala je da horizontalna promena položaja težišta u najvećoj meri uslovljena promenom dubine obrade a .

Analiza parametara koji dovode do pomeranja težišta ukazuje da se pomeranje težišta po y -osi može praktično zanemariti zbog malih promena, ali i zbog činjenice da to pomeranje težišta ne remeti dinamiku pluga u brazdi. Najveći uticaj na promenu x -koordinate težišta ima dubina obrade, dok rastojanje točkova ima manji uticaj. Slično kao i kod prethodno pomenutih funkcija, na raspodelu opterećenja po točkovima (parametar s) najveći uticaj takođe ima dubina obrade.

Pojednostavljeni linearni regresioni modeli u potpunosti se mogu primeniti kod predviđanja nepoznatih u konkretnom slučaju. To potvrđuje visoki koeficijent determinacije ($R^2 > 0,96$) za sve usvojene linearne modele. Prilagođeni modeli određeni su na osnovu izračunatih konkretnih podataka, što implicira da je neophodno prethodno poznavanje tehničkih karakteristika traktora da bi se do njih došlo. Matematički modeli jednako važe i u slučaju kada se traktor kreće levim točkom u brazdi (kod plugova obrtača) bez ograničenja.

Korist od ovog teorijskog prikaza mogu ostvariti pre svega postojeći korisnici traktora jer im dati modeli mogu pomoći pripravljenom odabiru pluga, nabavci i podešavanju pluga pre početka rada, što svakako ima pozitivan ekonomski efekat tokom eksploatacije kroz smanjenu potrošnju energije i uštedu u vremenu.

6. LITERATURA

- [1] Al-Hamed SD, Grisso RD, Zoz FM, Von Bargen K. 1994. Tractor performance spreadsheet for radial tires. *Comput Electron Agric* 10: 45-62.
- [2] ASAE S217.12 DEC2001 (ISO 730-1:1994) (R2007)
- [3] Dedović N, Matić-Kekić Snežana, Simikić M, Nikolić R, Savin L. 2009. Formiranje matematičkog modela za proračun stepena korisnosti traktora točkaša. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35(1-2):111-117.
- [4] Godwin R J. 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. *Soil & Till. Res.* 97. p. 331-340.
- [5] Grisso R D, Al-Hamed S A, Taylor R K, Zoz F M. 1992. Demonstrating tractor performance trends using Lotus templates, *Applied Engineering in Agriculture* 8(6):733-738.
- [6] Loibl, B. 2006. Classification of Tillage Systems by including Soil Covering. 61 *Landtechnik SH/2006*, p. 302 - 303.
- [7] Malinović N, Meši M, Kostić M, Isakov S, Sindić M. 2011. Ekonomska i energetska efikasnost u proizvodnji kukuruza tehnologijom direktne setve. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36(1):1-9.
- [8] Moitzi G, Haas M, Wagentristl H, Boxberger J, Gronauer A. 2012. CIGR-Ageng
- [9] Nikolić R, Savin L, Furman T, Gligorić R, Tomić M, Simikić M. 2009. Značaj korišćenja blokade diferencijala traktora pri oranju. *Poljoprivredna tehnika*, 34(1):27-33.
- [10] OECD Codes for official testing of agricultural tractors.
- [11] Ogban P I, Ogunewe W N, Dike R I, Ajalo A C, Ikeate N I, Achumba U E, Nyong E E. 2006. Effects of tillage and mulching practices on soil properties and growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L), Walp) in Southern Nigeria. In: *Proceeding of the 31s Annual Conference of the Soil Science Society of Nigeria*, held at A.B.U Zaria from 13th -17th November, 2006.
- [12] Schreiber M, Kutzbah HD. 2008. Influence of soil and tire parameters on traction. *Res Agric Eng* 54: 43-49.
- [13] Simikić M, Dedović N, Savin L, Tomić M, Silleli H H, Ponjičan O. 2012. Influence of eccentric drawbar force on power delivery efficiency of a wheeled tractor. *Turk J Agric For*, 36(2012) 486-500.
- [14] Simikić M, Savin L, Nikolić R, Tomić M, Furman T. 2010. Uticaj ekscentrične vuče na vučne karakteristike traktora točkaša. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36(1):10-20.
- [15] Stelja Ž, Rodić B, Mićović A. 2009. Vučno dinamičke karakteristike traktora u toku rada na bočnom nagibu, primer oranja u brazdi. *Traktori i pogonske mašine*, 14(2/3):14-20.
- [16] Sümer SK, Sabancı A. 2005. Effects of different tire configurations on tractor performance. *Turk J Agric For* 29: 461-468.

- [17] Wolfram S. 1991. Mathematica A System for Doing Mathematics by Computer. Second Edition: Illinois, USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Wolfram Research.
- [18] Yisa G M, Terao H. 1995. Dynamics of Tractor-implement Combinations on Slopes (Part I), J. Fac. Agr. Hokkaido Univ., 66(2): 240-262.
- [19] Zoz F M, Grisso R D. 2003. Traction and Tractor Performance. In proc: For presentation at the 2003 Agricultural Equipment Technology Conference Louisville, ASAE Publication Number 913C0403. Kentucky, 9-11 February.

SIMPLIFIED REGRESSION MODEL OF UNEVEN TRACTOR WHEEL LOAD ON SIDE SLOPE AND ITS APPLICATION

Marko Kostić, Snežana Kekić Matić, Nebojša Dedović,
Nedeljko Malinović, Mihal Meši, Lazar Savin

SUMMARY

Soil tillage is the most intensive operations in the technology of field crop production. Soil tillage by plow requires tractor movement by one side wheels to an opened furrow, therefore its side slope position. The geometry of tractors in these conditions has a significant impact on the field efficiency, economy and quality of performed operation. The aim of this paper is to formulate simplified, high reliable mathematical models that can describe the changes in the geometry of the tractor when it is in the furrow, i.e. on side slopes. In this theoretical analyse, determined mathematical models describe the function of changing the position of the center of the rear axle and center of gravity with the focus to two brands of tractors with similar characteristics. That will help us to approximate the distribution of the load on the drive wheels of tractor and moving draft line. By regression analysis of the data for both types of tractors were obtained simplified models. The coefficient of determination of 95% confidence level for all linear models have a high value ($R^2 > 0.96$). Mathematical models are determined based on the calculated specific tractor data, implying that the necessary technical knowledge have to be present.

Key words: tillage, plow, linear regression, mathematical model

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

Primljeno: 10.04.2012.

Prihvaćeno: 10.06.2012.

