

PLANIRANJE EKSPERIMENTA I ODREĐIVANJE MODELA PARAMETRA HRPAVOSTI OBRAĐENE POVRŠINE DRVETA

Elmasa Aldžić, Atif Hodžić, Damir Hodžić

Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet

33. Međunarodni kongres o procesnoj industriji
Beograd, septembar 2020.



1. UVOD

- U ovom radu je prikazan ekperiment u realnim uvjetima na uzorcima smrče, lipe i bukve, koji su prethodno dimenzionisani u čiste obratke, a nakon toga je vršena tehnološka operacija glodanja jedne od širih strana obratka na stolnoj glodalici sa mehaničkim pomakom.
- Prilikom eksperimenta pored promjene gustoće drveta ρ , mjenjali su se i kinematički parametri brzina rezanja v i brzina pomaka s' na tri različita nivoa.
- Mjerenje karakteristika hrapavosti obrađene površine Ra odrađeno je pomoću kontaktnog profilometra Mitutoyo S201.
- Stohastičkim modeliranjem ulaznih kinematičkih parametara brzine rezanja, brzine pomaka, te gustoće drveta dobiven je adakvatan model za izlazne vrijednosti linijske funkcije parametra hrapavosti Ra , koji su potvrđeni i softverskom metodom pomoću softvera Design Expert, dijagramski prikazani i analizirani.

2. PLANIRANJE EKSPERIMENTA

Osnovni uvjet za izvođenja plana eksperimenta je definisanje uslova u kojim će se izvoditi eksperiment.

Identifikacija parametara procesa predstavlja izbor parametara koji će pri modeliranju biti obuhvaćeni, realizacijom eksperimenta, optimizacijom posmatranog procesa i ostalih aktivnosti koje predstavljaju funkciju, a koje je istraživač postavio za cilj istraživanja.

Cilj eksperimentalnog istraživanja je ispitati sigifikantnost uticajnih kinematskih parametara hrapavosti obrađene površine, tj. brzine rezanja (v), brzine pomaka (s') i gustoće drveta (ρ) pri ravnom glodanju elemenata masivnog drveta debljine 24 mm, te analiza eksperimentalnih podataka sa stanovišta mogućeg postizanja niže hrapavosti obrađene površine, a da se pri tom ne ugrozi kvalitet i ukupni troškovi proizvodnje

Neophodni resursi za izvođenje eksperimenta

Eksperimentalna istraživanja vezana za ovaj rad bazirana su na mjerenju hrapavosti elemenata tri vrste drveta: smrče, lipe i bukve, koji su prethodno obrađeni u čiste obradke i nakon toga ravno glodani na stolnoj glodalici sa promjenom brzine rezanja i brzine pomaka.

Dimenzije čistih obradaka su 620 x 80 x 24 mm. Izrada čistih obradaka i operacija glodanja je rađena u doo „Aldža & Elvis“ Bosanska Otoka, mjerenje sadržaja vlage i određivanje gustoće proba je vršeno na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Bihaću, a mjerenje hrapavosti obrađene površine na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu.

Materijal

U eksperimentu su korišteni čisti obradci smrče (2x4 kom), bukve (2x4 kom) i lipe (2x6 kom), dimenzija 620 x 80 x 24 mm, koji su dimenzionisani po debljini i širini na mašinama ravnalici i debljači, a potom dimenzionisani i po dužini na dvolisnoj kružnoj pili za fino kraćenje.



Označavanje uzoraka

Tehničke karakteristike uređaja Mitutoyo S-201 su:

- maksimalno mjerno područje 360 μm ,
- grafički prikaz mjerni profil,
- mjerna staza za mjerenje dužine 16 mm,
- Cut-Off (λ) 0,08; 0,25; 0,8; 2,5 mm,
- brzina detekcije 0,25; 0,5; 0,75 mm/s.



Uređaj za mjerenje hrapavosti

Fizičke i kodirane vrijednosti X_{ji}

Varijable procesa sušenja			Kodirane vrijednosti		
			X_{j2}	X_{j3}	X_{j1}
Prirodne vrijednosti	Prirodne vrijednosti	-	-1	0	1
		$\rho (X_{1i})$	490	590	690
		$s' (X_{2i})$	2	3	4
		$v (X_{3i})$	12,5	25,0	37,5

Vrijednosti gustoće drveta određene su po standardu BAS EN 13061-2:2016 i usvojene su prosječne vrijednosti gustoće za smrču $\rho = 490 \text{ kg/m}^3$, lipu $\rho = 590 \text{ kg/m}^3$ i bukvu $\rho = 690 \text{ kg/m}^3$.

Vrijednosti brzine pomaka računata su po obrascu:

$$l_s = s/t$$

gdje je:

l_s – dužina obradka ($l_s = 0,62 \text{ m}$),

t – vrijeme ($t = 0,310; 0,207$ i $0,155 \text{ min}$).

Vrijednosti brzine rezanja dobivene su na osnovu obrasca (3.7) na osnovu prečnika glodala $D=80 \text{ mm}$ i broja obrtaja $n = 50, 100$ i 150 o/s .

Rezultati istraživanja

Rezultati eksperimenta za Ra

Broj uzor.	Prirodne vrijednosti			Kodirane vrijednosti			Eksperimentalne vrijednosti				Srednja vrijednost		
	N_j	t	φ	w	X_1	X_2	X_3	Ra		Ra		Ra	
		$^{\circ}C$	%	m/s	-	-	-	I mjerenje		II mjerenje		μm	
1	490	2,0	12,5	-1	-1	-1	7,35	7,88	7,39	7,79	7,6		
2	690	2,0	12,5	1	-1	-1	6,2	6,35	6,1	6,31	6,24		
3	490	4,0	12,5	-1	1	-1	3,3	3,35	3,8	3,96	3,6		
4	690	4,0	12,5	1	1	-1	7,15	7,8	7,25	7,6	7,45		
5	490	2,0	37,5	-1	-1	1	10,05	9,36	9,67	9,42	9,62		
6	690	2,0	37,5	1	-1	1	5,95	6,62	6,34	6,7	6,4		
7	490	4,0	37,5	-1	1	1	5,14	5,78	5,73	5,04	5,42		
8	690	4,0	37,5	1	1	1	4,35	5,38	5,02	4,45	4,8		
9	590	3,0	25,0	0	0	0	5,15	6,2	5,95	5,3	5,65		
10	590	3,0	25,0	0	0	0	6,36	5,55	6,28	5,89	6,02		
11	590	3,0	25,0	0	0	0	6,35	5,44	5,89	6,12	5,95		
12	590	3,0	25,0	0	0	0	5,55	5,69	5,98	6,09	5,82		
13	590	3,0	25,0	0	0	0	5,01	5,67	5,26	5,39	5,33		
14	590	3,0	25,0	0	0	0	4,94	5,04	5,43	5,2	5,15		

3. STATISTIČKA OBRADA I MODELIRANJE UTICAJNIH PARAMETARA

Kod planiranja eksperimenta postoji više načina za obradu podataka.

Kako je u postavci rada prikazano da trebamo koristiti tri ulazna faktora koja smo varirali na tri nivoa, minimalni, maksimalni i srednji, za izradu modela koristit ćemo centralni kompozitni plan.

To je modificirani plan eksperimenta kojeg koristimo radi veće preciznosti eksperimenta i obuhvatanja većeg eksperimentalnog prostora. Dobijamo ga kada na osnovni plan eksperimenta dodamo nove tačke u eksperimentu. Te nove tačke nalaze se u centralnoj tački eksperimenta. Na taj način dobijamo plan eksperimenta koji se zbog tačnosti modela najčešće koristi u metodologiji odzivne površine.

Centralna tačka nam daje informacije o nelinearnosti u odzivu a aksijalne tačke koje su na udaljenosti od centralne daju mogućnost konkretne procjene parametra. Ukoliko je udaljenost aksijalnih tačaka u planu eksperimenta jednaka onda je ispunjen uslov rotatabilnosti plana pa se ovakvi planovi eksperimenta često nazivaju i rotatabilni planovi.

Kod rotatabilnog plana eksperimenta sa 3 faktora može se koristiti eksperiment sa 14 ili 20 ponavljanja. U našem slučaju odabrali smo plan eksperimenta sa 14 ponavljanja od kojih su 6 u centralnoj tački.

Linearni model parametra hrapavosti R_a

Eksperiment. vrijed. parametra hrapavosti R_a za definisani plan eksperimenta

<i>Pon</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>R_a [μm]</i>
1	490	2	12,5	7,60
2	690	2	12,5	6,24
3	490	4	12,5	3,60
4	690	4	12,5	7,45
5	490	2	37,5	9,62
6	690	2	37,5	6,40
7	490	4	37,5	5,42
8	690	4	37,5	4,80
9	590	3	25,0	5,65
10	590	3	25,0	6,02
11	590	3	25,0	5,95
12	590	3	25,0	5,82
13	590	3	25,0	5,33
14	590	3	25,0	5,15

- ▶ Za određivanje linearnog modela parametra hrapavosti R_a uzet ćemo podatke sa mjerenja hrapavosti na 14 ponavljanja.
- ▶ Mjerna jedinica parametra hrapavosti R_a je [μm].

Rezultati analize varijanse za linearni model parametra hrapavosti R_a

Izvor varijacije	SS	dF	MS	F	p	Značaj
A	0,228	1	0,228	0,479	0,511	nije značajan
B	9,224	1	9,224	19,409	0,003	značajan
C	0,228	1	0,228	0,479	0,511	nije značajan
AB	7,625	1	7,625	16,044	0,005	značajan
AC	5,009	1	5,009	10,539	0,014	značajan
BC	1,133	1	1,133	2,383	0,166	nije značajan
Model	23,445	6	3,907	8,222	0,006	značajan
Ostatak	3,327	7	0,475			
Odstupanje od modela	2,718	2	1,359			
Čista greška	0,6081	5	0,122			
Ukupno	26,77135	13	2,059			

Nakon utvrđivanja značajnost ulaznih parametara u obzir će se uzeti samo oni koeficijente regresije čije su veličine značajne:

$$Y = 6,075 - 1,073X_2 + 0,976X_1X_2 - 0,791X_1X_3$$

Dekodiranje veličina X_1 , X_2 i X_3 vrši se prema izrazu:

$$X_i = \frac{f_i - \frac{(f_{imin} + f_{imax})}{2}}{\frac{(f_{imax} - f_{imin})}{2}}$$

gdje su f_{imin} i f_{imax} donja i gornja vrijednost nivoa ulaznog faktora.

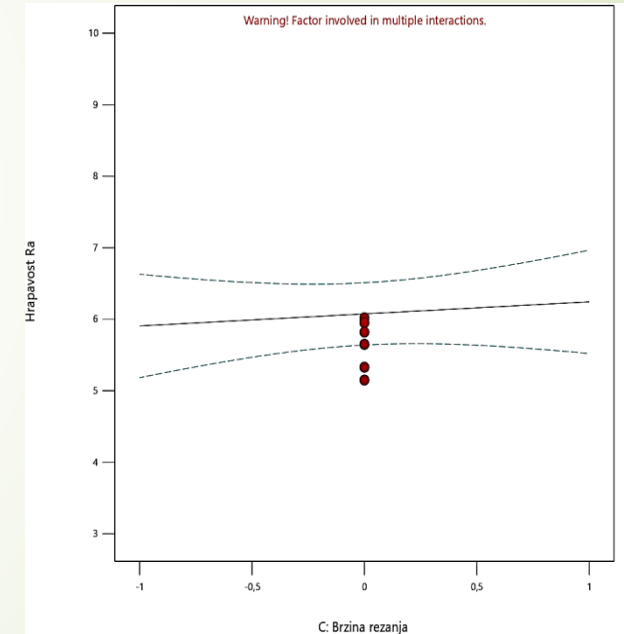
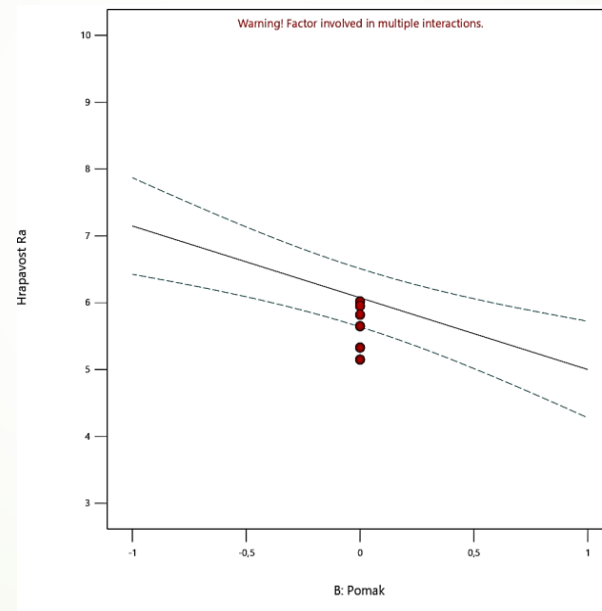
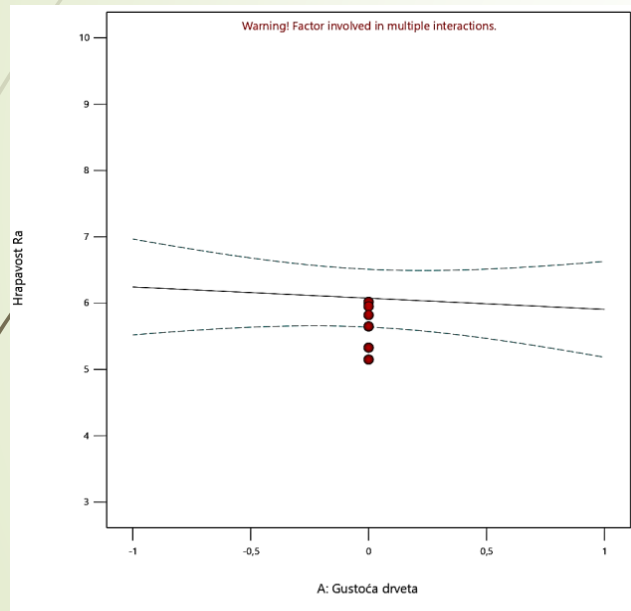
Nakon dekodiranja i sređivanja konačan izraz za linearan model parfametara hrapavosti R_a :

$$R_a = 17,2372 - 0,01346 \rho - 6,832 s' + 0,3733 v + 0,0097 \rho s' - 0,00063 \rho v$$

4. REZULTATI I DISKUSIJA

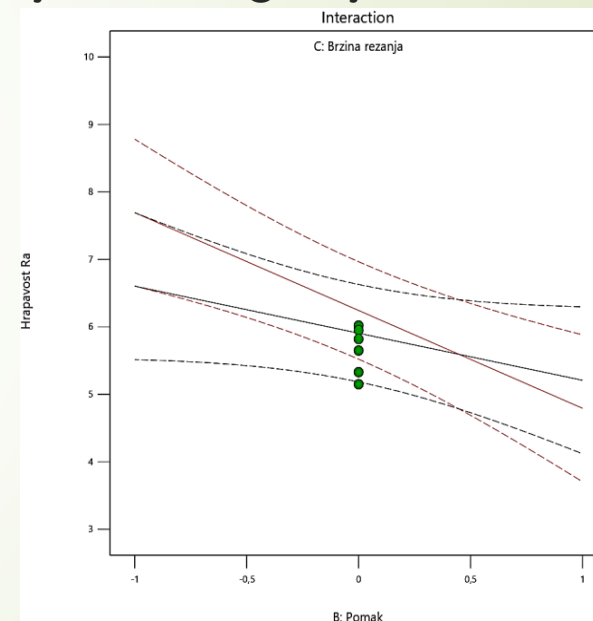
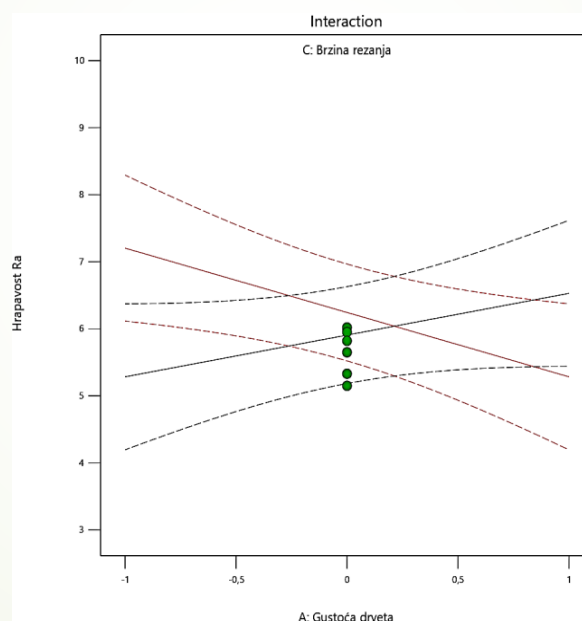
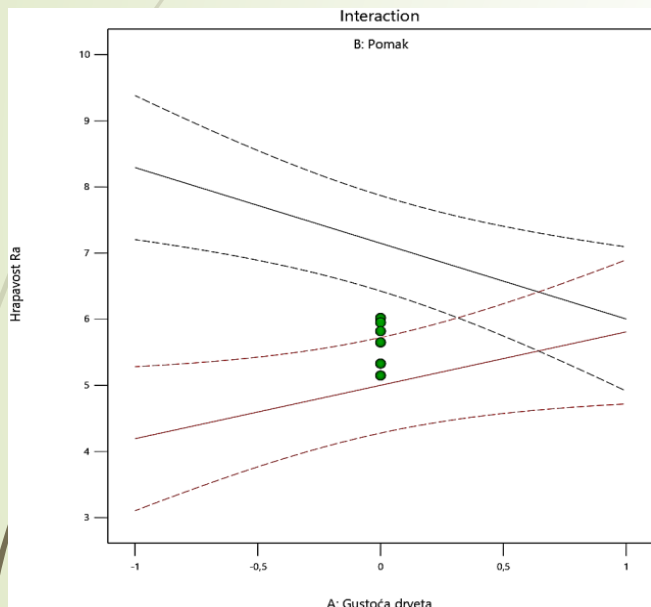
Za potrebe ovog rada i potvrđivanje dobivenih statističkih rezultata koristio se softverski paket Design Expert. To je komercijalni softver koji služi za planiranje eksperimenta i optimizaciju rezultata te statističku obradu i vizualni prikaz

Na dijagramima je prikazana zavisnost izlazne vrijednosti modela, parametra hrapavosti R_a od ulaznih veličina, gustoće drveta, pomaka i brzine rezanja. Na apscisi ulaznih veličina minimalna vrijednost prikazana je sa „-1“ a maksimalna vrijednost ulazne veličine sa „+1“. Sa dijagrama se može vidjeti da vrijednost parametra hrapavosti ne zavisi značajno od gustoće drveta i brzine rezanja dok je parametar hrapavosti najveći za minimalnu vrijednost pomaka a kako veličina pomaka raste tako se i parametar hrapavosti R_a smanjuje.



Zavisnost izlazne vrijednosti modela hrapavosti R_a od ulaznih veličina eksperimenta
a) gustoća drveta; b) pomak; c) brzina rezanja

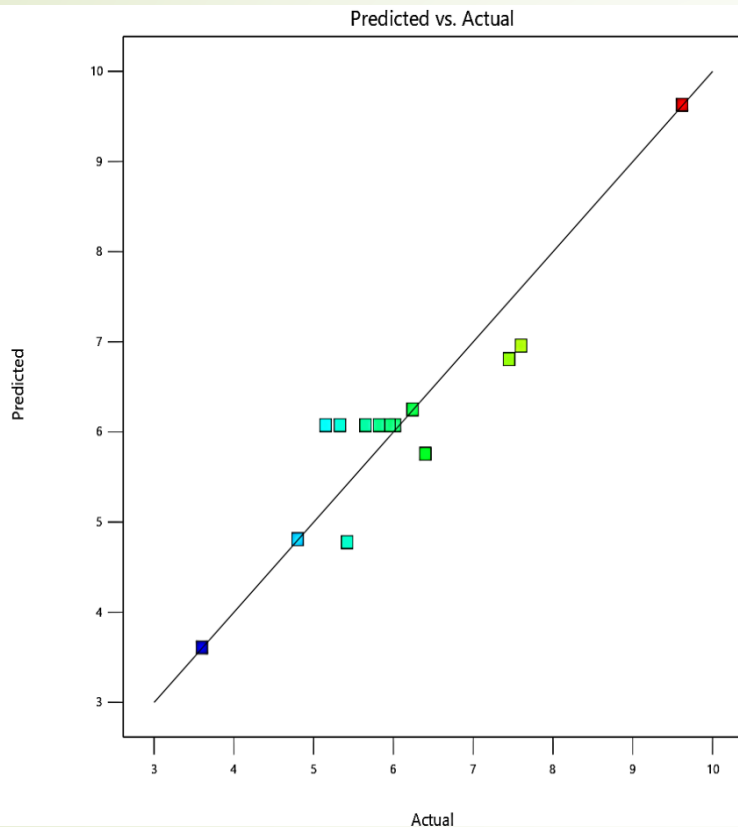
Na dijagramima na slici je prikazana zavisnost izlazne vrijednosti modela, parametra hrapavosti R_a od međusobne interakcije ulaznih veličina. Na apscisi međusobne interakcije ulaznih veličina minimalna vrijednost prikazana je sa „-1“ a maksimalna vrijednost ulaznih veličina sa „+1“. Sa dijagrama se može vidjeti da interakcija između pomaka i brzine rezanja nije značajna za vrijednost izlazne veličine dok kod interakcije između gustoće drveta i pomaka te gustoće drveta i brzine rezanja je značajna što je potvrđeno i kroz tabelu analize varijanse i značajnost koeficijenata regresije.



Zavisnost izlazne vrijednosti modela hrapavosti R_a od interakcije između ulaznih veličina eksperimenta a) gustoća drveta – pomak; b) gustoća drveta – brzina rezanja; c) pomak - brzina rezanja

Hrapavost Ra

Color points by value of
Hrapavost Ra:
3,6 9,62



*Raspored eksperimentalnih i
modelskih vrijednosti parametra
hrapavosti R_a*

Grafički je moguće prikazati i raspored eksperimentalnih i modelskih vrijednosti parametra hrapavosti R_a .

Ovaj dijagram pomaže da se otkriju stanja eksperimenta u kojima izlazne vrijednosti nemaju dobra poklapanja sa eksperimentalnim veličinama. Prema teoriji, tačke podataka trebaju biti ravnomjerno raspodjeljene u odnosu na liniju koja bi trebala biti pod uglom od 45° .

U primjeru linearnog modela izlazne veličine parametra hrapavosti R_a na horizontalnoj osi su eksperimentalne a na vertikalnoj modelske vrijednosti i raspored modelskih vrijednosti u odnosu na eksperimentalne je dobar.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

- Na kvalitet obrađene površine drveta utiče veliki broj faktora kao što su: fizičke i mehaničke osobine drveta, anatomska građa drveta, te tehnološki parametri procesa obrade. Tehnološki parametri koji utiču na kvalitet obrađene površine su brzina rezanja, brzina pomaka, dubina rezanja, geometrija oštrice sječiva, debljina i tip strugotine.
- Jedna od izlaznih karakteristika svake proizvodnje pored ekonomičnosti, proizvodnosti, i rentabilnosti, je kvalitet obrade.
- Statističkom obradom rezultata eksperimenta i analizom dobivenih modela za R_a koristeći komercijalni softver Design Expert može se zaključiti da hrapavost obrađene površine glodanjem, kako po eksperimentalnim, tako i po modelskim rezultatima za izmjerene karakteristike hrapavosti R_a pripada klasi N9 površinske hrapavosti po standardu ISO M.A1.020. Kao visoko značajan parametar za kvalitet obrađene površine pokazao se kinematički parametar režima obrade brzina pomaka. Hrapavost obrađene površine se povećava sa povećanjem brzine pomaka. Raspored modelskih vrijednosti u odnosu na eksperimentalne vrijednosti je zadovoljavajući.