

Modeliranje Sile rezanja Regresijskom analiom

Opis Eksperimentalnog istraživanja

Izvršeno je eksperimentalno istraživanje sile rezanja, pri čemu se mjerila sila rezanja u funkciji parametara obrade i hrapavosti obrađene površine. Hrapavost i parametri obrade koji su bili predmet mjerenja predstavljali su:

- Hrapavost obradne površine HRc [MPa],
- Brzina rezanja, vc [m/mm],
- Posmak obrade, f [mm/o],
- dubina rezanja ap [mm].

Sila rezanja mjerila se u sva tri pravca i to:

- Aksijalna Sila rezanja, Fa [N]
- Radijalna Sila rezanja, Fr [N] i
- Tangencijalna Sila rezanja Ft [N].

Ukupno je izvršeno 38 mjerenja, pri čemu su se varirali ulazni parametri u sljedećim intervalima:

- Brzina rezanja, u intervalu od 50 - 300,
- Posmak obrade, u intervalu od 0,05 do 0,2,
- dubina rezanja u intervalu od 0.15 do 0.4.

Zadatak predstavlja regresijsku analizu i modeliranje sile rezanja u funkciji ulaznih parametara da bi se dobili pouzdani modeli za predviđanje sile rezanja za različite parametre obrade.

Eksperimentalni podaci prikazani su u narednoj tabeli:

```
library(readr)
cf_data <- read_delim("C:/sc/git/github/MSM01102/Vjezbe/Sila_rezanja/sila_rezanja_data.txt",
  "\t", escape_double = FALSE, col_types = cols(HRc = col_double(),
    RB = col_skip(), f = col_double(),
    vc = col_double()), locale = locale(decimal_mark = ","),
  grouping_mark = "."), trim_ws = TRUE,
  skip = 2)
cf_data
```

```
## # A tibble: 38 × 7
##   HRc    vc    f    ap    Fa    Fr    Ft
##   <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <int> <int> <int>
## 1    45   100  0.10  0.20    56   104   128
## 2    45   150  0.05  0.20    20    51    50
## 3    45   150  0.08  0.20    28    69    75
## 4    45   150  0.10  0.20    28    71    83
## 5    45   150  0.10  0.30    60   118   135
## 6    45   150  0.10  0.40    82   129   174
## 7    45   150  0.20  0.38    40   120   151
## 8    45   200  0.10  0.20    33    79    91
## 9    50   100  0.10  0.20    41   111   106
## 10   50   150  0.05  0.20    35   103    69
## # ... with 28 more rows
```

Regresijska Analiza

Na osnovu eksperimentalnog istraživanja koje je sprovedeno, te identificiranih ulaznih i izlaznih parametara regresijska analiza sprovodi se na:

- 4 ulazna parametra i
- 3 izlazne varijable.

Rezultat regresijske analiza predstavljat će izračunavanje regresijskih modela nad tri izlazne varijable Fa, Fr i Ft.

Analiza podataka

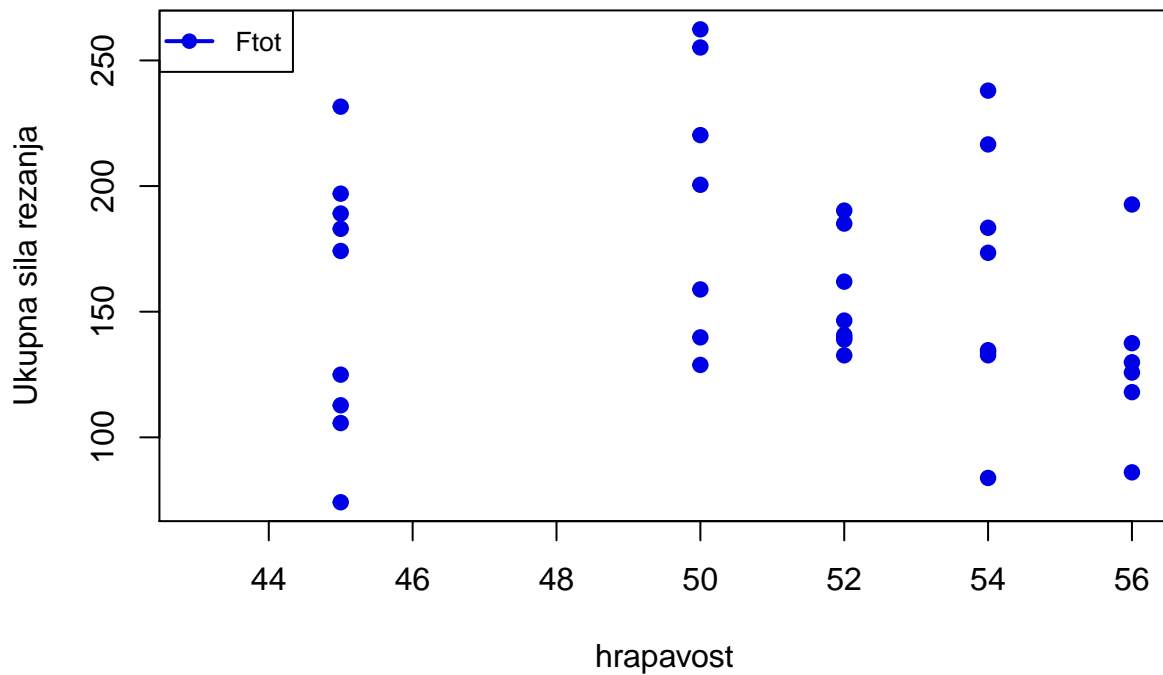
Na samom početku potrebno je izvršiti analizu dobijenih podataka. Najbrži način dobijanja globalne slike o podacima jeste predstaviti podatke u obliku grafikona.

U ovoj analizi odredi ćemo ukupnu komponentu sile rezanja i posmatrati je kao jednu izlazu varijablu. To znači da ćemo dodati novu kolonu u eksperimentu koja će predstavljati ukupnu silu rezanja.

```
#Ftot nova kolona u eksperimentalnim podacima koja predstavlja totalnu dsilu rezanja  
# a dobijena je jednostavnim izračunavanjem internziteteta sve tri kkomponente  
cf_data$Ftot=with(cf_data, sqrt(Fa^2+Ft^2+Fr^2));
```

Izvršićemo grafički prikaz podataka u obliku dijagrama raspršenosti i vidjeti kako su podaci organizirani iz grafičke perspektive. Prikažimo dijagrame raspršenosti preko funkcije “plot”:

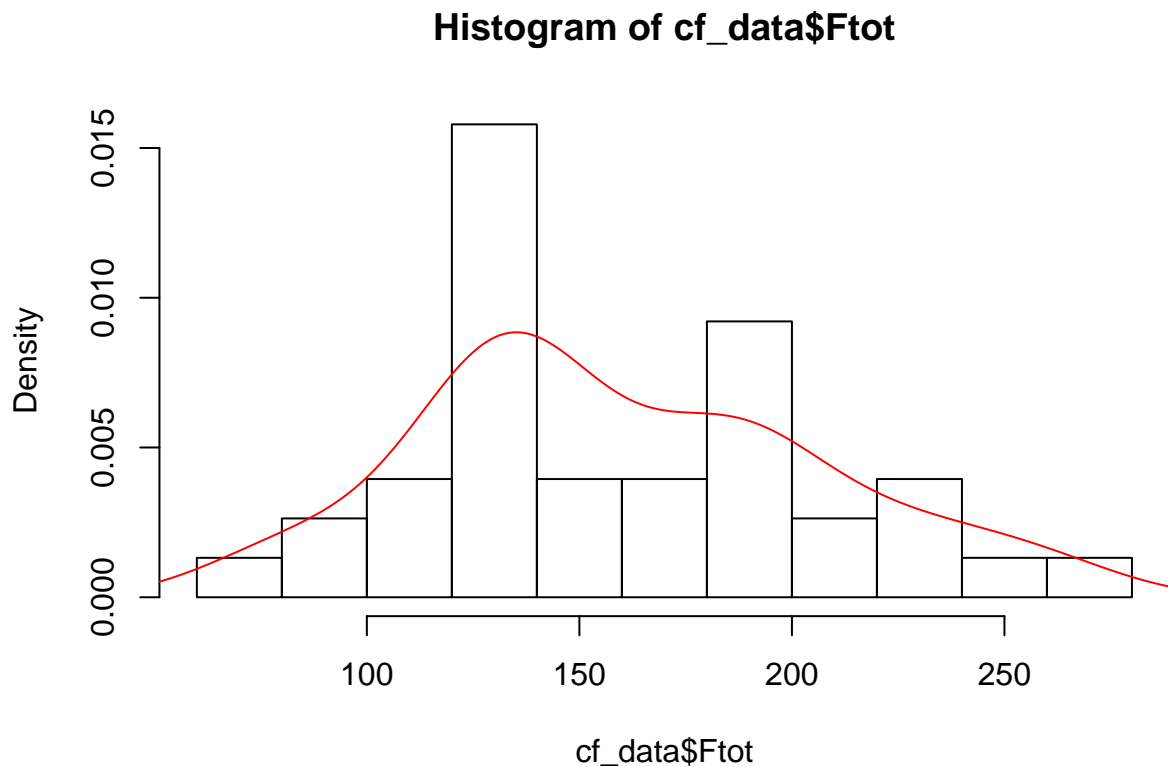
```
# Define colors to be used for cars, trucks, suvs  
plot_colors <- c(rgb(r=0.0,g=0.0,b=0.9), "red", "forestgreen")  
  
plot(cf_data$HRc,cf_data$Ftot, col=plot_colors[1], type = "p", pch = 19, xlim = range(43,56), ylim = range(0,100))  
  
# nazivi x i y osa  
title(xlab="hrapavost")  
title(ylab="Ukupna sila rezanja")  
  
# Create a legend in the top-left corner that is slightly  
# smaller and has no border  
legend("topleft", names(cf_data[c(8)]), cex=0.8, col=plot_colors,  
      lwd=2, pch = 19);
```



Prethodni dijagram pokazuje sile rezanja u funkciji hrapavosti obratka. Kako se može vidjeti, aksijalna sila ima najmanji intenzitet, dok radijalne i tangencijalne komponente imaju veće vrijednosti. Iz prezentiranog dijagrama ne može se odrediti linearna ovisnost sile rezanja i hrapavosti. Kvadratna ovisnost može se nazirati iz prikazanih vrijednosti.

Donjim dijagramom moguće je pokazati raspodjelu sile rezanja.

```
hist(cf_data$Ftot, prob = TRUE );
lines(density( cf_data$Ftot), col="red" )
```

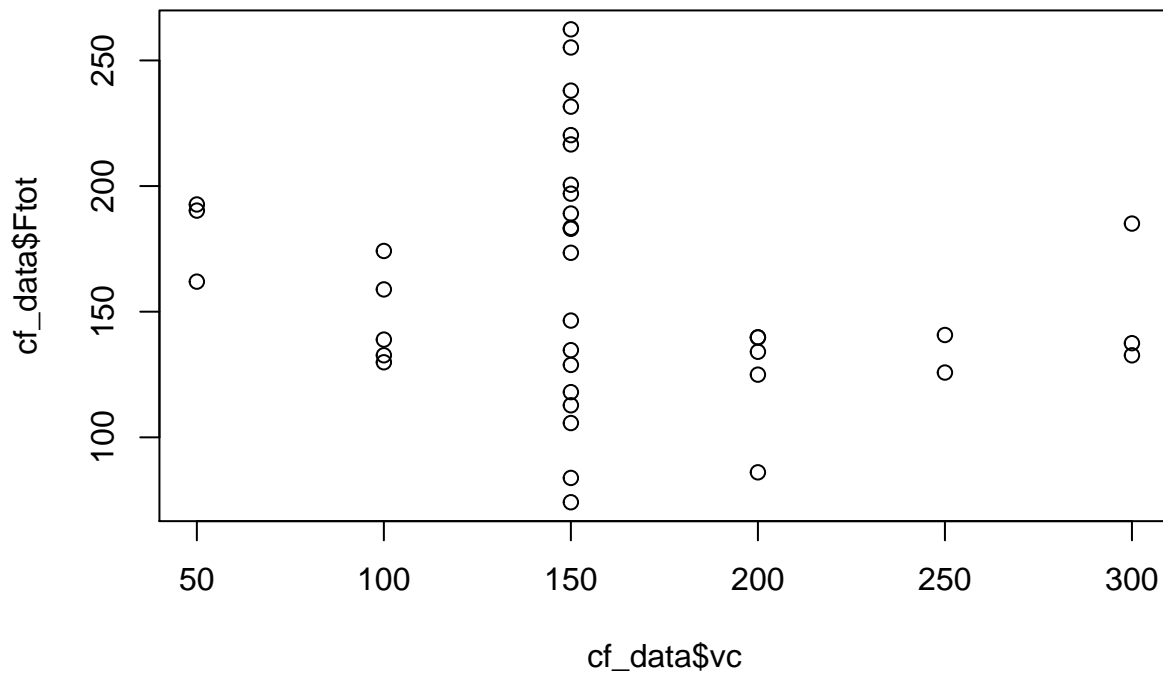


Iz raspodjela komponenata sile rezanja uočavamo normalnu distribuciju, kojoj sve komponente Ft, Fa i Fr teže.

Korelacijska analiza parametara

U ovom dijelu analiziraćemo međusobnu zavisnost odnosno korelaciju među varijablama. Najjednostavnii pristup određivanja uzajamne korelacije među varijablama predstavlja jednostavan dijagrama raspršenosti između dvije varijable. Da bi grafički prikazali uzajamnu korelaciju među brzine rezanja i totalne sile rezanja korist ćemo funkciju plot:

```
plot(cf_data$vc,cf_data$Ftot)
```



Iz prethodnog dijagrama možemo uočiti da nema značajnije korelacije između ove dvije varijable. Ukoliko bi htjeli da se uvjerimo u to pozvamo funkciju za izračunavanje korelacije među dvije varijable:

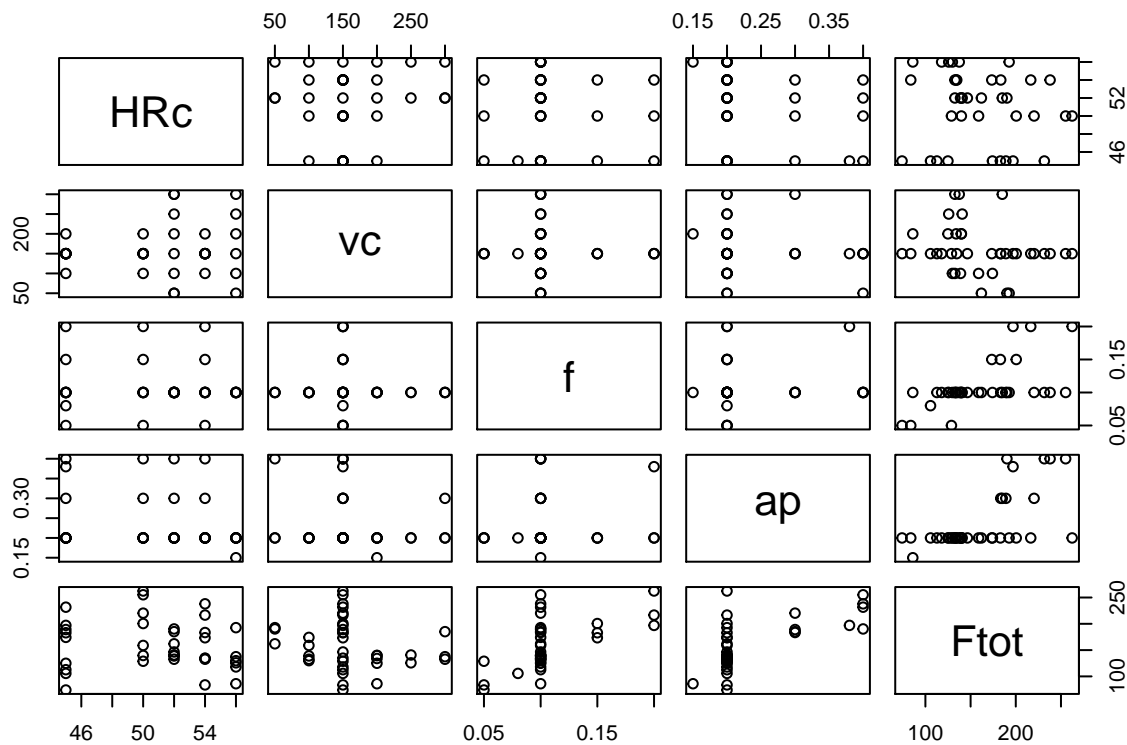
```
cor(cf_data$vc, cf_data$Ftot)
```

```
## [1] -0.1988477
```

Vidimo da je $r(vc, Ftot) = -0.1988$ što predstavlja vrlo malu korelaciju među varijablama.

Korištenjem funkcije `pairs` možemo dobiti grafičku reprezentaciju korelacije među svakom od varijabli u eksperimentu.

```
pairs(cf_data[c(1,2,3,4,8)])
```



Iz gornjih dijagrama da posmak f i dubina rezanja imaju određenu vrstu korelacije sa silom rezanja.

Odredimo sve vrijednosti korelacije u našim eksperimentalnim podacima tako što ćemo funkciji `cor` proslijediti varijablu `cf_data`.

```
cor(cf_data[c(1,2,3,4,8)])
```

```
##           HRc           vc           f           ap           Ftot
## HRc      1.00000000  0.10643454 -0.05828263 -0.22035056 -0.1198057
## vc      0.10643454  1.00000000 -0.03319519 -0.12193985 -0.1988477
## f      -0.05828263 -0.03319519  1.00000000  0.09076166  0.5787220
## ap      -0.22035056 -0.12193985  0.09076166  1.00000000  0.6425137
## Ftot    -0.11980572 -0.19884771  0.57872202  0.64251374  1.0000000
```

Iz korelacijske tabele u kojoj su prikazane sve vrijednosti koeficijenta korelacije uočavamo da postoji donekle veza srednje jačina (vrijednosti r oko 0.5-0.6) između totalne sile rezanja i posmaka koja iznosi 0.5787, te totalne sile rezanja i dubine rezanja koja iznosi 0.6425. Da bi korelacijska analiza bila i potvrđena potrebno je izvršiti test korelacijske analize te odrediti da li je korelacija značajna. Testiranje korelacijske analize vršimo preko:

```
cor.test(cf_data$vc, cf_data$Ftot)
```

```
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: cf_data$vc and cf_data$Ftot
## t = -1.2174, df = 36, p-value = 0.2314
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
```

```
## -0.4875390 0.1290384
## sample estimates:
##      cor
## -0.1988477
```

Rezultat korelacijskog testa za brzinu i silu rezanja pokazuju da je $r(36)=-0.19$ a $p\text{-value}=0.2314$ zbog čega zaključujemo da je korelacija ove dvije varijable vrlo slaba, odnosno test signifikantnosti korelacije odnosno test značajnosti korelacije pokazuje slabu korelaciju.

Testirajmo značajnost korelacije između dubine i sile rezanja.

```
cor.test(cf_data$ap,cf_data$Ftot)
```

```
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: cf_data$ap and cf_data$Ftot
## t = 5.0309, df = 36, p-value = 1.367e-05
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## 0.4062809 0.7982382
## sample estimates:
##      cor
## 0.6425137
```

Iz prikazanog rezultata korelacijskog test vidimo da dubina i sila rezanja imaju snažnu korelaciju koju potvrđuje test značajnosti korelacije i $p\text{-value}=1.367e-05$ što prestavlja vrlo malu vrijednost u odnosu na graničnu vrijednost 0.05. Takoše iz test možemo uočiti interval pouzdanosti koji se kreće od 0.4062809 0.7982382.

Linearni regresijski model

Nakon analize podataka moguće je definisati prvi model koji će predstavljati linearni regresijski model. Iako već iz korelacijske analize možemo uvidjeti da linearni model neće biti pouzdan, ipak sprovedimo ovu proceduru. Linearni regresijski model definišemo preko `lm` funkcije.

```
l_model = lm(Ftot ~ HRc + vc + f + ap, data = cf_data);
l_model
```

```
##
## Call:
## lm(formula = Ftot ~ HRc + vc + f + ap, data = cf_data)
##
## Coefficients:
## (Intercept)      HRc          vc           f           ap
## -26.61275      0.64188     -0.08733     714.48284     387.49965
```

Iz prikazanog primjera vidimo da smo funkciji `lm` definisali formulu modela “ $F_{tot} \sim HRc + vc + f + ap$ ”, pri čemu na lijevoj strani tilda simbola predstavlja izlazu varijablu, a s desne strane imamo prediktora koji su povezani + operacijom. + operacija označava linearnu zavisnost parametara od izlazne varijable. Rezultat modeliranja prikazan je tabelom koja prikazuje korefijecijente regresije: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 i b_4 .