Neparametrijska statistika i statistika kategoričkih podataka

Lucija Kanjer, lucija.kanjer@biol.pmf.hr

2025-01-07

Sadržaj praktikuma

- Uvod u rad u programskom okruženju R i osnovne funkcije, instaliranje programskih paketa
- Unos podataka u programsko okruženje R, struktura objekata
- Rad s objektima i podacima te definiranje bioloških varijabli u R-u
- Grafički prikaz bioloških podataka i testiranje razdiobe podataka u R-u
- Primjeri osnovnih statističkih analiza kategoričkih i numeričkih varijabli u biološkim istraživanjima u R-u
- Regresije i korelacije, linearni modeli bioloških podataka – primjeri u R-u
- Primjena parametrijskih statističkih testova bioloških podataka u R-u
- ***Primjena neparametrijskih statističkih testova bioloških podataka u R-u***
- Primjeri multivarijatnih analize bioloških podataka u R-u - linearni modeli, klaster analize i ordinacijske analize

Sadržaj ove vježbe

Neparametrijska statistika

- Wilcoxon-Mann-Whitney test
- Wilcoxon test za uparene uzorke

Statistika kategoričkih podataka

- Chi-kvadrat test
- Binomialni test

Tema: pokusi s klijancima biljaka

- Pokus 1: Je li broj klijanaca značajno drugačiji bez i s dodatkom gnojiva?
- Pokus 2: Je li broj plodova na biljkama značajno drugačiji prije i poslije dodatka gnojiva?
- Pokus 3: Je li broj klijanaca iz 3 različita gnojiva značajno drugačiji od očekivanog?
- Pokus 4: Je li broj uspješno proklijanih sjemenki 60%?

Otvorite skriptu!

```
# Učitavanje paketa
library(ggplot2)
```

Neparametrijska statistika - neovisni uzorci

Pokus 1: Broj uspjeha klijanja sjemenki bez gnojiva (kontrola) i s gnojivom

Je li broj klijanaca značajno drugačiji bez i s dodatkom gnojiva?

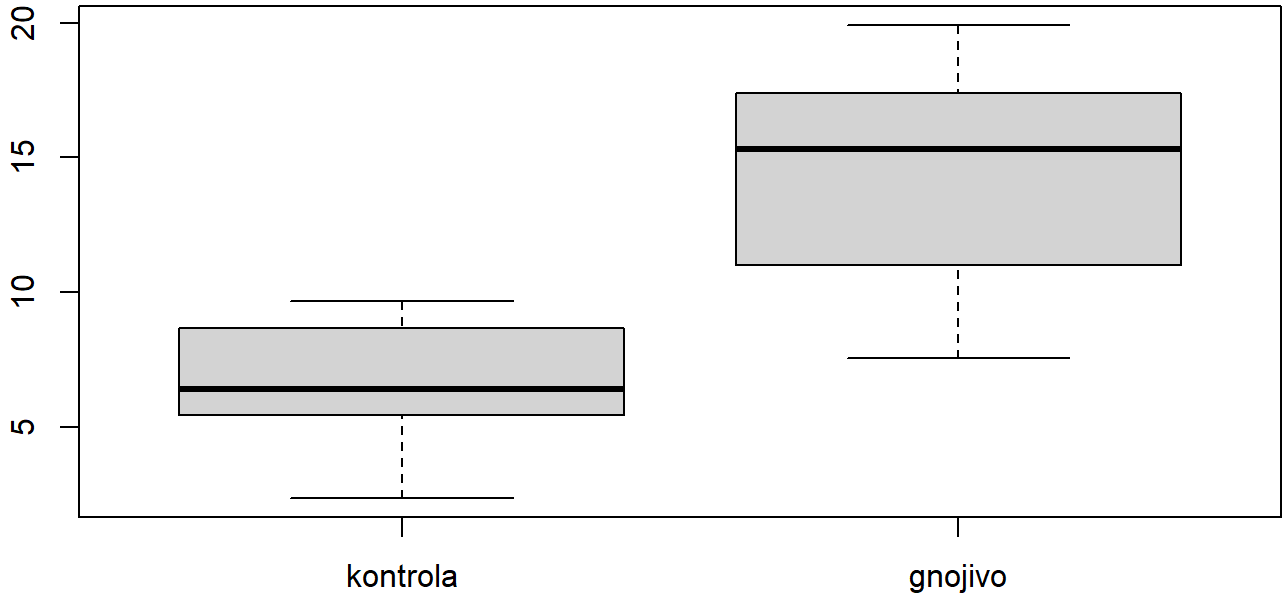
```
# Učitavanje dataseta
biljke_pokus1 <- read.csv("biljke_pokus1.csv")

# Uvid u podatke
head(biljke_pokus1)
```

```
##   kontrola   gnojivo
## 1 4.300620 18.697725
## 2 8.306441 10.199141
## 3 5.271815  7.546774
## 4 9.064139 11.262969
## 5 9.523738 19.408547
## 6 2.364452 18.564011
```

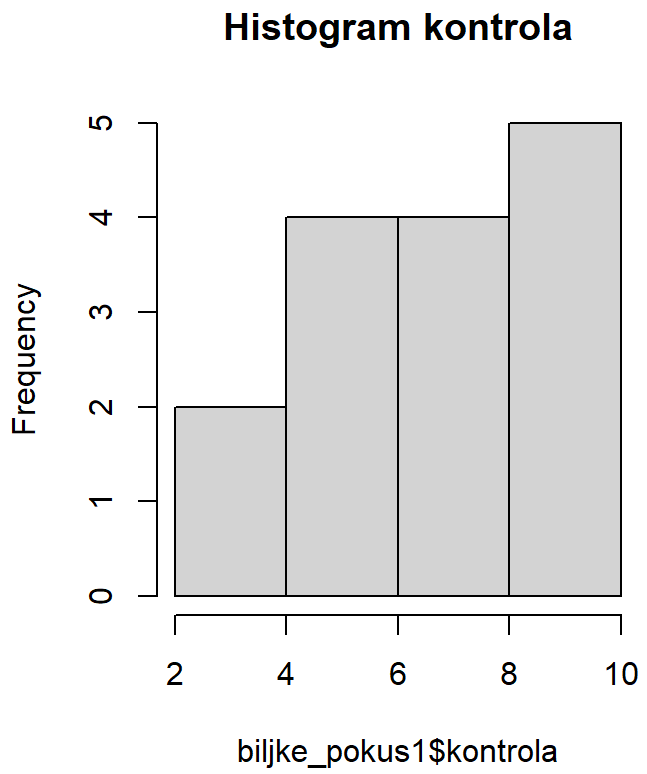
Vizualizacija pomoću boxplota

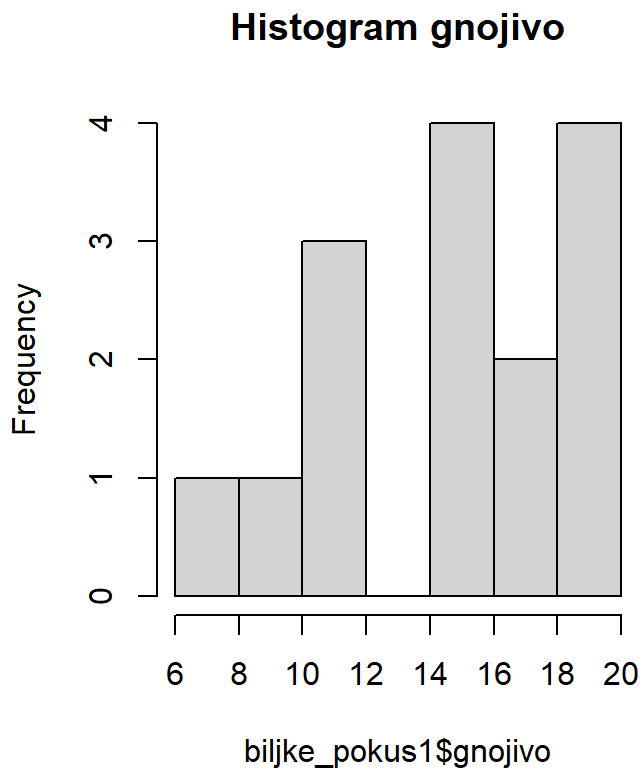
```
# Vizualizacija podataka iz pokusa 1
boxplot(biljke_pokus1)
```



Vizualizacija distribucije podataka

```r
# Histogrami
par(mfrow = c(1, 2)) # prikaz u 1 redu i 2 stupca
hist(biljke_pokus1$kontrola, main = "Histogram kontrola")
hist(biljke_pokus1$gnojivo, main = "Histogram gnojivo")
```






```r
par(mfrow = c(1, 1)) # vraćanje na staro
```

Ima li statistički značajne razlike između grupa kontrola i gnojivo?

- Podaci **nisu normalno distribuirani**, stoga ne možemo koristiti t-test!
- Moramo koristiti test koji **ne pretpostavlja** normalnu distribuciju podataka.
- Koristimo **neparamatrijsku statistiku**

Wilcoxon-Mann-Whitney rank-sum test (Mann-Whitney U)

- neparametrijska verzija t-testa
- Prednosti: nema pretpostavke o distribuciji podataka, pogodan za mali broj opažanja
- Mane: manja statistička snaga testa

Wilcoxon-Mann-Whitney test za neovisne uzorke

```
wilcox.test(grupa1, grupa2)
```

```
# Wilcoxon-Mann-Whitney test za neovisne uzorke
wilcox.test(biljke_pokus1$kontrola, biljke_pokus1$gnojivo)
```

```
##
##  Wilcoxon rank sum exact test
##
## data:  biljke_pokus1$kontrola and biljke_pokus1$gnojivo
## W = 9, p-value = 1.251e-06
## alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
# Spremite rezultate testa u objekt "wilcoxon_test"
wilcoxon_test <- wilcox.test(biljke_pokus1$kontrola, biljke_pokus1$gnojivo)
```

Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testa

Nulta hipoteza: Ne postoji značajna razlika između broja klijanaca u konrolnoj grupi i u grupi koja je tretirana gnojivom.

- **W = 9** - Ovo je statistika testa, koja predstavlja rang-sum razliku između skupina. Sama po sebi nema biološki značaj, ali se koristi za izračunavanje p-vrijednosti.
- **p-value = 1.251e-06** - Ovo je jako mala p-vrijednost, znatno manja od uobičajene razine značajnosti (npr., 0.05).
- Značajna p-vrijednost ukazuje na **odbacivanje nul-hipoteze** (da ne postoji razlika između distribucija dvije skupine).
- Implikacije: Tretman gnojivom vjerojatno ima učinak na uspjeh biljaka (npr., povećava ili smanjuje uspjeh u odnosu na kontrolu)

Neparametrijska statistika - upareni uzorci

Pokus 2: broj plodova prije i poslije dodatka gnojiva

Je li broj plodova na biljkama značajno drugačiji prije i poslije dodatka gnojiva?

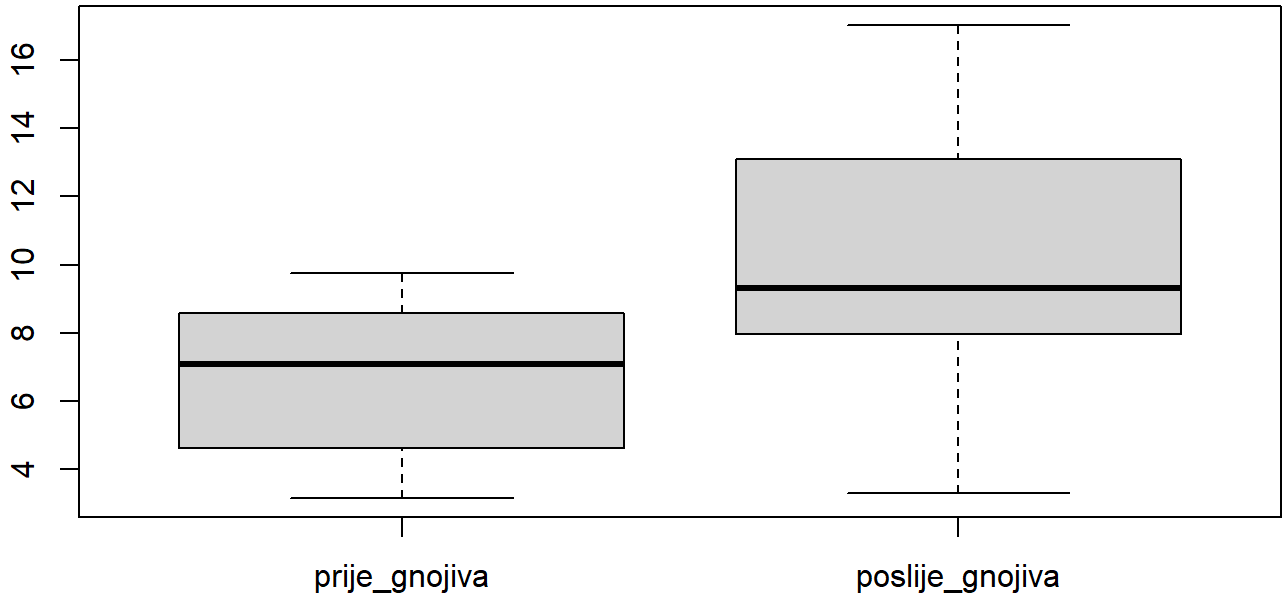
```
# Učitajte dataset!
biljke_pokus2 <- read.csv("biljke_pokus2.csv")

head(biljke_pokus2)
```

```
##   prije_gnojiva poslije_gnojiva
## 1      9.741170        9.740370
## 2      9.316093       13.119742
## 3      7.834937       11.627078
## 4      8.568272       11.732108
## 5      3.172296        3.306522
## 6      6.344572        6.287857
```

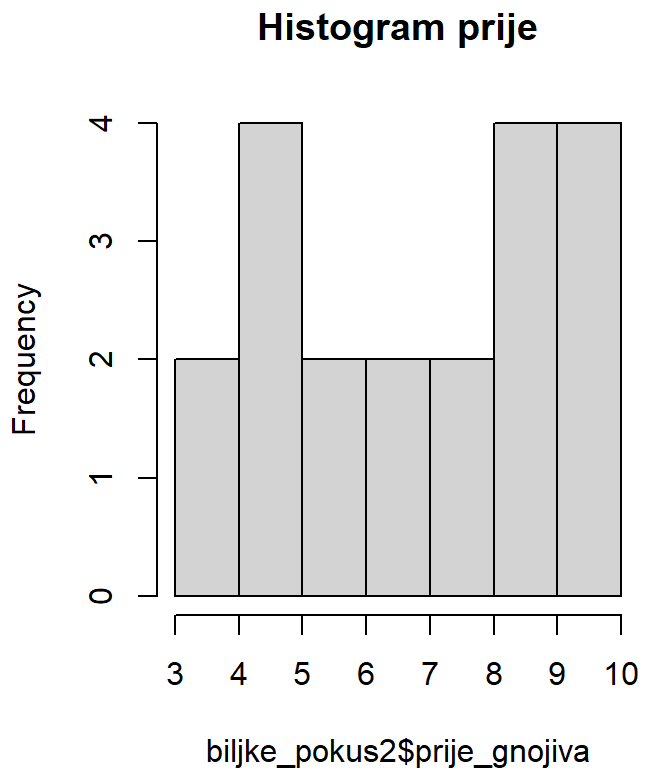
Vizualizacija pomoću boxplota

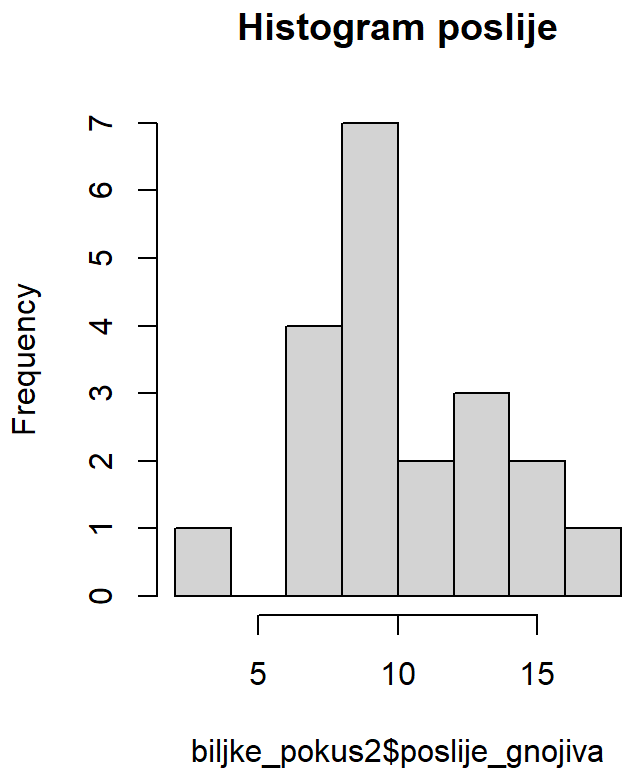
```
# Vizualizacija podataka iz pokusa 2
boxplot(biljke_pokus2)
```



Vizualizacija distribucije podataka

```r
# Histogrami
par(mfrow = c(1, 2)) # prikaz u 1 redu i 2 stupca
hist(biljke_pokus2$prije_gnojiva, main = "Histogram prije")
hist(biljke_pokus2$poslije_gnojiva, main = "Histogram poslije")
```






```r
par(mfrow = c(1, 2)) # vraćanje na staro
```

Ima li statistički značajne razlike između broja plodova na biljci prije i nakon dodatka gnojiva?

- koristimo neparametrijski test za uparene uzorke

Wilcoxon signed rank test

- neparametrijska verzija t-testa za uparene (ovisne) uzorke

Wilcoxonov test za uparene uzorke

`wilcox.test(prije, poslije, paired = TRUE)`

```
# Wilcoxonov test za uparene uzorke
wilcox.test(biljke_pokus2$prije_gnojiva, biljke_pokus2$poslije_gnojiva,
            paired = TRUE)
```

```
##
##  Wilcoxon signed rank exact test
##
## data:  biljke_pokus2$prije_gnojiva and biljke_pokus2$poslije_gnojiva
## V = 20, p-value = 0.0007076
## alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
# Spremite rezultate testa u objekt "wilcoxon_test_paired"
wilcoxon_test_paired <- wilcox.test(biljke_pokus2$prije_gnojiva, biljke_pokus2$poslije_gnojiva,
                                    paired = TRUE)
```

Rezultati Wilcoxonovog testa za uparene uzorke

- V = 20 - Ovo je statistika testa, koja predstavlja sumu rangova apsolutnih razlika između uparenih mjerenja. Sama po sebi nije intuitivna, ali se koristi za izračun p-vrijednosti.
- **p-value = 0.0007076** - Ovo je jako mala p-vrijednost, što ukazuje na značajnu razliku između uparenih skupina.

Statistika kategoričkih podataka

Pokus 3: Postotak uspješno proklijalih sjemenki gnojiva A, gnojiva B i kontrolne skupine

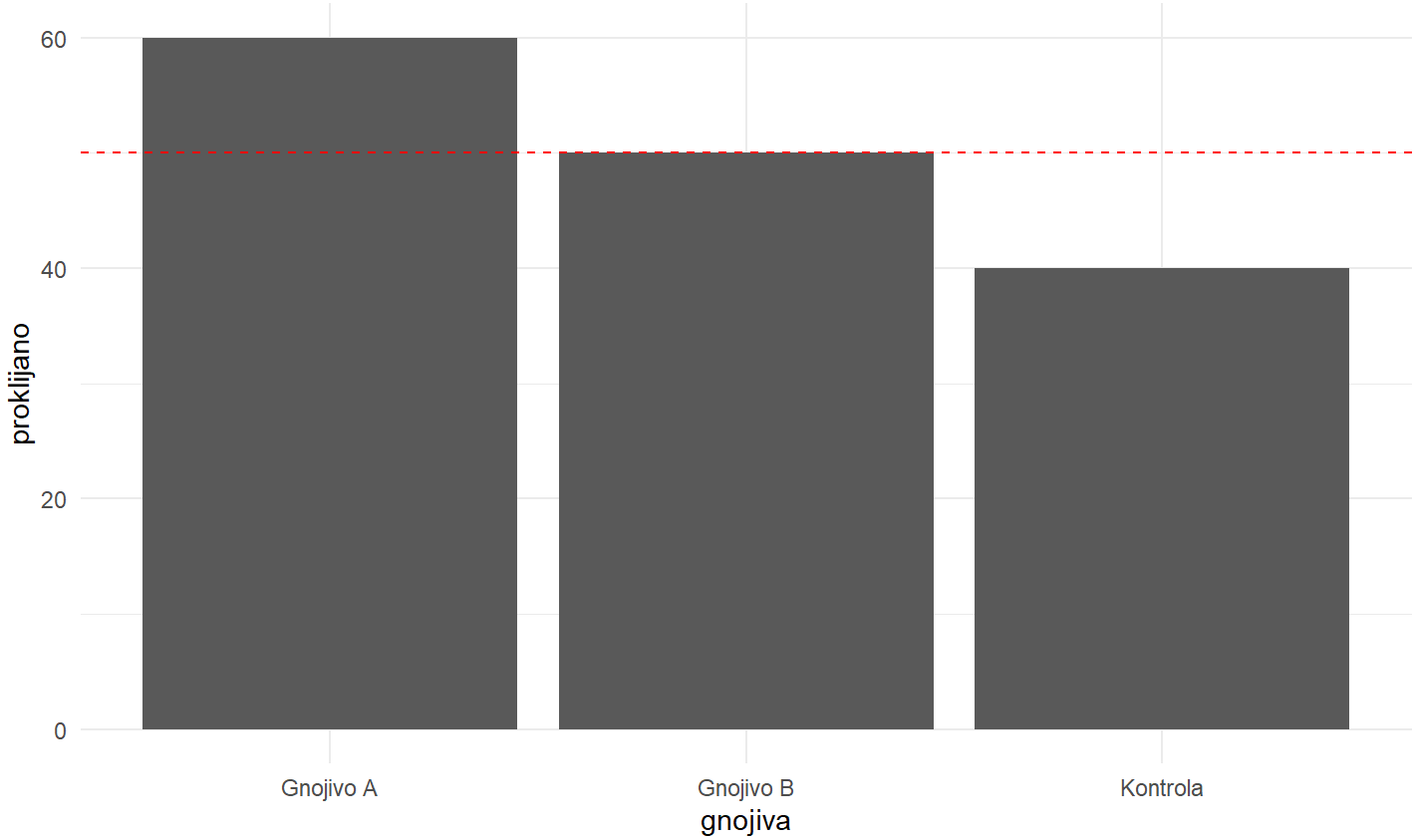
Je li broj klijanaca iz 3 različita gnojiva značajno drugačiji od očekivanog (svi podjednaki uspjeh)?

```
# Učitajte dataset!
biljke_pokus3 <- read.csv("biljke_pokus3.csv")

print(biljke_pokus3)
```

```
##     gnojiva proklijano ocekivano
## 1 Gnojivo A         60        50
## 2 Gnojivo B         50        50
## 3  Kontrola         40        50
```

```r
# Vizualizacija podataka
ggplot(biljke_pokus3, aes(x = gnojiva, y = proklijano)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  geom_hline(aes(yintercept = ocekivano), color = "red", linetype = "dashed") +
  theme_minimal()
```



Hi-hvadrat test

Kada koristiti?

Tip podataka: Test se koristi za **kategoričke podatke**, gdje analiziramo brojeve u različitim kategorijama .

Očekivane frekvencije: Test procjenjuje **odstupanja između promatranih frekvencija i očekivanih frekvencija**, koje su definirane na temelju očekivane raspodjele (npr. jednake raspodjele za svaku kategoriju).

Hi-hvadrat test

```
chisq.test(promatrano, p = ocekivano / sum(ocekivano))
```

```
# Hi-kvadrat test
chisq.test(biljke_pokus3$proklijano, p = biljke_pokus3$ocekivano / sum(biljke_pokus3$ocekivano))
```

```
##
##  Chi-squared test for given probabilities
##
## data:  biljke_pokus3$proklijano
## X-squared = 4, df = 2, p-value = 0.1353
```

```
# Spremite test u objekt "hikvadrat_test"
hikvadrat_test <- chisq.test(biljke_pokus3$proklijano, p = biljke_pokus3$ocekivano / sum(biljke_poku
```

Rezultati hi-kvadrat testa

- Chi-kvadrat statistika: ***X*-squared** = 4: Ovo je testna statistika koja mjeri koliko promatrane vrijednosti odstupaju od očekivanih vrijednosti. Veće vrijednosti ukazuju na veća odstupanja između promatranih i očekivanih frekvencija.
- Stupnjevi slobode (df): **df = 2**: Broj stupnjeva slobode u ovom testu je broj kategorija minus 1 (3 kategorije - 1 = 2).
- p-vrijednost: **p-value = 0.1353**: Ova p-vrijednost je veća od uobičajene razine značajnosti (npr., 0.05). stoga ne možemo odbaciti nul hipotezu. Nema značajnih razlika između promatranih frekvencija proklijalih sjemenki i očekivanih vrijednosti. Razlike u broju proklijalih sjemenki između kategorija (Gnojivo A, Gnojivo B i Kontrola) mogle su se dogoditi slučajno.

Statistika binomnih podataka

Pokus 4: Razvijamo novo gnojivo te želimo testirati je li bolje od starog gnojiva. Znamo da staro gnojivo ima stopu klijanja 60%. Od 25 sjemenki, 18 je uspješno proklijalo.

Je li broj uspješno proklijanih sjemenki statistički značajno drugačiji od 60%?

```
# Učitavanje dataseta
biljke_pokus4 <- read.csv("biljke_pokus4.csv")

print(biljke_pokus4)
```

```
##   klijanci broj_sjemenki vjerojatnost
## 1       18            25          0.6
```

Koristimo binomialni test

Kada koristiti binomialni test?

- Kada analiziramo **binarne podatke** (uspjeh/neuspjeh).
- Kada želite testirati vjerojatnost uspjeha u odnosu na **poznatu ili pretpostavljenu** vrijednost.
- Kada je **uzorak malen**, pa aproksimativne metode nisu dovoljno precizne.

Binomialni test u R-u

```
binom.test(uspjesi, pokušaji, p = vjerojatnost)
```

```
# Binomialni test
binom.test(biljke_pokus4$klijanci, biljke_pokus4$broj_sjemenki, p = biljke_pokus4$vjerojatnost)
```

```
##
##  Exact binomial test
##
## data:  biljke_pokus4$klijanci and biljke_pokus4$broj_sjemenki
## number of successes = 18, number of trials = 25, p-value = 0.3073
## alternative hypothesis: true probability of success is not equal to 0.6
## 95 percent confidence interval:
##  0.5061232 0.8792833
## sample estimates:
## probability of success
##                   0.72
```

Rezultati binomialnog testa

- **p = 0.3073** - P-vrijednost je veća od uobičajene razine značajnosti (npr., 0.05). Ovo sugerira da ne možemo odbaciti nul-hipotezu. Drugim riječima, nema dovoljno dokaza da je stvarna vjerojatnost uspjeha različita od 0.6.
- Interval pouzdanosti (95%): **(0.5061,0.8793)**: Stvarna vjerojatnost uspjeha (temeljena na uzorku) s 95% pouzdanosti leži unutar ovog raspona. Interval uključuje očekivanu vjerojatnost (0.6), što dodatno podržava zaključak da nema značajne razlike.
- Procjena stvarne vjerojatnosti uspjeha: Procijenjena vjerojatnost uspjeha temeljem podataka je **0.72** (tj. 18/25), ali ta vrijednost nije značajno različita od 0.6 prema ovom testu.

Samostalni zadaci:

Tema: Utjecaj različitih prehrana na težinu miševa

Zadatak 1

- Učitajte tablicu “misevi_zadatak1.csv”
- Napravite boxplot podataka
- Napravite histograme za varijable.
- Jesu li težine miševa pod prehranom A i prehranom B značajno različite?

Zadatak 2

- Učitajte tablicu “misevi_zadatak2.csv”
- Napravite boxplot podataka
- Napravite histograme za varijable.
- Postoji li značajna razlika između težina miševa prije i poslije promjene prehrane?

Zadatak 3

- Učitajte tablicu “misevi_zadatak3.csv”
- Napravite barplot.
- Promatrani broj miševa s poboljšanjem težine pod tri različite prehrane:
- Postoji li značajna razlika između promatranih i očekivanih rezultata?

Zadatak 4

- Učitajte tablicu “misevi_zadatak4.csv”
- Od 15 miševa pod određenom prehranom, njih 10 je pokazalo poboljšanje težine.
- Je li postotak poboljšanja značajno različit od očekivanih 50%?

Rješenje zadatka 1

```
misevi_zadatak1 <- read.csv("misevi_zadatak1.csv")

boxplot(misevi_zadatak1)
```

```
par(mfrow = c(1, 3))
hist(misevi_zadatak1$masa_prehrana_A, main = "Histogram A")
hist(misevi_zadatak1$masa_prehrana_B, main = "Histogram B")
hist(misevi_zadatak1$masa_prehrana_C, main = "Histogram C")
```

```
par(mfrow = c(1, 1))

wilcox.test(misevi_zadatak1$masa_prehrana_A,
            misevi_zadatak1$masa_prehrana_B)
```

Rješenje zadatka 2

```
misevi_zadatak2 <- read.csv("misevi_zadatak2.csv")

boxplot(misevi_zadatak2)
```

```
par(mfrow = c(1, 2))
hist(misevi_zadatak2$masa_prije, main = "Histogram prije")
hist(misevi_zadatak2$masa_poslije, main = "Histogram poslije")
```

```
par(mfrow = c(1, 1))

wilcox.test(misevi_zadatak2$masa_prije, misevi_zadatak2$masa_poslije,
            paired = TRUE)
```

Rješenje zadatka 3

```
misevi_zadatak3 <- read.csv("misevi_zadatak3.csv")

ggplot(misevi_zadatak3, aes(x = prehrana, y = poboljsano)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  geom_hline(aes(yintercept = ocekivano), color = "red", linetype = "dashed") +
  theme_minimal()
```

```
chisq.test(misevi_zadatak3$poboljsano,
           p = misevi_zadatak3$ocekivano /
             sum(misevi_zadatak3$ocekivano))
```

Rješenje zadatka 4

```
misevi_zadatak4 <- read.csv("misevi_zadatak4.csv")

binom.test(misevi_zadatak4$broj_uspjesnih,
           misevi_zadatak4$broj_pokusaja,
           p = misevi_zadatak4$vjerojatnost)
```