

ATP Data Analysis

2024-01-10

Instalacija potrebnih paketa.

```
# install.packages("dplyr")
# install.packages("lubridate")
# install.packages("ggplot2")
# install.packages("caret")
```

Učitavanje biblioteka.

```
library(dplyr)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(caret)
library(nortest)
```

Učitavanje i opis podataka

```
all_matches <- data.frame()
for (year in 1991:2023) {
  file_name <- paste0("dataset/atp_matches_", year, ".csv")
  matches_year <- read.csv(file_name, stringsAsFactors = FALSE)
  all_matches <- rbind(all_matches, matches_year)
}

dim(all_matches)
```

```
## [1] 104682      49
```

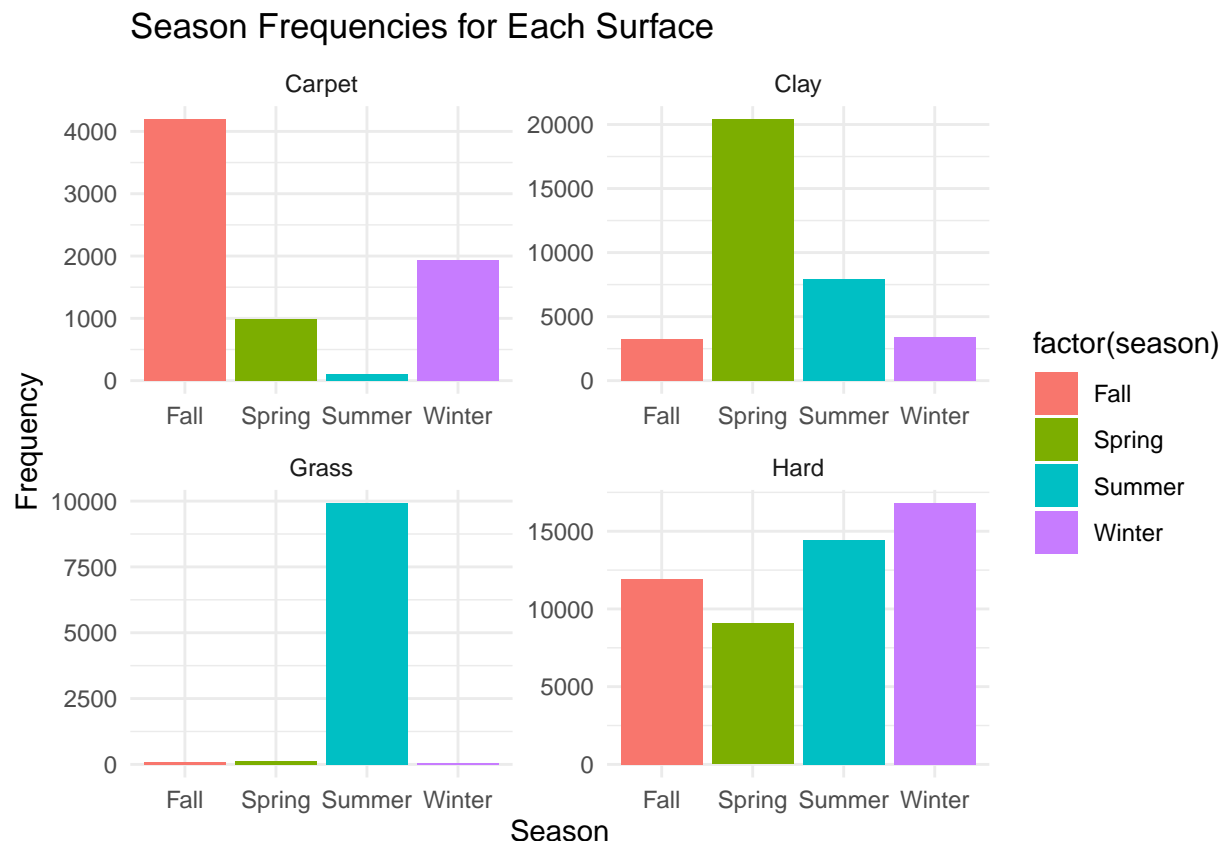
Skup podataka sadrži informacije o 104682 teniska meča održana od 1991. do 2023. godine uključivo. Svaki meč opisan je s 49 ispod navedenih značajki:

```
names(all_matches)
```

```
## [1] "tournament_id"      "tournament_name"    "surface"
## [4] "draw_size"          "tournament_level"    "tournament_date"
## [7] "match_num"          "winner_id"           "winner_seed"
## [10] "winner_entry"       "winner_name"         "winner_hand"
## [13] "winner_ht"          "winner_ioc"          "winner_age"
## [16] "loser_id"           "loser_seed"          "loser_entry"
## [19] "loser_name"         "loser_hand"          "loser_ht"
## [22] "loser_ioc"          "loser_age"           "score"
## [25] "best_of"            "round"               "minutes"
```

```
## [28] "w_ace"           "w_df"           "w_svpt"
## [31] "w_1stIn"        "w_1stWon"       "w_2ndWon"
## [34] "w_SvGms"        "w_bpSaved"      "w_bpFaced"
## [37] "l_ace"           "l_df"           "l_svpt"
## [40] "l_1stIn"        "l_1stWon"       "l_2ndWon"
## [43] "l_SvGms"        "l_bpSaved"      "l_bpFaced"
## [46] "winner_rank"    "winner_rank_points" "loser_rank"
## [49] "loser_rank_points"
```

Zadatak 1. Kakva je distribucija mečeva na specifičnim podlogama u različitim godišnjim dobima?



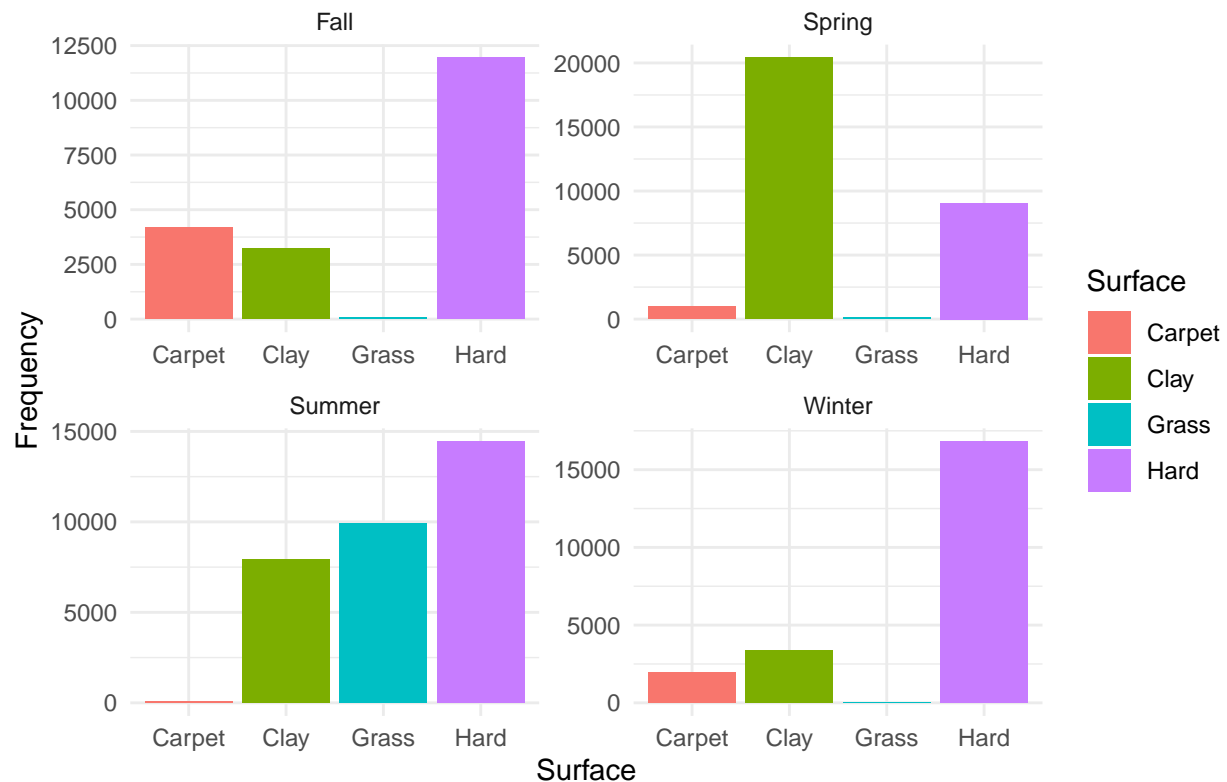
U prvom histogramu prikazana je raspodjela teniskih mečeva prema godišnjim dobima na podlozi od tepiha. Podloga od tepiha najmanje je korištena podloga za igranje mečeva. Najčešće se podloga od tepiha koristila u jesen, dosta rjeđe zimi, zatim na proljeće, a najmanje se mečeva na podlozi od tepiha igra na ljeto.

Sljedeći histogram predstavlja raspodjelu mečeva prema godišnjim dobima na zemljanoj podlozi. Mečevi na zemlji najčešće se igraju u proljetnom dijelu sezone. Dosta manje mečeva igra se na ljeto zatim otprilike podjednako na jesen i zimi.

Treći histogram opisuje distribuciju teniskih mečeva prema godišnjim dobima na travi. Teniski mečevi na travi igraju se uglavnom ljeti, a svega nekoliko mečeva igra se u preostalim godišnjim dobima.

U posljednjem histogramu promatrana je raspodjela mečeva prema godišnjim dobima na tvrdoj podlozi. Sveukupno najviše mečeva igra se na tvrdoj podlozi te je raspodjela prema godišnjim dobima manje izražena nego kod drugih podloga. Najviše mečeva na tvrdoj podlozi održava se zimi, zatim u ljeto pa na jesen te najmanje u proljetnom dijelu sezone.

Surface Frequencies for Each Season



Prvi histogram prikazuje raspodjelu mečeva prema podlogama u jesen. Uvjerljivo najviše mečeva u jesen održava se na tvrdoj podlozi. Dosta manje mečeva igra se na podlozi od tepiha, a nešto malo manje na zemlji. Najmanje mečeva u jesenskom dijelu sezone igra se na travi.

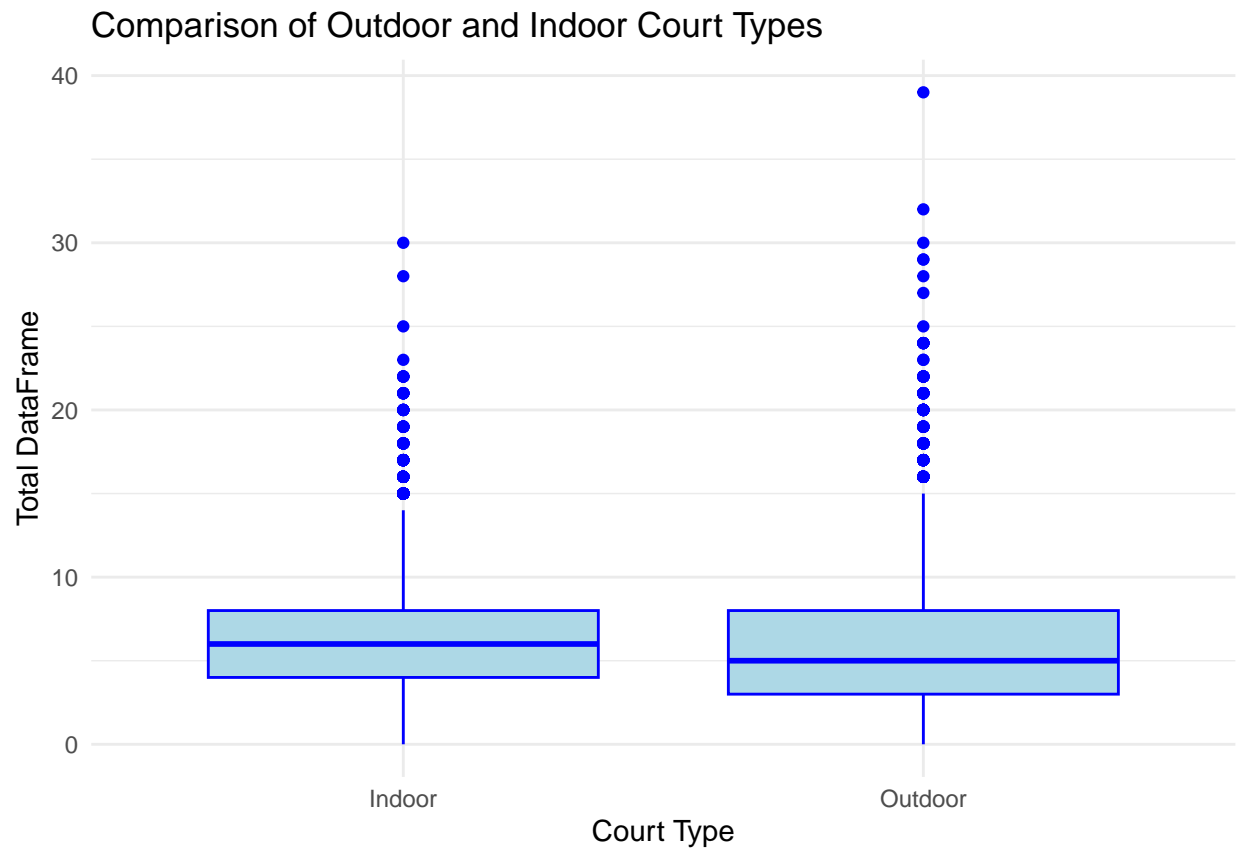
Idući histogram prikazuje raspodjelu mečeva prema podlogama u proljeće. U proljetnom dijelu sezone uvjerljivo najviše teniskih mečeva igra se na podlozi od zemlje. Više od dvostruko manje mečeva održava se na tvrdoj podlozi. Jako malo mečeva održava se na podlozi od tepiha, a još manje na travi.

U trećem histogramu promatramo raspodjelu mečeva prema podlogama tijekom ljeta. Najviše mečeva održava se na tvrdoj podlozi, zatim na travi pa na podlozi od zemlje. Svega nekoliko mečeva igra se na podlozi od tepiha.

Zadnji histogram opisuje raspodjelu mečeva prema podlogama zimi. Tijekom zime prednjače mečevi na tvrdoj podlozi. Dosta manje mečeva igra se na zemlji, zatim na podlozi od tepiha te najmanje na travi.

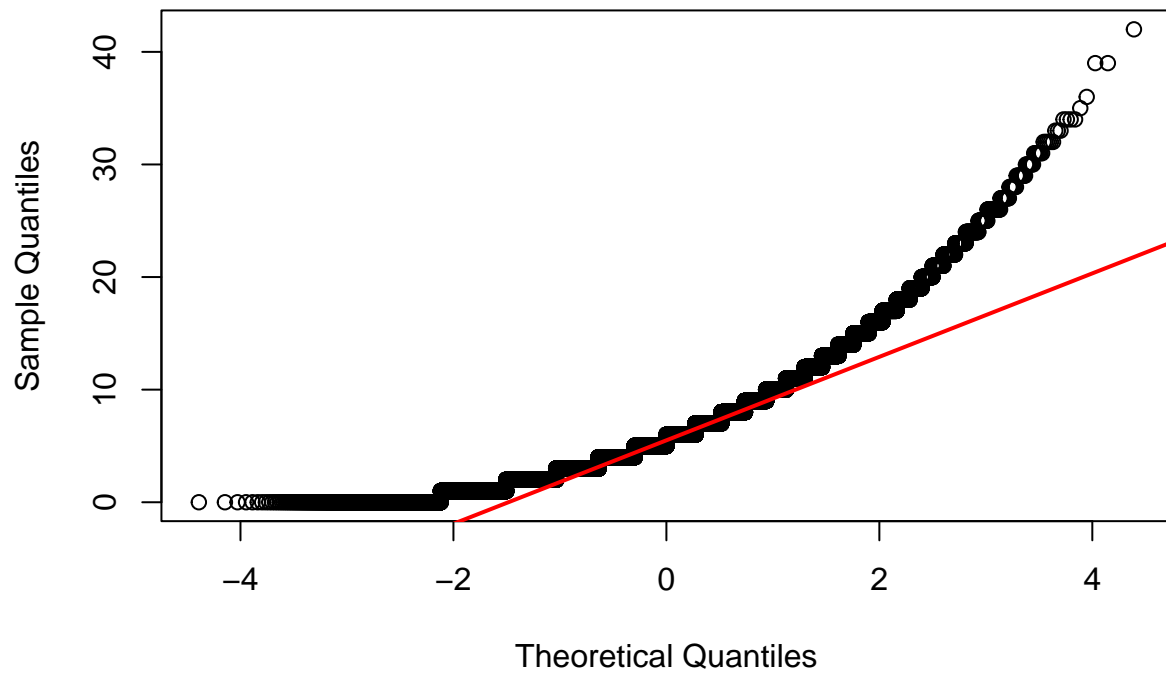
Zadatak 2. Postoji li značajna razlika u prosječnom broju dvostrukih pogrešaka između mečeva odigranih na otvorenom u odnosu na mečeve odigrane na zatvorenom terenu?

Prvo provjeravamo ukazuje li boxplot za moguću značajnu razliku.

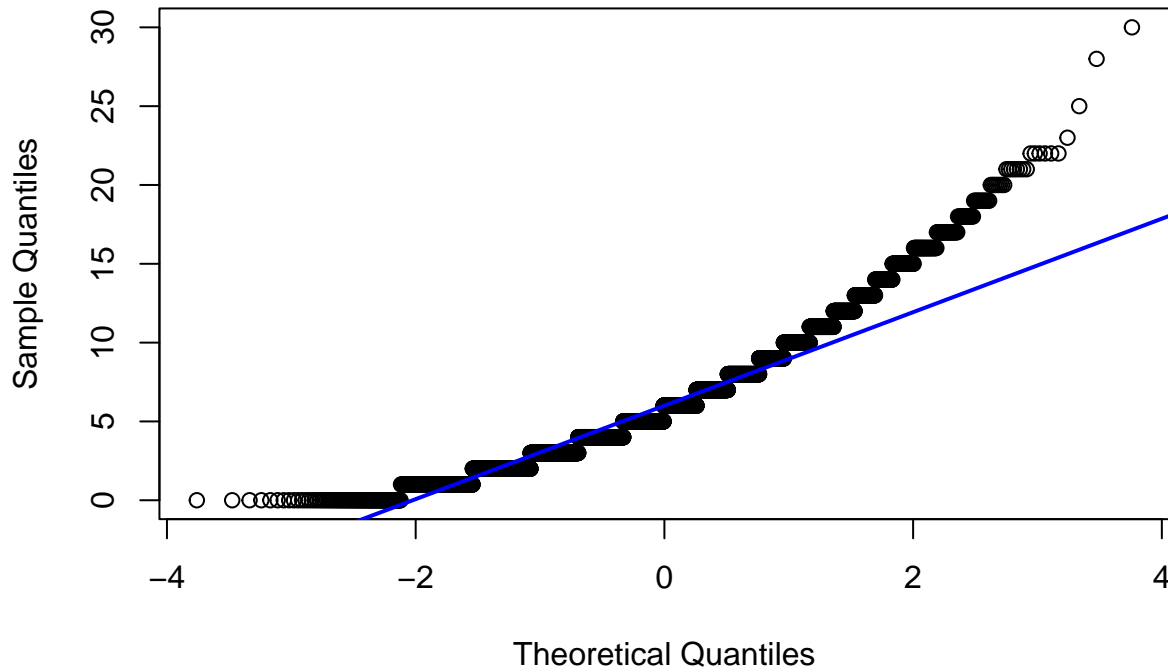


Grafički prikaz ukazuje na moguću razliku između prosječnog broja dvostrukih pogrešaka između mečeva odigranih na otvorenom i zatvorenom. Kako bismo provjerili možemo li prihvatiti nultu hipotezu koja pretpostavlja da nema razlike, provest ćemo t-test. Najprije moramo provjeriti pretpostavke o normalnoj distribuciji i homogenosti varijanci. Normalnu distribuciju prvo provjeravamo pomoću qq-plota, a zatim i Lilliefors testom.

Normal Q-Q Plot



Normal Q-Q Plot



Iz qq-plota vidljivo je da distribucije nisu normalne niti za mečeve na otvorenom niti na zatvorenom jer postoji značajno odstupanje repa. Zatim provodimo Lilliefors test:

```
##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  open_surface_data
## D = 0.12974, p-value < 2.2e-16
```

```
##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  closed_surface_data
## D = 0.12216, p-value < 2.2e-16
```

Za oba skupa podataka (otvoreni teren i zatvoreni teren), rezultati testova normalnosti (Lilliefors test) pokazuju da podaci nisu normalno distribuirani (p-vrijednosti su manje od 0.05) što se moglo zaključiti i iz grafova. To znači da distribucija podataka odstupa od normalne distribucije.

Provedimo F-test za provjeru homogenosti varijanci:

```
##
##  F test to compare two variances
##
## data:  open_surface_data and closed_surface_data
## F = 1.1441, num df = 88596, denom df = 5877, p-value = 4.316e-12
```

```
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
## 95 percent confidence interval:
##  1.101871 1.187308
## sample estimates:
## ratio of variances
##           1.144146
```

F-test za usporedbu varijanci pokazuje da postoji značajna razlika u varijancama između otvorenog terena i zatvorenog terena (p -vrijednost < 0.05). Kako pretpostavke za t-test nisu zadovoljene koristimo Wilcoxonov test:

```
##
## Wilcoxon rank sum test with continuity correction
##
## data: open_surface_data and closed_surface_data
## W = 258377269, p-value = 0.3191
## alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

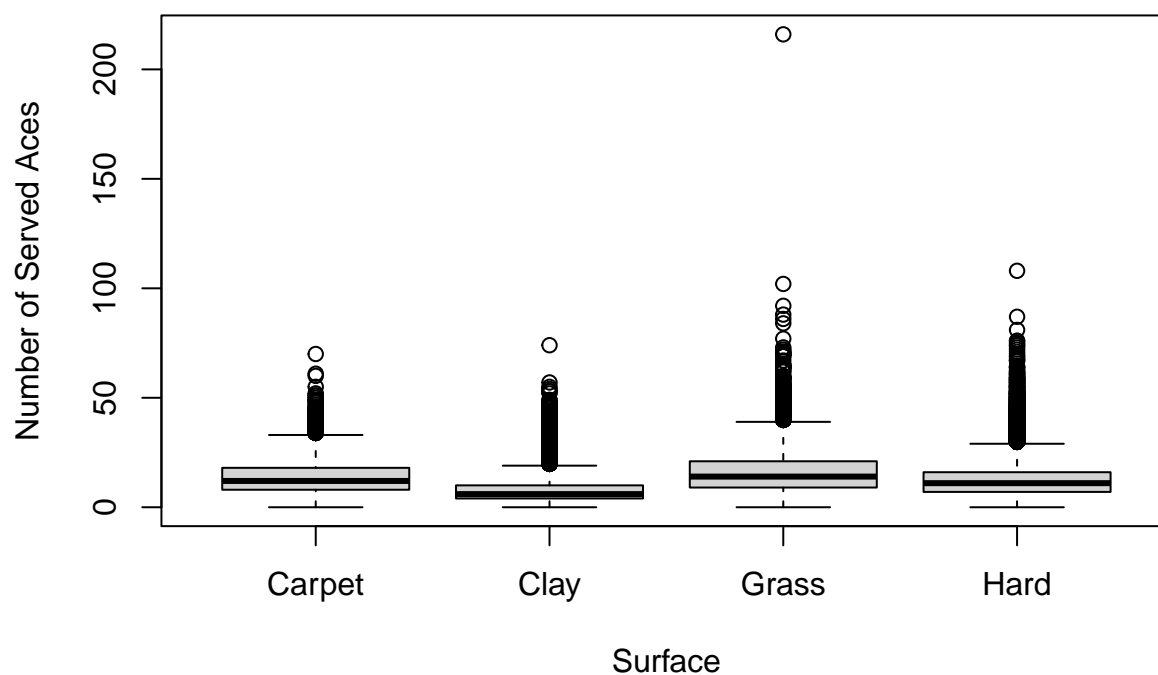
Wilcoxon rang-sum test ne pokazuje značajnu razliku u srednjim vrijednostima (medijanama) između otvorenog i zatvorenog terena (p -vrijednost = 0.3191, dakle ne možemo odbaciti nultu hipotezu).

Na temelju ovih rezultata, možemo zaključiti da nema značajne razlike u prosječnom broju dvostrukih pogrešaka između mečeva odigranih na otvorenom terenu i mečeva odigranih na zatvorenom terenu.

Zadatak 3. Ima li razlike u broju serviranih asova na različitim podlogama?

Provjerimo za početak postoje li lako uočljive razlike u broju serviranih asova na različitim podlogama pomoću grafičkog prikaza.

Boxplot of Served Aces by Surface

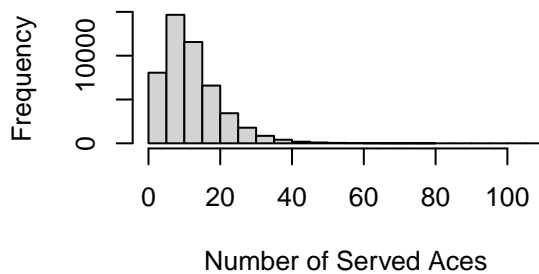


Boxplot ukazuje na to da postoje razlike u broju asova s obzirom na podlogu.

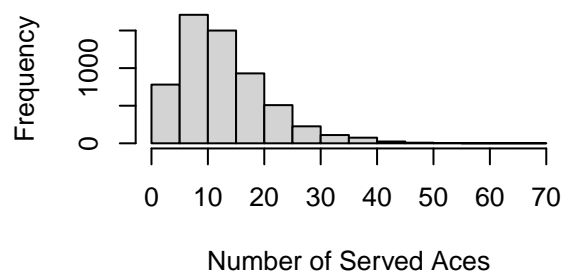
Nulta hipoteza jest da nema razlike u broju serviranih asova na različitim podlogama. Može li se odbaciti ista provjerit ćemo ANOVA testom. ANOVA analizira razliku srednje vrijednosti između više od dvije grupe. Kako bi taj test mogao biti korišten najprije moramo provjeriti pretpostavke:

1. provjera normalne distribucije

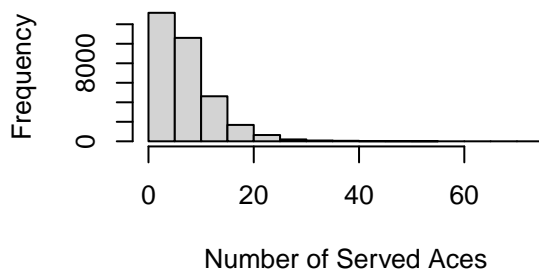
Histogram of served aces on Hard



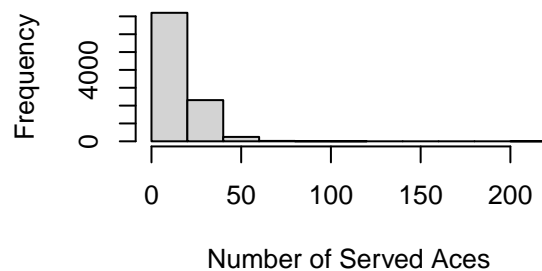
Histogram of served aces on Carpet



Histogram of served aces on Clay



Histogram of served aces on Grass



Histogrami ukazuju na to da distribucija serviranih asova nije normalna niti na jednoj od podloga. Normalna distribucija još se provjerava i Lilliefors testom:

```
##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  t3$aces[t3$surface == "Hard"]
## D = 0.11436, p-value < 2.2e-16

##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  t3$aces[t3$surface == "Carpet"]
## D = 0.10864, p-value < 2.2e-16

##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  t3$aces[t3$surface == "Clay"]
## D = 0.13505, p-value < 2.2e-16

##
##  Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  t3$aces[t3$surface == "Grass"]
## D = 0.10802, p-value < 2.2e-16
```

Za svaku od 4 podloge p-vrijednost je manja od 0.05 zbog čega odbacujemo pretpostavku da je distribucija normalna.

2. provjera homogenosti varijanci Homogenost varijanci provjerava se Bartlettovim testom:

```
##  
## Bartlett test of homogeneity of variances  
##  
## data:  t3$aces by t3$surface  
## Bartlett's K-squared = 7049.2, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

P-vrijednost u Bartlettovom testu manja je od kritične vrijednosti od 0.05 čime se zaključuje da homogenost varijanci nije zadovoljena.

Isto se vidi i u ispisu varijance za svaku od podloga.

```
## [1] 65.28138
```

```
## [1] 63.26659
```

```
## [1] 31.9019
```

```
## [1] 104.5289
```

Kako niti jedna od pretpostavki nije zadovoljena koristit ćemo Kruskal-Wallis, neparametarsku alternativu ANOVA testu.

```
##  
## Kruskal-Wallis rank sum test  
##  
## data:  aces by surface  
## Kruskal-Wallis chi-squared = 13657, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

Nakon provedenog testa dobivamo p-vrijednost manju od 0.05 što znači da možemo odbaciti nultu hipotezu u korist prve, odnosno da postoji razlika u broj serviranih asova u odnosu na podlogu, što intuitivno ima smisla jer optika ne odskaka jednako od svih podloga.

Zadatak 4. Kakva je veza između vrste terena i vjerojatnosti da će mečevi otići u peti set?

Postavljamo nultu hipotezu kako ne postoji statistički značajne veze između vrste terena i vjerojatnosti da će mečevi otići u peti set, a alternativna hipoteza sugerira prisutnost takve veze. Kako bismo testirali ovu hipotezu, koristit ćemo χ^2 test.

Najprije, provjeravamo pretpostavke kako bismo osigurali ispravnu primjenu testa.

Omogućena je nezavisnost podataka jer rezultat jednog teniskog meča ne utječe na rezultat drugog meča.

Također, osiguravamo da su nam podaci kategorički, klasifikacijom vrsta terena i ishoda mečeva u diskretne kategorije. Stvaramo kontingencijsku tablicu:

```
##
##          FALSE TRUE
## Carpet    700  179
## Clay     5550 1240
## Grass    3471  819
## Hard     9090 2054
```

Kontingencijskoj tablici dodajemo sume redaka i stupaca:

```
##
##          FALSE TRUE Sum
## Carpet    700  179  879
## Clay     5550 1240 6790
## Grass    3471  819 4290
## Hard     9090 2054 11144
## Sum     18811 4292 23103
```

Još jedna pretpostavka testa je da očekivana frekvencija pojedinog razreda mora biti veća ili jednaka 5, stoga i to provjeravamo:

```
## Očekivane frekvencije za razred FALSE - Carpet : 715.7022
## Očekivane frekvencije za razred FALSE - Clay : 5528.576
## Očekivane frekvencije za razred FALSE - Grass : 3493.018
## Očekivane frekvencije za razred FALSE - Hard : 9073.704
## Očekivane frekvencije za razred TRUE - Carpet : 163.2978
## Očekivane frekvencije za razred TRUE - Clay : 1261.424
## Očekivane frekvencije za razred TRUE - Grass : 796.9822
## Očekivane frekvencije za razred TRUE - Hard : 2070.296
```

Sve očekivane pretpostavke su zadovoljene, nastavljamo sa χ^2 testom.

```
##
## Pearson's Chi-squared test
##
## data: contingency_table
## X-squared = 3.2059, df = 3, p-value = 0.361
```

Rezultati χ^2 testa ukazuju na to da ne postoji statistički značajna veza između vrste terena na kojem se održavaju teniski mečevi i vjerojatnosti da će mečevi otići u peti set (p-vrijednost = 0.361). S obzirom na p-vrijednost veću od 0.05, ne odbacujemo nultu hipotezu.

Zadatak 5. Možemo li procijeniti broj asova koje će igrač odservirati u tekućoj godini (zadnjoj dostupnoj sezoni) na temelju njegovih rezultata iz prethodnih sezona?

```
## Warning: Using an external vector in selections was deprecated in tidysselect 1.1.0.
## i Please use 'all_of()' or 'any_of()' instead.
## # Was:
## data %>% select(features)
##
## # Now:
```

```

## data %>% select(all_of(features))
##
## See <https://tidyselect.r-lib.org/reference/faq-external-vector.html>.
## This warning is displayed once every 8 hours.
## Call 'lifecycle::last_lifecycle_warnings()' to see where this warning was
## generated.

## 'summarise()' has grouped output by 'player_id', 'year', 'winner_ht'. You can
## override using the '.groups' argument.
## 'summarise()' has grouped output by 'player_id', 'year', 'loser_ht'. You can
## override using the '.groups' argument.

## # A tibble: 7,417 x 9
## # Groups:   player_id, year, height [7,417]
##   player_id year height hand total_aces avg_1stIn avg_1stWon svpt df
##   <int> <dbl> <int> <fct> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <int>
## 1 100284 1991 178 L 45 60.3 40.5 90.4 38
## 2 100284 1992 178 L 37 53.6 36.1 80.3 31
## 3 100284 1993 178 L 4 57 40 92.3 11
## 4 100284 1994 178 L 2 61 36 89 5
## 5 100284 1995 178 L 7 43 31.5 78.5 10
## 6 100529 1991 185 R 168 45.3 36.2 81.2 43
## 7 100529 1992 185 R 87 38.3 30.5 78.3 47
## 8 100532 1991 175 R 17 33 26.3 66 8
## 9 100581 1991 180 L 205 39.0 30.8 69.9 123
## 10 100581 1992 180 L 175 50.6 40.3 86.3 126
## # i 7,407 more rows

## # A tibble: 10,396 x 9
## # Groups:   player_id, year, height [10,396]
##   player_id year height hand total_aces avg_1stIn avg_1stWon svpt df
##   <int> <dbl> <int> <fct> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <int>
## 1 100282 1992 180 L 0 67.5 40.5 96 5
## 2 100284 1991 178 L 9 49.2 27.1 75.6 34
## 3 100284 1992 178 L 25 57.9 33.4 90.6 46
## 4 100284 1993 178 L 4 37.4 22.2 60.4 14
## 5 100284 1994 178 L 1 56 34 87.3 3
## 6 100284 1995 178 L 3 48 29 67 2
## 7 100284 1996 178 L 3 55 30 93 2
## 8 100286 1991 168 R 0 32 18 60 2
## 9 100321 1993 193 R 0 34 14 48 0
## 10 100431 1992 178 R 8 46.5 30.5 76 4
## # i 10,386 more rows

## # A tibble: 40 x 9
## # Groups:   player_id, year, height [20]
##   player_id year height hand total_aces avg_1stIn avg_1stWon svpt df
##   <int> <dbl> <int> <fct> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <int>
## 1 104925 2004 188 R 4 60 39 91 2
## 2 104925 2005 188 R 43 62.1 45.4 96.4 26
## 3 104925 2006 188 R 216 49.3 37 79.3 92
## 4 104925 2007 188 R 420 54.2 40.0 83.5 147
## 5 104925 2008 188 R 413 47.3 35.6 72.3 113

```

```
## 6      104925 2009      188 R      420      46.2      34.3 73.0 212
## 7      104925 2010      188 R      232      49.2      35.9 77.5 198
## 8      104925 2011      188 R      320      47.0      35.2 71.9 131
## 9      104925 2012      188 R      456      47.4      36.0 73.6 117
## 10     104925 2013      188 R      424      47.5      36.6 72.4 94
## 11     104925 2014      188 R      371      50.8      38.5 75.9 91
## 12     104925 2015      188 R      441      48.5      36.4 72.9 124
## 13     104925 2016      188 R      263      48.6      36.2 74.5 168
## 14     104925 2017      188 R      138      51.0      37.8 76.6 56
## 15     104925 2018      188 R      286      50.2      38.2 75.7 117
## 16     104925 2019      188 R      332      46.2      36.4 70.4 136
## 17     104925 2020      188 R      257      50.5      38.5 78.4 125
## 18     104925 2021      188 R      416      55.7      43.1 85.4 130
## 19     104925 2022      188 R      244      46.0      36.7 70.1 66
## 20     104925 2023      188 R      295      53.8      42.2 84.9 128
## 21     104925 2004      188 R      22      57.3      34 93.7 19
## 22     104925 2005      188 R      45      57      37.6 91.3 32
## 23     104925 2006      188 R      63      52.3      34.2 82.2 59
## 24     104925 2007      188 R      98      49      32.2 79.9 48
## 25     104925 2008      188 R      73      53.8      36.6 84.6 40
## 26     104925 2009      188 R      82      53.9      35.9 86.8 51
## 27     104925 2010      188 R      72      61.1      39.9 93.1 84
## 28     104925 2011      188 R      23      57.2      36.6 88.4 12
## 29     104925 2012      188 R      46      54      37.2 87.4 30
## 30     104925 2013      188 R      52      73.1      47.2 110. 24
## 31     104925 2014      188 R      57      60      41.5 91.4 14
## 32     104925 2015      188 R      30      60.2      39.8 91.8 11
## 33     104925 2016      188 R      38      51.8      35 82.1 20
## 34     104925 2017      188 R      31      57.8      38.6 90.1 23
## 35     104925 2018      188 R      56      57.4      38.8 87.1 35
## 36     104925 2019      188 R      60      61.4      40.3 91.3 32
## 37     104925 2020      188 R      21      45.6      31.2 72 12
## 38     104925 2021      188 R      31      56.4      39.6 92 18
## 39     104925 2022      188 R      38      69      45.2 106 22
## 40     104925 2023      188 R      15      66      41 100. 15
```

```
## 'summarise()' has grouped output by 'player_id', 'year', 'height'. You can
## override using the '.groups' argument.
```

```
## # A tibble: 20 x 9
## # Groups:   player_id, year, height [20]
##   player_id year height hand total_aces avg_1stIn avg_1stWon svpt df
##   <int> <dbl> <int> <fct> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <int>
## 1 104925 2004 188 R 26 58.7 36.5 92.3 21
## 2 104925 2005 188 R 88 59.6 41.5 93.9 58
## 3 104925 2006 188 R 279 50.8 35.6 80.8 151
## 4 104925 2007 188 R 518 51.6 36.1 81.7 195
## 5 104925 2008 188 R 486 50.5 36.1 78.4 153
## 6 104925 2009 188 R 502 50.0 35.1 79.9 263
## 7 104925 2010 188 R 304 55.1 37.9 85.3 282
## 8 104925 2011 188 R 343 52.1 35.9 80.2 143
## 9 104925 2012 188 R 502 50.7 36.6 80.5 147
## 10 104925 2013 188 R 476 60.3 41.9 91.0 118
## 11 104925 2014 188 R 428 55.4 40.0 83.6 105
```

```
## 12    104925    2015    188 R          471      54.3      38.1  82.4    135
## 13    104925    2016    188 R          301      50.2      35.6  78.3    188
## 14    104925    2017    188 R          169      54.4      38.2  83.4     79
## 15    104925    2018    188 R          342      53.8      38.5  81.4    152
## 16    104925    2019    188 R          392      53.8      38.3  80.8    168
## 17    104925    2020    188 R          278      48.1      34.8  75.2    137
## 18    104925    2021    188 R          447      56.0      41.4  88.7    148
## 19    104925    2022    188 R          282      57.5      40.9  88.1     88
## 20    104925    2023    188 R          310      59.9      41.6  92.6    143
```

```
## # A tibble: 20 x 10
```

```
## # Groups:   player_id, year, height [20]
```

```
##   player_id year height hand total_aces avg_1stIn avg_1stWon svpt    df
##   <int> <dbl> <int> <fct>    <int>    <dbl>    <dbl> <dbl> <int>
## 1    104925  2004    188 R         26     58.7     36.5  92.3    21
## 2    104925  2005    188 R         88     59.6     41.5  93.9    58
## 3    104925  2006    188 R        279     50.8     35.6  80.8   151
## 4    104925  2007    188 R        518     51.6     36.1  81.7   195
## 5    104925  2008    188 R        486     50.5     36.1  78.4   153
## 6    104925  2009    188 R        502     50.0     35.1  79.9   263
## 7    104925  2010    188 R        304     55.1     37.9  85.3   282
## 8    104925  2011    188 R        343     52.1     35.9  80.2   143
## 9    104925  2012    188 R        502     50.7     36.6  80.5   147
## 10   104925  2013    188 R        476     60.3     41.9  91.0   118
## 11   104925  2014    188 R        428     55.4     40.0  83.6   105
## 12   104925  2015    188 R        471     54.3     38.1  82.4   135
## 13   104925  2016    188 R        301     50.2     35.6  78.3   188
## 14   104925  2017    188 R        169     54.4     38.2  83.4    79
## 15   104925  2018    188 R        342     53.8     38.5  81.4   152
## 16   104925  2019    188 R        392     53.8     38.3  80.8   168
## 17   104925  2020    188 R        278     48.1     34.8  75.2   137
## 18   104925  2021    188 R        447     56.0     41.4  88.7   148
## 19   104925  2022    188 R        282     57.5     40.9  88.1    88
## 20   104925  2023    188 R        310     59.9     41.6  92.6   143
```

```
## # i 1 more variable: aces_in_following_year <int>
```

```
##           1           2           3           4
## 415.2551 508.1003 382.2384 331.1461
```