

8 Analiza wariancji

8.1 Przykład

Przykład. Zbiór danych `vaccination` z pakietu `PBImisc` zawiera dane opisujące reakcję organizmu na zwalczanie wirusa po podaniu określonej dawki leku. Problem praktyczny dotyczy ustalenia, jaką najmniejszą możliwą dawkę leku należy podać, aby wywołać pożądaną reakcję organizmu (zagadnienie najmniejszej dawki leku). Rozważane jest również zagadnienie maksymalnej bezpiecznej dawki, którego celem jest określenie, jaka maksymalna dawka może być przyjmowana bez dużego ryzyka wystąpienia efektów ubocznych.

```
library(PBImisc)
head(vaccination)
```

```
##      response dose
## 1      88.9 0 ml
## 2     105.0 0 ml
## 3     138.4 0 ml
## 4      98.1 0 ml
## 5     107.2 0 ml
## 6      57.9 0 ml
```

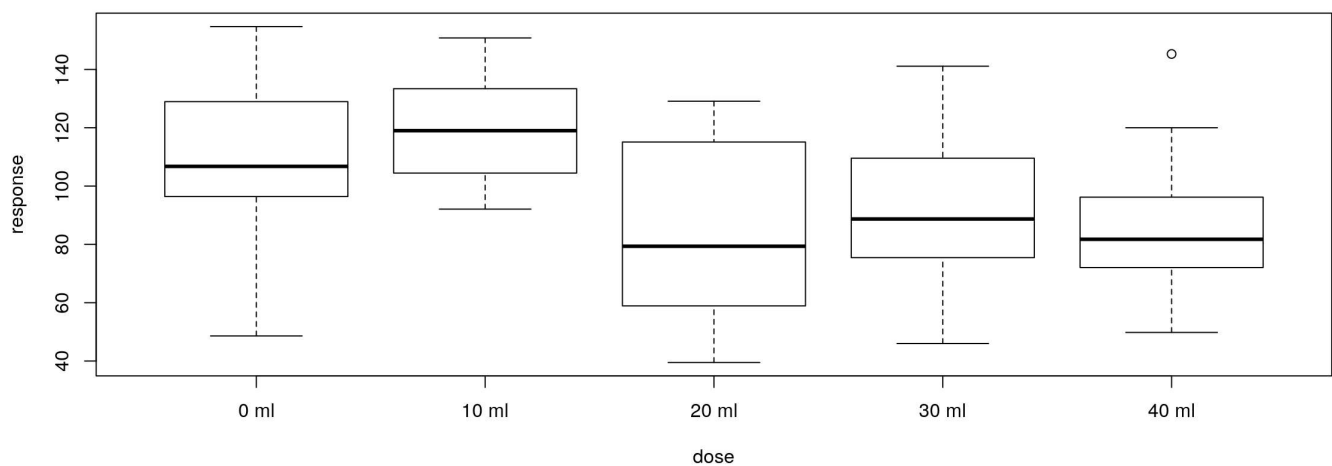
```
summary(vaccination)
```

```
##      response      dose
## Min.   : 39.50    0 ml :20
## 1st Qu.: 77.30    10 ml:20
## Median : 99.25    20 ml:20
## Mean   : 97.89    30 ml:20
## 3rd Qu.:117.70    40 ml:20
## Max.   :154.70
```

```
aggregate(vaccination$response,
          list(DOSE = vaccination$dose),
          FUN = mean)
```

```
##      DOSE      x
## 1  0 ml 108.570
## 2 10 ml 119.265
## 3 20 ml  84.025
## 4 30 ml  92.370
## 5 40 ml  85.220
```

```
boxplot(response ~ dose, data = vaccination)
```



```
summary(aov(response ~ dose, data = vaccination))
```

```
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## dose           4  19084    4771    7.929 1.47e-05 ***
## Residuals     95  57164     602
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```

# zastożenia

shapiro.test(lm(response ~ dose, data = vaccination)$residuals)

##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  lm(response ~ dose, data = vaccination)$residuals
## W = 0.99244, p-value = 0.8524

bartlett.test(response ~ dose, data = vaccination)

##
##  Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data:  response by dose
## Bartlett's K-squared = 5.6387, df = 4, p-value = 0.2278

fligner.test(response ~ dose, data = vaccination)

##
##  Fligner-Killeen test of homogeneity of variances
##
## data:  response by dose
## Fligner-Killeen:med chi-squared = 4.8066, df = 4, p-value = 0.3077

library(car)
leveneTest(response ~ dose, data = vaccination)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  4  1.3679 0.2509
##      95

```

```
leveneTest(response ~ dose, data = vaccination, center = "mean")
```

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
```

```
##      Df F value Pr(>F)
```

```
## group  4  1.6203 0.1755
```

```
##      95
```

```
# testy post hoc
```

```
attach(vaccination)
```

```
pairwise.t.test(response, dose, data = vaccination)
```

```
##
```

```
## Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
```

```
##
```

```
## data: response and dose
```

```
##
```

```
##      0 ml    10 ml    20 ml    30 ml
```

```
## 10 ml 0.68485 -      -      -
```

```
## 20 ml 0.01463 0.00016 -      -
```

```
## 30 ml 0.19718 0.00633 0.85424 -
```

```
## 40 ml 0.02007 0.00027 0.87790 0.85424
```

```
##
```

```
## P value adjustment method: holm
```

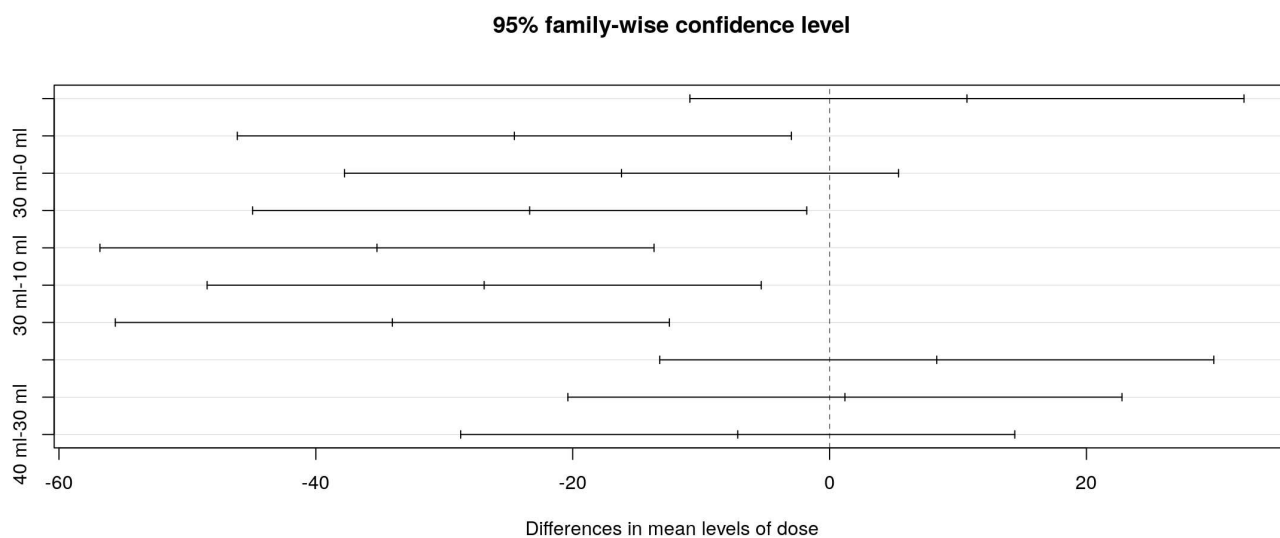
```
model_aov <- aov(response ~ dose, data = vaccination)
```

```
TukeyHSD(model_aov)
```

```
## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = response ~ dose, data = vaccination)
##
## $dose
```

		diff	lwr	upr	p adj
##	10 ml-0 ml	10.695	-10.87643	32.266431	0.6426874
##	20 ml-0 ml	-24.545	-46.11643	-2.973569	0.0174170
##	30 ml-0 ml	-16.200	-37.77143	5.371431	0.2336465
##	40 ml-0 ml	-23.350	-44.92143	-1.778569	0.0270291
##	20 ml-10 ml	-35.240	-56.81143	-13.668569	0.0001562
##	30 ml-10 ml	-26.895	-48.46643	-5.323569	0.0069317
##	40 ml-10 ml	-34.045	-55.61643	-12.473569	0.0002808
##	30 ml-20 ml	8.345	-13.22643	29.916431	0.8185005
##	40 ml-20 ml	1.195	-20.37643	22.766431	0.9998712
##	40 ml-30 ml	-7.150	-28.72143	14.421431	0.8878461

```
plot(TukeyHSD(model_aov))
```



```
library(agricolae)
```

```
HSD.test(model_aov, "dose", console = TRUE)
```

```
##
## Study: model_aov ~ "dose"
##
## HSD Test for response
##
## Mean Square Error: 601.7253
##
## dose, means
##
##      response      std  r  Min  Max
## 0 ml    108.570 25.91789 20 48.6 154.7
## 10 ml   119.265 17.64743 20 92.1 150.8
## 20 ml    84.025 30.42350 20 39.5 129.1
## 30 ml    92.370 24.27206 20 46.0 141.1
## 40 ml    85.220 22.59946 20 49.8 145.3
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 95
## Critical Value of Studentized Range: 3.932736
##
## Minimun Significant Difference: 21.57143
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##      response groups
## 10 ml   119.265      a
## 0 ml    108.570     ab
## 30 ml    92.370     bc
## 40 ml    85.220      c
## 20 ml    84.025      c
```

```
SNK.test(model_aov, "dose", console = TRUE)
```

```
##
## Study: model_aov ~ "dose"
##
## Student Newman Keuls Test
## for response
##
## Mean Square Error: 601.7253
##
## dose, means
##
##      response      std  r  Min  Max
## 0 ml   108.570 25.91789 20 48.6 154.7
## 10 ml  119.265 17.64743 20 92.1 150.8
## 20 ml   84.025 30.42350 20 39.5 129.1
## 30 ml   92.370 24.27206 20 46.0 141.1
## 40 ml   85.220 22.59946 20 49.8 145.3
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 95
##
## Critical Range
##          2          3          4          5
## 15.39978 18.46964 20.28552 21.57143
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##      response groups
## 10 ml  119.265      a
## 0 ml   108.570      a
## 30 ml   92.370      b
## 40 ml   85.220      b
## 20 ml   84.025      b
```

```
LSD.test(model_aov, "dose", p.adj = "holm", console = TRUE)
```

```
##
## Study: model_aov ~ "dose"
##
## LSD t Test for response
## P value adjustment method: holm
##
## Mean Square Error: 601.7253
##
## dose, means and individual ( 95 %) CI
##
##      response      std  r      LCL      UCL  Min  Max
## 0 ml   108.570 25.91789 20  97.68071 119.45929 48.6 154.7
## 10 ml  119.265 17.64743 20 108.37571 130.15429 92.1 150.8
## 20 ml   84.025 30.42350 20  73.13571  94.91429 39.5 129.1
## 30 ml   92.370 24.27206 20  81.48071 103.25929 46.0 141.1
## 40 ml   85.220 22.59946 20  74.33071  96.10929 49.8 145.3
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 95
## Critical Value of t: 2.874073
##
## Minimum Significant Difference: 22.29446
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##      response groups
## 10 ml  119.265      a
## 0 ml   108.570     ab
## 30 ml   92.370     bc
## 40 ml   85.220      c
## 20 ml   84.025      c
```

```
scheffe.test(model_aov, "dose", console = TRUE)
```



```
##
## Study: model_aov ~ "dose"
##
## Scheffe Test for response
##
## Mean Square Error   : 601.7253
##
## dose,  means
##
##      response      std  r  Min   Max
## 0 ml   108.570 25.91789 20 48.6 154.7
## 10 ml  119.265 17.64743 20 92.1 150.8
## 20 ml   84.025 30.42350 20 39.5 129.1
## 30 ml   92.370 24.27206 20 46.0 141.1
## 40 ml   85.220 22.59946 20 49.8 145.3
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 95
## Critical Value of F: 2.467494
##
## Minimum Significant Difference: 24.37009
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##      response groups
## 10 ml  119.265      a
## 0 ml   108.570     ab
## 30 ml   92.370     bc
## 40 ml   85.220     bc
## 20 ml   84.025      c
```

```
# analiza kontrastów
```

```
# przykładowe kontrasty wbudowane w programie R
```

```
contr.helmert(5)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## 1     -1   -1   -1   -1
## 2      1   -1   -1   -1
## 3      0    2   -1   -1
## 4      0    0    3   -1
## 5      0    0    0    4
```

```
library(multcomp)
```

```
# kontrasty dla postępujących różnic
```

```
contr.sdif(5)
```

```
##      2-1  3-2  4-3  5-4
## 1 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2
## 2  0.2 -0.6 -0.4 -0.2
## 3  0.2  0.4 -0.4 -0.2
## 4  0.2  0.4  0.6 -0.2
## 5  0.2  0.4  0.6  0.8
```

```
contrasts(vaccination$dose) <- contr.sdif(5)
```

```
vaccination$dose
```

```
## [1] 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml
## [12] 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 0 ml 10 ml 10 ml
## [23] 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml
## [34] 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 10 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml
## [45] 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml
## [56] 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 20 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml
## [67] 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml 30 ml
## [78] 30 ml 30 ml 30 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml
## [89] 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml 40 ml
## [100] 40 ml
## attr(,"contrasts")
##      2-1 3-2 4-3 5-4
## 0 ml -0.8 -0.6 -0.4 -0.2
## 10 ml 0.2 -0.6 -0.4 -0.2
## 20 ml 0.2 0.4 -0.4 -0.2
## 30 ml 0.2 0.4 0.6 -0.2
## 40 ml 0.2 0.4 0.6 0.8
## Levels: 0 ml 10 ml 20 ml 30 ml 40 ml
```

```
model.2 <- aov(response ~ dose, data = vaccination)
summary(model.2,
         split = list(dose = list('C1' = 1, 'C2' = 2, 'C3' = 3, 'C4' = 4)))
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## dose           4  19084    4771    7.929 1.47e-05 ***
## dose: C1        1   2852    2852    4.739  0.032  *
## dose: C2        1  15418   15418   25.622 2.03e-06 ***
## dose: C3        1    303     303    0.504  0.479
## dose: C4        1    511     511    0.850  0.359
## Residuals     95  57164     602
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

8.2 Zadania

Zadanie 1. Zadanie to zostało opracowane na podstawie eksperymentu Smitha (1979). Głównym jego celem było pokazanie, że bycie w tym samym kontekście psychicznym w czasie nauki i podczas jej sprawdzania (test, egzamin) daje lepsze wyniki niż bycie w odmiennych kontekstach. Podczas fazy uczącej uczniowie uczyli się 80 słów w pokoju pomalowanym na pomarańczowo, ozdobionym plakatami, obrazami i dużą ilością dodatkowych akcesoriów. Pierwszy sprawdzian pamięci został przeprowadzony aby dać uczniom wrażenie, że eksperyment się zakończył. Następnego dnia, uczniowie zostali niespodziewanie poddani testowi ponownie. Mieli napisać wszystkie słowa, które zapamiętali. Test został przeprowadzony w 5 różnych warunkach. 50 uczniów zostało losowo podzielonych na 5 równolicznych grup:

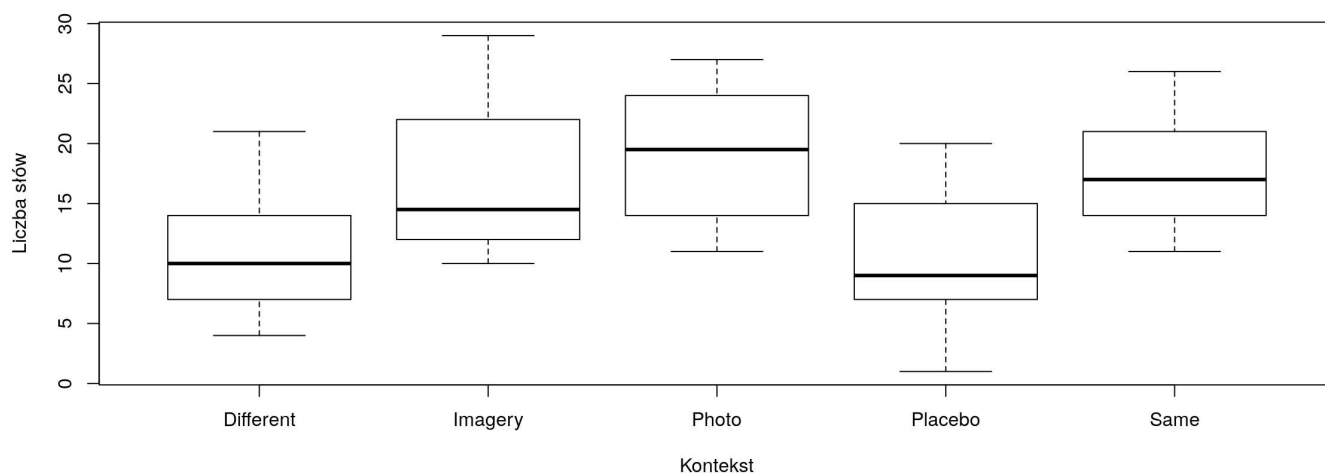
- „Same context” - test odbywał się w tym samym pokoju, w którym się uczyli.
- „Different context” - test odbywał się w bardzo odmiennym pomieszczeniu, w innej części kampusu, pomalowanym na szaro i wyglądającym bardzo surowo.
- „Imaginary context” - test odbywał się w tym samym pomieszczeniu, co w punkcie poprzednim. Dodatkowo, uczniowie mieli przypomnieć sobie pokój, w którym się uczyli. Aby im w tym pomóc badacz zadawał dodatkowe pytania o pokój i jego wyposażeniu.
- „Photographed context” - test odbywał się w tych samych warunkach, co w punkcie poprzednim. Dodatkowo pokazano im zdjęcie pokoju, w którym się uczyli.
- „Placebo context” - test odbywał się w tym samych warunkach co grupy „Different context”. Dodatkowo uczniowie wykonali ćwiczenia „rozgrzewające” (przypominanie sobie swojego salonu).

Liczba zapamiętanych słów została zawarta w poniższej tabeli.

Same	Different	Imagery	Photo	Placebo
25	11	14	25	8
26	21	15	15	20
17	9	29	23	10
15	6	10	21	7
14	7	12	18	15
17	14	22	24	7
14	12	14	14	1
20	4	20	27	17
11	7	22	12	11
21	19	12	11	4

1. Wyznacz średnie liczb zapamiętanych słów w grupach. Ponadto, przedstaw otrzymane dane za pomocą wykresu ramkowego dla każdej grupy z osobna.

```
##      CONTEXT  x
## 1 Different 11
## 2  Imagery 17
## 3   Photo 19
## 4  Placebo 10
## 5    Same 18
```

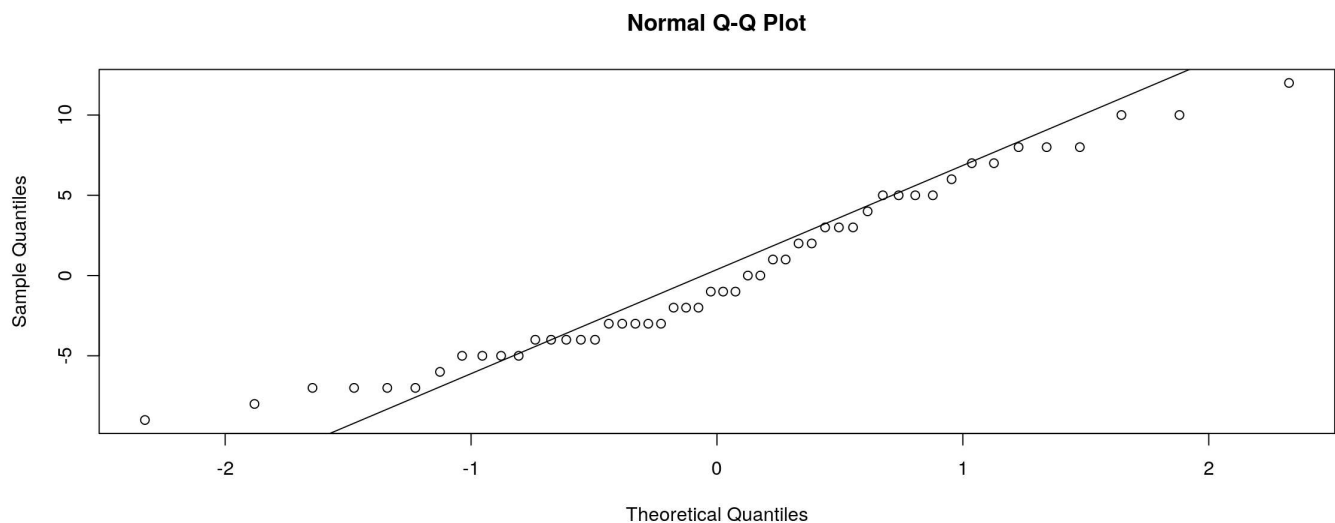


2. Wykonaj test analizy wariancji w celu sprawdzenia, czy liczba zapamiętanych słów zależy od kontekstu sprawdzania wiedzy.

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## context      4    700      175   5.469 0.00112 **
## Residuals   45   1440       32
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

3. Sprawdź założenia modelu jednoczynnikowej analizy wariancji.

```
## [1] 0.05635956
```



```
## [1] 0.9817694
```

```
## [1] 0.9759731
```

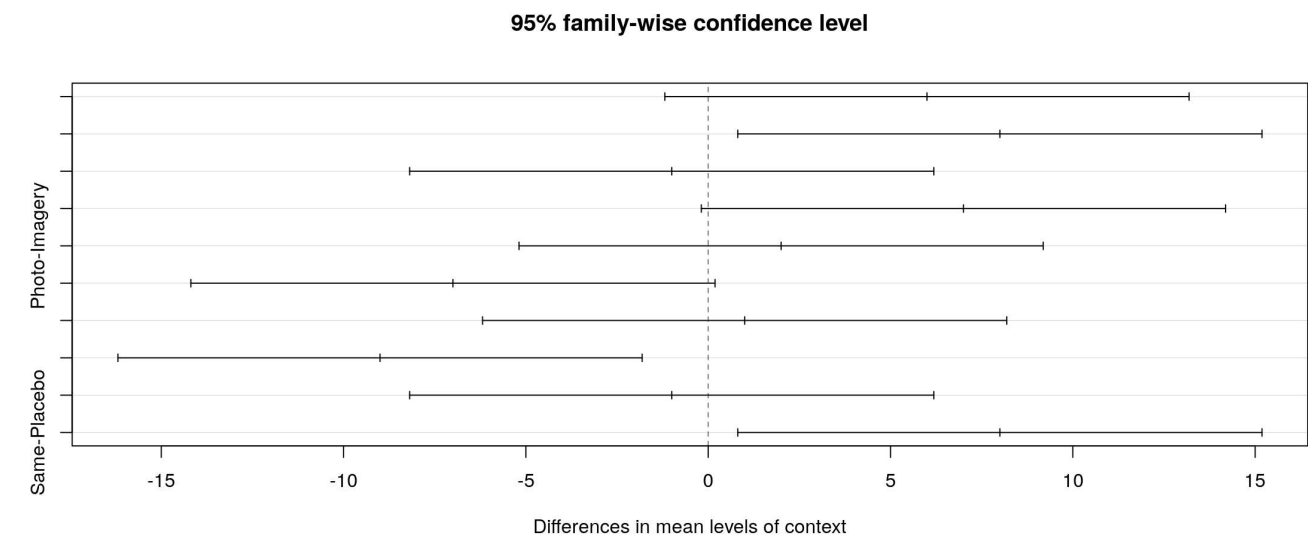
```
## [1] 0.9550502
```

```
## [1] 0.9281122
```

4. Wykonaj testy post hoc w celu sprawdzenia, które konteksty sprawdzania wiedzy różnią się między sobą.

```
##
## Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
##
## data: number and context
##
##          Different Imagery Photo Placebo
## Imagery 0.110      -      -      -
## Photo   0.025      1.000    -      -
## Placebo 1.000      0.057    0.009  -
## Same    0.057      1.000    1.000 0.025
##
## P value adjustment method: holm
```

##		diff	lwr	upr	p adj
##	Imagery-Different	6	-1.188363	13.188363	0.14198584
##	Photo-Different	8	0.811637	15.188363	0.02232998
##	Placebo-Different	-1	-8.188363	6.188363	0.99466042
##	Same-Different	7	-0.188363	14.188363	0.05967870
##	Photo-Imagery	2	-5.188363	9.188363	0.93203553
##	Placebo-Imagery	-7	-14.188363	0.188363	0.05967870
##	Same-Imagery	1	-6.188363	8.188363	0.99466042
##	Placebo-Photo	-9	-16.188363	-1.811637	0.00759672
##	Same-Photo	-1	-8.188363	6.188363	0.99466042
##	Same-Placebo	8	0.811637	15.188363	0.02232998



```
##
## Study: model_aov ~ "context"
##
## HSD Test for number
##
## Mean Square Error: 32
##
## context, means
##
##          number      std  r Min Max
## Different      11 5.617433 10   4  21
## Imagery        17 6.000000 10  10  29
## Photo          19 5.773503 10  11  27
## Placebo        10 5.906682 10   1  20
## Same           18 4.921608 10  11  26
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of Studentized Range: 4.018417
##
## Minimun Significant Difference: 7.188363
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##          number groups
## Photo          19     a
## Same           18    ab
## Imagery        17   abc
## Different      11    bc
## Placebo        10     c
```



```
##
## Study: model_aov ~ "context"
##
## Student Newman Keuls Test
## for number
##
## Mean Square Error: 32
##
## context, means
##
##          number      std  r Min Max
## Different      11 5.617433 10   4  21
## Imagery        17 6.000000 10  10  29
## Photo          19 5.773503 10  11  27
## Placebo        10 5.906682 10   1  20
## Same           18 4.921608 10  11  26
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
##
## Critical Range
##          2          3          4          5
## 5.095323 6.131311 6.748805 7.188363
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          number groups
## Photo          19      a
## Same           18      a
## Imagery        17      a
## Different      11      b
## Placebo        10      b
```

```

##
## Study: model_aov ~ "context"
##
## LSD t Test for number
## P value adjustment method: holm
##
## Mean Square Error: 32
##
## context, means and individual ( 95 %) CI
##
##          number      std  r      LCL      UCL Min Max
## Different      11 5.617433 10  7.397062 14.60294   4  21
## Imagery        17 6.000000 10 13.397062 20.60294  10  29
## Photo          19 5.773503 10 15.397062 22.60294  11  27
## Placebo        10 5.906682 10  6.397062 13.60294   1  20
## Same           18 4.921608 10 14.397062 21.60294  11  26
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of t: 2.952079
##
## Minimum Significant Difference: 7.468235
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##          number groups
## Photo          19      a
## Same           18     ab
## Imagery        17    abc
## Different      11     bc
## Placebo        10      c

```

```
##
## Study: model_aov ~ "context"
##
## Scheffe Test for number
##
## Mean Square Error   : 32
##
## context,  means
##
##           number      std  r Min Max
## Different      11 5.617433 10   4  21
## Imagery        17 6.000000 10  10  29
## Photo          19 5.773503 10  11  27
## Placebo        10 5.906682 10   1  20
## Same           18 4.921608 10  11  26
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of F: 2.578739
##
## Minimum Significant Difference: 8.125006
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##           number groups
## Photo          19      a
## Same           18     ab
## Imagery        17     ab
## Different      11     ab
## Placebo        10      b
```

5. Chcemy przetestować następujące hipotezy szczegółowe:

- a. Grupy o takim samym kontekście podczas uczenia i testowania („Same” lub „Imaginary” lub „Photographed”) wypadają lepiej od grup o różnym kontekście („Different” lub „Placebo”).
- b. Grupa „Same” różni się od grup „Imaginary” i „Photographed”.
- c. Grupa „Imaginary” różni się od grupy „Photographed”.
- d. Grupa „Different” różni się od grupy „Placebo”.

W tym celu wykonaj następujące polecenia:

- Zapisz odpowiednie hipotezy.
- Wyraż je za pomocą kontrastów.
- Czy ten układ kontrastów jest ortogonalny?
- Przetestuj zaproponowane kontrasty.

```
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## context          4      700      175    5.469  0.00112 **
## context: C1       1      675      675   21.094 3.52e-05 ***
## context: C2       1         0         0    0.000  1.00000
## context: C3       1        20        20    0.625  0.43334
## context: C4       1         5         5    0.156  0.69450
## Residuals        45     1440        32
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Zadanie 2. W 1974 roku Michael Eysenck opublikował w czasopiśmie *Developmental Psychology* wyniki badań dotyczących ubocznego uczenia werbalnego. W eksperymencie wzięło udział 100 osób, z czego połowę stanowili młodzi ludzie (w wieku studenckim), a drugą połowę osoby starsze (w wieku pięćdziesięciu i sześćdziesięciu lat). W obrębie każdej grupy wiekowej, pacjenci zostali przydzieleni do jednej z pięciu grup „Instrukcji”. Następnie podano im listę słów i powiedziano, aby postępowali zgodnie z instrukcjami podanymi wcześniej. Instrukcje były następujące:

- Liczenie - liczenie liter w każdym wymienionym słowie,
- Rymowanie - pomyśleć o słowie, które rymuje się z wskazanym słowem,
- Przymiotnik - pomyśleć o przymiotniku, który mógłby zmodyfikować dane słowo,
- Wyobrażenia - wyobrazić sobie obraz obiektu opisanego przez wymienione słowo,
- Kontrola - pamiętać wymienione słowa aby później je powtórzyć.

Każdy pacjent widział tę samą listę wyrazów trzy razy i powtarzał te instrukcje trzy razy. Instrukcje Liczenie i Rymowanie mają dać informację o powierzchownym poziomie przetwarzania semantycznego. Instrukcje Przymiotnik i Wyobrażenia mają informować o głębokim poziomie przetwarzania semantycznego, tj. liczenie i rymowanie nie wymagają od pacjenta znajomości sensu słów z listy, podczas gdy instrukcje Przymiotnik i Wyobrażenia wymagają znajomości znaczenia słów. Pacjenci w grupie kontrolnej mieli tylko zapamiętać

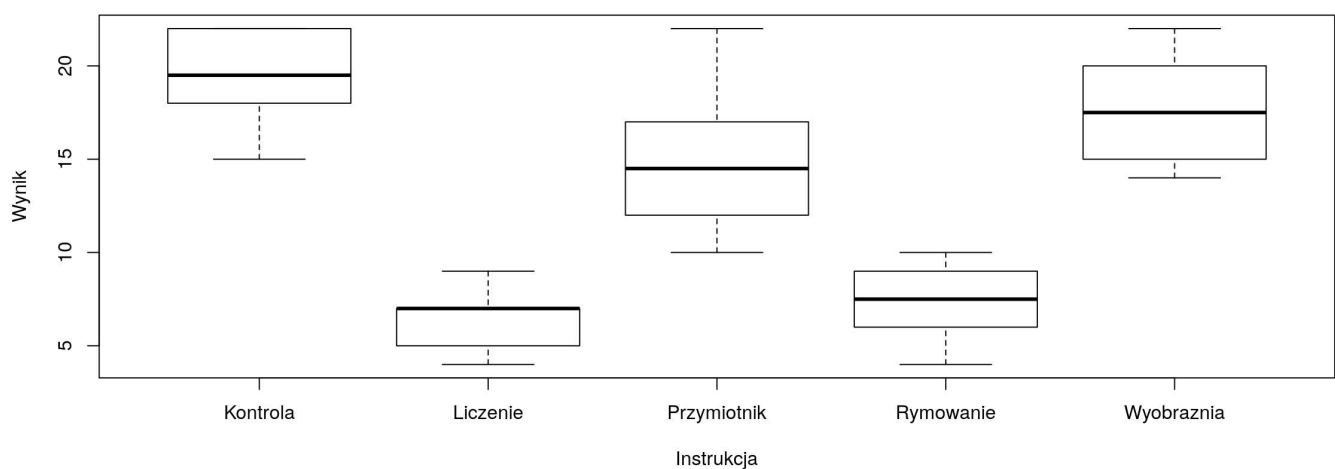
słowa i ewentualnie później je powtórzyć. Dane zawarte w pliku [Eysenck.txt](#) dotyczą tylko pacjentów młodszych i zostały uzyskane w oparciu o średnie i błędy standardowe otrzymane w pracy Eysencka (1974).

1. Załaduj zbiór danych do programu R. Następnie usuń zbędną kolumnę.

```
##      Wynik Instrukcja
## 1      7      Liczenie
## 2      9      Liczenie
## 3      7      Liczenie
## 4      7      Liczenie
## 5      5      Liczenie
## 6      7      Liczenie
```

2. Wyznacz średnie wartości cechy zależnej w grupach. Ponadto, przedstaw otrzymane dane za pomocą wykresu ramkowego dla każdej grupy z osobna.

```
##      Instrukcja      x
## 1      Kontrola 19.3
## 2      Liczenie  6.5
## 3 Przymiotnik 14.8
## 4      Rymowanie  7.6
## 5 Wyobraznia 17.6
```

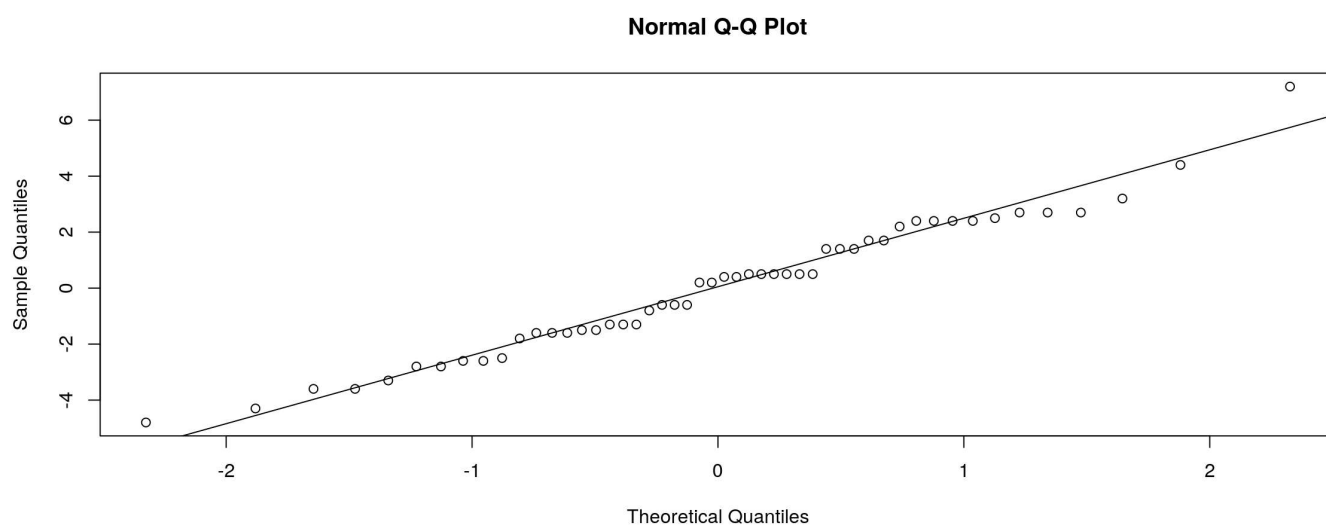


3. Wykonaj test analizy wariancji w celu sprawdzenia, czy typ instrukcji ma istotny wpływ na badaną cechę zależną.

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Instrukcja  4   1354   338.4    53.06 <2e-16 ***
## Residuals  45    287     6.4
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

4. Sprawdź założenia modelu jednoczynnikowej analizy wariancji.

```
## [1] 0.3756369
```



```
## [1] 0.1258206
```

```
## [1] 0.09922991
```

```
## [1] 0.07071935
```

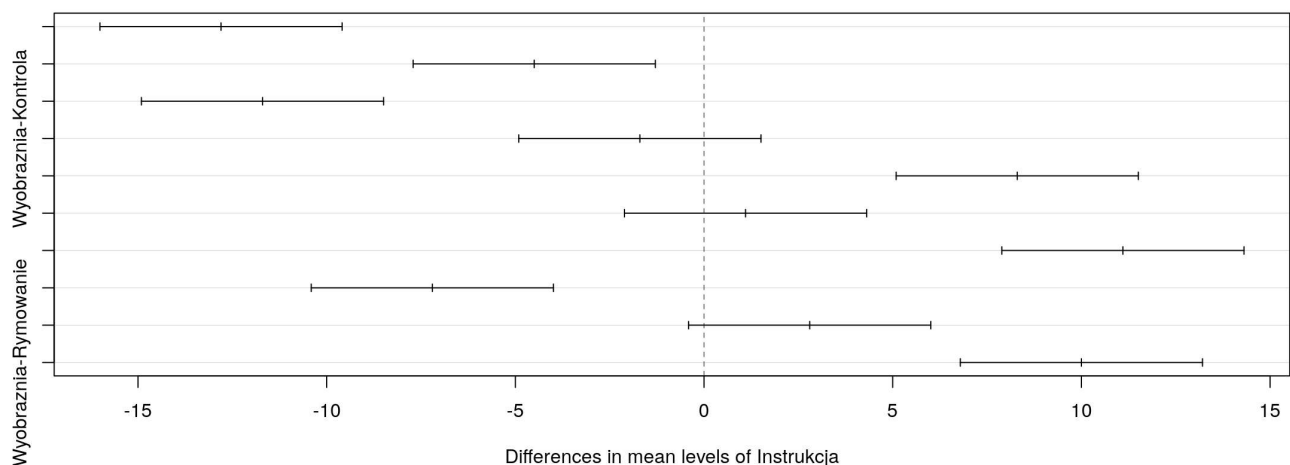
```
## [1] 0.1059926
```

5. Wykonaj testy post hoc w celu sprawdzenia, które typy instrukcji różnią się między sobą.

```
##
## Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
##
## data: Wynik and Instrukcja
##
##          Kontrola Liczenie Przymiotnik Rymowanie
## Liczenie      8.9e-14 -          -          -
## Przymiotnik 0.00098 1.9e-08 -          -
## Rymowanie     1.5e-12 0.33528 4.3e-07 -
## Wyobraznia 0.27851 7.1e-12 0.05094 1.4e-10
##
## P value adjustment method: holm
```

##		diff	lwr	upr	p adj
##	Liczenie-Kontrola	-12.8	-16.0091477	-9.590852	3.528289e-13
##	Przymiotnik-Kontrola	-4.5	-7.7091477	-1.290852	2.177062e-03
##	Rymowanie-Kontrola	-11.7	-14.9091477	-8.490852	1.968870e-12
##	Wyobraznia-Kontrola	-1.7	-4.9091477	1.509148	5.645617e-01
##	Przymiotnik-Liczenie	8.3	5.0908523	11.509148	3.057657e-08
##	Rymowanie-Liczenie	1.1	-2.1091477	4.309148	8.654520e-01
##	Wyobraznia-Liczenie	11.1	7.8908523	14.309148	9.156453e-12
##	Rymowanie-Przymiotnik	-7.2	-10.4091477	-3.990852	8.442959e-07
##	Wyobraznia-Przymiotnik	2.8	-0.4091477	6.009148	1.136213e-01
##	Wyobraznia-Rymowanie	10.0	6.7908523	13.209148	2.024079e-10

95% family-wise confidence level



```
##
## Study: model_aov ~ "Instrukcja"
##
## HSD Test for Wynik
##
## Mean Square Error: 6.377778
##
## Instrukcja, means
##
##          Wynik      std  r Min Max
## Kontrola    19.3 2.626785 10  15  22
## Liczenie     6.5 1.433721 10   4   9
## Przymiotnik  14.8 3.489667 10  10  22
## Rymowanie    7.6 1.955050 10   4  10
## Wyobraznia   17.6 2.633122 10  14  22
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of Studentized Range: 4.018417
##
## Minimun Significant Difference: 3.209148
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##          Wynik groups
## Kontrola    19.3      a
## Wyobraznia  17.6     ab
## Przymiotnik 14.8      b
## Rymowanie    7.6      c
## Liczenie     6.5      c
```



```
##
## Study: model_aov ~ "Instrukcja"
##
## Student Newman Keuls Test
## for Wynik
##
## Mean Square Error: 6.377778
##
## Instrukcja, means
##
##          Wynik      std  r Min Max
## Kontrola    19.3 2.626785 10  15  22
## Liczenie     6.5 1.433721 10   4   9
## Przymiotnik  14.8 3.489667 10  10  22
## Rymowanie    7.6 1.955050 10   4  10
## Wyobraznia   17.6 2.633122 10  14  22
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
##
## Critical Range
##          2          3          4          5
## 2.274738 2.737241 3.012913 3.209148
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##          Wynik groups
## Kontrola    19.3      a
## Wyobraznia  17.6      a
## Przymiotnik 14.8      b
## Rymowanie   7.6      c
## Liczenie    6.5      c
```

```

##
## Study: model_aov ~ "Instrukcja"
##
## LSD t Test for Wynik
## P value adjustment method: holm
##
## Mean Square Error: 6.377778
##
## Instrukcja, means and individual ( 95 %) CI
##
##          Wynik      std  r      LCL      UCL Min Max
## Kontrola      19.3 2.626785 10 17.691517 20.908483 15 22
## Liczenie       6.5 1.433721 10  4.891517  8.108483  4  9
## Przymiotnik   14.8 3.489667 10 13.191517 16.408483 10 22
## Rymowanie     7.6 1.955050 10  5.991517  9.208483  4 10
## Wyobraznia    17.6 2.633122 10 15.991517 19.208483 14 22
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of t: 2.952079
##
## Minimum Significant Difference: 3.334093
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##          Wynik groups
## Kontrola      19.3      a
## Wyobraznia    17.6     ab
## Przymiotnik   14.8      b
## Rymowanie     7.6      c
## Liczenie      6.5      c

```

```
##
## Study: model_aov ~ "Instrukcja"
##
## Scheffe Test for Wynik
##
## Mean Square Error   : 6.377778
##
## Instrukcja, means
##
##           Wynik      std  r Min Max
## Kontrola      19.3 2.626785 10  15  22
## Liczenie       6.5 1.433721 10   4   9
## Przymiotnik   14.8 3.489667 10  10  22
## Rymowanie      7.6 1.955050 10   4  10
## Wyobraznia    17.6 2.633122 10  14  22
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 45
## Critical Value of F: 2.578739
##
## Minimum Significant Difference: 3.627299
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##           Wynik groups
## Kontrola      19.3      a
## Wyobraznia    17.6     ab
## Przymiotnik   14.8      b
## Rymowanie      7.6      c
## Liczenie       6.5      c
```

6. Przetestuj hipotezy szczegółowe związane z następującymi zagadnieniami:

- Porównaj dwie grupy powierzchownego uzyskiwania informacji z dwiema grupami głębokiego uzyskiwania informacji.
- Porównaj grupę kontrolną z pozostałymi czterema grupami.
- Porównaj dwie grupy powierzchownego uzyskiwania informacji między sobą.
- Porównaj dwie grupy głębokiego uzyskiwania informacji między sobą.

W tym celu wykonaj następujące polecenia:

- Zapisz odpowiednie hipotezy.
- Wyraż je za pomocą kontrastów.
- Czy ten układ kontrastów jest ortogonalny?
- Przetestuj zaproponowane kontrasty.

```
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## Instrukcja      4 1353.7    338.4   53.064 < 2e-16 ***
## Instrukcja: C1   1  837.2    837.2  131.272 6.19e-15 ***
## Instrukcja: C2   1  471.2    471.2   73.889 4.76e-11 ***
## Instrukcja: C3   1    6.1      6.1    0.949  0.335
## Instrukcja: C4   1   39.2     39.2    6.146  0.017 *
## Residuals      45  287.0      6.4
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```