

10 Neparametrické testy

Dataset: 15-anova-means-skull.txt

Datový soubor 15-anova-means-skull.txt obsahuje původní kranioetrické údaje o výšce horní části tváře mužů z německé, malajské, čínské, peruánské a bantuské populace. Data pochází z archivních materiálů (Schmidt, 1888).

Popis proměnných v datasetu:

- pop ... populace (nem - německá, mal - malajská, cin - čínská, per - peruánská, ban - bantuská);
- sex ... pohlaví jedince (m - muž);
- upface.H ... výška horní části tváře, přímá vzdálenost mezi body *nasion* a *prosthion* (v mm).

Příklad 10.1. Wilcoxonův jednovýběrový test

Mějme datový soubor 15-anova-means-skull.txt a proměnnou upface.H popisující výšku horní části tváře. Na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ zjistěte, zda je výška horní části tváře u německé mužské populace větší než u mužské populace Černjachovské kultury (území dnešní Ukrajiny; $m_{cern} = 70.00$ mm, $n_{cern} = 99$).

Řešení příkladu 10.1

```
1 data <- read.delim(...) # nacteni datoveho souboru
2 upface.HN <- na.omit(data[... , ...]) # vyber sl. upface.H pro muze nemecke pop. + odstraneni NA
3 n <- ... # rozsah nahodneho vyberu vysek horni casti tvare muzu
4 tab <- data.frame(n = ... , min = ... , max = ...) # souhrnna tabulka vysledku (n, min, max)
```

```
  n min max
1 19 62 76
```

5
6

Náhodný výběr obsahuje údaje o výšce horní části tváře mužů německé populace. Naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí-..... mm. Nyní ověříme **normalitu** naměřených hodnot.

Test normality

- H_0 : Data z normálního rozdělení.
- H_1 : Data z normálního rozdělení.

Hladina významnosti $\alpha = \dots \dots \dots$ $n = \dots \dots \dots$ je menší / větší než 50 \rightarrow Shapiro-Wilkův / Lillieforsův test.

```
[1] 0.04190113
```

7

Náhodný výběr výšek horní části tváře mužů německé populace z normálního rozdělení (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.05$). Protože data nepochází z normálního rozdělení, použijeme na ověření otázky ze zadání **neparametrický test**. Vhodný neparam. test vybereme podle výsledku testu symetrie.

Test symetrie

- H_0 : Data z rozdělení symetrického okolo mediánu.
- H_1 : Data z rozdělení symetrického okolo mediánu.

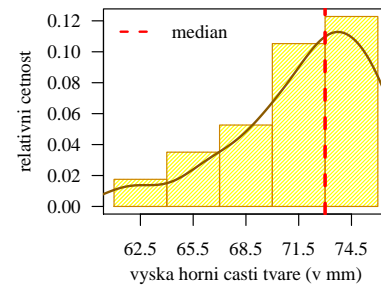
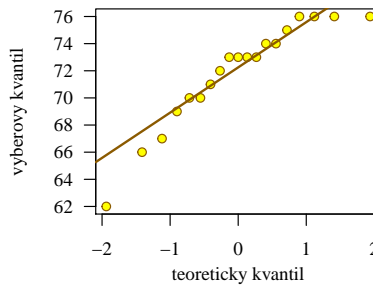
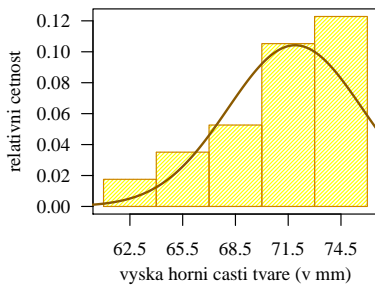
Hladina významnosti $\alpha = \dots \dots \dots$ Miaové test.

```
8 lawstat::symmetry.test(upface.HN, boot = F, option = 'MGG')$p.val # Miaove test symetrie
```

```
[1] 0.06815532
```

9

Náhodný výběr výšek horní části tváře mužů německé populace z rozdělení symetrického okolo mediánu (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.05$). Protože data pochází ze symetrického rozdělení, použijeme **Wilcoxonův jednovýběrový test**.



Wilcoxonův jednovýběrový test

- H_0 :
- H_1 : (..... alternativa).
- Hladina významnosti $\alpha =$

```

10 x0 <- ... # hodnota x0 z H0
11 alpha <- ... # hladina vyznamnosti alpha
12 m <- sum(upface.HN - x0 != 0) # pocet nenulovych rozdilu X - x0
13 wilcox.test(upface.HN, mu = x0, conf.int = T, conf.level = ...,
14             alternative = ..., correct = F) # jednovyberovy Wilcoxonuv test
15 qsignrank(...) # dolni hranice krit. oboru

```

```

      Wilcoxon signed rank test

data:  upface.HN
V = 118.5, p-value = 0.02286
alternative hypothesis: true location is greater than 70
95 percent confidence interval:
 70.50006      Inf
sample estimates:
(pseudo)median
 72.99994

```

16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

```

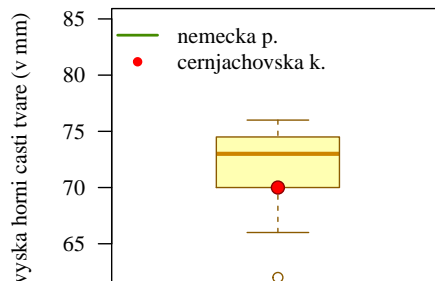
      q
1 111

```

27
28

- Test kritickým oborem**
Hodnota testovací statistiky $s_E =$, kritický obor W má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$
- Test intervalem spolehlivosti**
Interval spolehlivosti má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$
- Test p -hodnotou**
 P -hodnota = Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$

Interpretace výsledků: Výška horní části tváře u německé mužské populace je / není statisticky významně větší než u mužské populace Černjachovské kultury.



Dataset: 21-goldman-shells.csv

Datový soubor 21-goldman-shells.csv obsahuje osteometrické údaje o délce lýtkové kosti z pravé a levé strany u mužů a žen ze tří japonských populací (Tsugumo Shell Mound, Yoshigo Shell Mound a Yasaki Shell Mound). Data pochází ze souboru dokumentovaných skeletů (Goldman, 2006).

Popis proměnných v datasetu:

- sex ... pohlaví jedince (m - muž, f - žena);
- pop ... populace (tsg = Tsugumo Shell Mound, yos = Yoshigo Shell Mound, yas = Yasaki Shell Mound);
- tibia.LR ... délka lýtkové kosti z pravé strany (v mm);
- tibia.LL ... délka lýtkové kosti z levé strany (v mm).

Příklad 10.2. Znaménkový jednovýběrový test

Mějme datový soubor 21-goldman-shells.csv a proměnnou tibia.LR popisující délku lýtkové kosti z pravé strany. Na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ testujte hypotézu, že délka lýtkové kosti z pravé strany u žen z neolitické japonské populace je stejná jako u žen současné japonské populace ($m_f = 329.40$ mm, $s_f = 17.3$ mm, $n_f = 342$).

Řešení příkladu 10.2

```
29 data <- read.delim(...) # nactení datoveho souboru
30 tibia.LRF <- data[...] & ..., ...] # vyber promenne tibia.LR pro zeny z populace Yoshigo S.M.
31 tibia.LRF <- na.omit(...) # odstraneni NA hodnot z vektoru tibia.LRF
32 n <- ... # rozsah nahodneho vyberu
33 tab <- data.frame(...) # souhrnna tabulka vysledku (n, min, max)
```

```
  n min  max
1  8 299 331.5
```

34
35

Náhodný výběr obsahuje údaje o délce lýtkové kosti z pravé strany žen neolitické japonské populace. Naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí-..... mm. Nyní ověříme **normalitu** naměřených hodnot.

Test normality

- H_0 : Data z normálního rozdělení.
- H_1 : Data z normálního rozdělení.

Hladina významnosti $\alpha = \dots$. $n = \dots$ je menší / větší než 50 \rightarrow Shapirův-Wilkův / Lillieforsův test.

```
[1] 0.03395534
```

36

Náhodný výběr délek lýtkových kostí z pravé strany u žen z neolitické japonské populace z normálního rozdělení (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.05$). Protože data nepochází z normálního rozdělení, použijeme na ověření otázky ze zadání **neparametrický test**. Vhodný neparametrický test vybereme v závislosti na výsledku testu symetrie.

Test symetrie

- H_0 : Data z rozdělení symetrického okolo mediánu.
- H_1 : Data z rozdělení symetrického okolo mediánu.

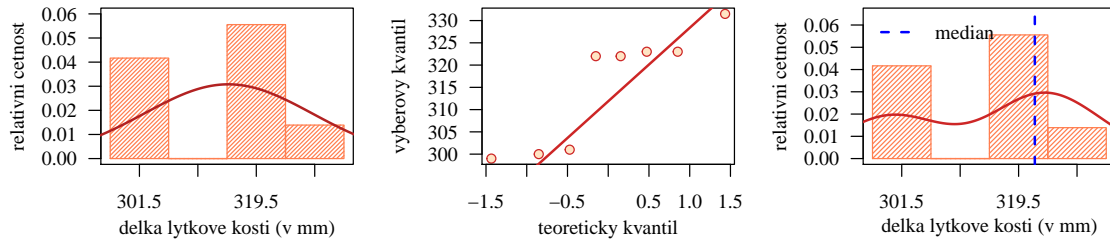
Hladina významnosti $\alpha = \dots$. Miaové test.

```
37 lawstat::symmetry.test(..., boot = ..., option = ...) $p.val # Miaove test symetrie
```

```
[1] 0.03567783
```

38

Náhodný výběr délek lýtkových kostí z pravé strany u žen z neolitické japonské populace z rozdělení symetrického okolo mediánu (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.05$). Protože data nepochází ze symetrického rozdělení, použijeme na ověření otázky ze zadání **znaménkový jednovýběrový test**.



Znaménkový jednovýběrový test

- H_0 :
- H_1 : (..... alternativa).
- Hladina významnosti $\alpha =$

```

39 x0 <- ... # hodnota x0 z H0
40 alpha <- ... # hladina vyznamnosti alpha
41 m <- sum(tibia.LRF - x0 != 0) # pocet nenulovych rozdilu X - x0
42 BSDA::SIGN.test(..., md = x0, alternative = ..., conf.level = ...) # jednovyberovy znamenkovy test
43 qbinom(...) - 1 # horni hranice kritickeho oboru
44 qbinom(...) - 1 # dolni hranice kritickeho oboru

```

```

One-sample Sign-Test

data:  tibia.LRF
s = 1, p-value = 0.07031
alternative hypothesis: true median is not equal to 329.4
95 percent confidence interval:
 299.6750 325.7625
sample estimates:
median of x
      322

Achieved and Interpolated Confidence Intervals:

          Conf.Level  L.E.pt  U.E.pt
Lower Achieved CI    0.9297 300.000 323.0000
Interpolated CI      0.9500 299.675 325.7625
Upper Achieved CI    0.9922 299.000 331.5000

```

45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64

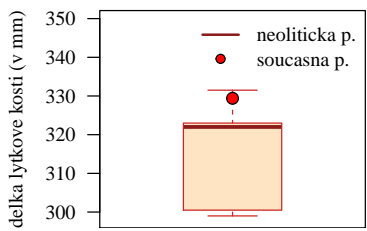
```

q1 q2
1  0  6

```

- Test kritickým oborem**
Hodnota testovací statistiky $s_E =$, kritický obor W má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$
- Test intervalem spolehlivosti**
Pro Znaménkový test vynecháváme testování intervalem spolehlivosti.
- Test p -hodnotou**
 P -hodnota = Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$

Interpretace výsledků: Mezi délkou lýtkové kosti z pravé strany u žen neolitické japonské populace a u žen novověké japonské populace je / není statisticky významný rozdíl.



Dataset: 21-goldman-tigara.csv

Datový soubor 21-goldman-tigara.csv obsahuje osteometrické údaje (Goldman, 2006) o anteroposteriorním průměru hlavice stehenní kosti z pravé a levé strany u skeletů aljašské populace z kmene Tigara a z kmene Ipituaq.

Popis proměnných v datasetu:

- sex ... pohlaví jedince (m - muž, f - žena);
- pop ... populace (Tigara - aljašská populace z kmene Tigara, Ipituaq - aljašská populace z kmene Ipituaq);
- femur.HDL ... anteroposteriorní průměr hlavice stehenní kosti z pravé strany (v mm);
- femur.HDR ... anteroposteriorní průměr hlavice stehenní kosti z levé strany (v mm).

Příklad 10.3. Wilcoxonův párový test

Mějme datový soubor 21-goldman-tigara.csv a proměnnou femur.HDR (resp. femur.HDL) popisující anteroposteriorní průměr hlavice stehenní kosti z pravé (resp. z levé) strany. Na hladině významnosti $\alpha = 0.10$ zjistěte, zda je u skeletů žen z kmene Ipituaq anteroposteriorní průměr hlavice stehenní kosti z levé strany menší než z pravé strany.

Řešení příkladu 10.3

```
65 data <- read.delim(...) # nacteni datoveho souboru
66 data.F <- data[... & ..., c(..., ...)] # vyber femur.HDR a femur.HDR pro zeny z kmene Ipituaq
67 data.F <- na.omit(...) # odstraneni NA hodnot
68 femur.HDL <- data.F$... # vyber sloupce femur.HDL z tabulky data.F
69 femur.HDR <- data.F$... # vyber sloupce femur.HDR z tabulky data.F
70 diff <- ... # rozdil vektoru femur.HDL a femur.HDR (v poradí leva - prava)
71 n <- ... # rozsah nahodneho vyberu rozdilu
72 tab <- data.frame(...) # souhrnna tabulka vysledku (n, min.L, max.L, min.R, max.R)
```

	n	min.L	max.L	min.R	max.R
1	12	38	44.02	37.85	44.09

73
74

Náhodný výběr obsahuje údaje o anteroposteriorních průměrech stehenních kostí žen z kmene Ipituaq. Naměřené hodnoty z levé strany se pohybují v rozmezí-..... mm, naměřené hodnoty z pravé strany se pohybují v rozmezí-..... mm. Nyní ověříme **normalitu** rozdílů hodnot naměřených z levé a pravé strany.

Test normality rozdílů na levé a pravé straně

- H_0 : Rozdíly mezi levou a pravou stranou z normálního rozdělení.
- H_1 : Rozdíly mezi levou a pravou stranou z normálního rozdělení.

Hl. významnosti $\alpha = \dots$. $n = \dots$ je menší / větší než 50 \rightarrow Shapirův-Wilkův / Andersonův-Darlingův test.

```
[1] 0.02463559
```

75

Náhodný výběr rozdílů z levé a z pravé strany z normálního rozdělení (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.10$). Protože rozdílů nepochází z normálního rozdělení, použijeme na ověření otázky ze zadání **neparametrický párový test**. Konkrétní test vybereme v závislosti na výsledku testu symetrie.

Test symetrie

- H_0 : Rozdíly mezi levou a pravou stranou z rozdělení symetrického okolo mediánu.
- H_1 : Rozdíly mezi levou a pravou stranou z rozdělení symetrického okolo mediánu.

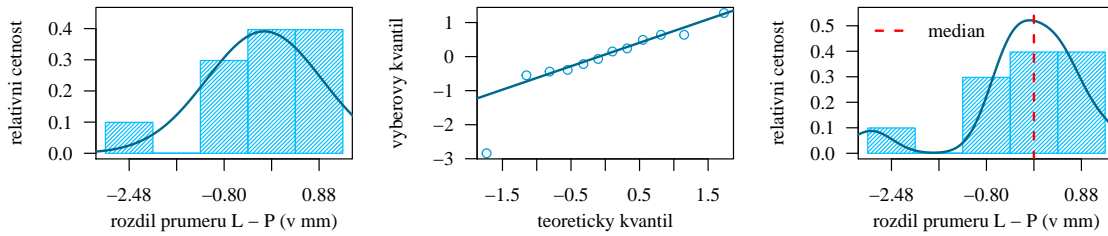
Hladina významnosti $\alpha = \dots$. Mioové test.

```
76 lawstat::symmetry.test(diff, boot = ..., option = ...)$p.val # Mioove test symetrie rozdilu
```

```
[1] 0.475678
```

77

Náhodný výběr rozdílů z levé a z pravé strany z rozdělení symetrického okolo mediánu (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.10$). Protože rozdílů pochází z rozdělení symetrického okolo mediánu $x_{0.50} = 0.04$, použijeme na ověření otázky ze zadání **Wilcoxonův párový test**.



Wilcoxonův párový test

- H_0 : →
- H_1 : → (..... alternativa).
- Hladina významnosti α =

```
78 z0 <- ... # hodnota z0 z H0
79 alpha <- ... # hladina významnosti alpha
80 m <- sum(diff - z0 != 0) # pocet nenulovych rozdilu Z - z0
81 wilcox.test(diff, mu = z0, conf.int = T, alternative = ..., conf.level = ..., correct = F)
82 qsignrank(...) - 1 # horni hranice kritickeho oboru
```

```
Wilcoxon signed rank test

data: diff
V = 43, p-value = 0.6232
alternative hypothesis: true location is less than 0
90 percent confidence interval:
 -Inf 0.3199681
sample estimates:
(pseudo)median
 0.04502772
```

83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93

```
q
1 21
```

94
95

a) Test kritickým oborem

Hodnota testovací statistiky s_E =, kritický obor W má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti α =

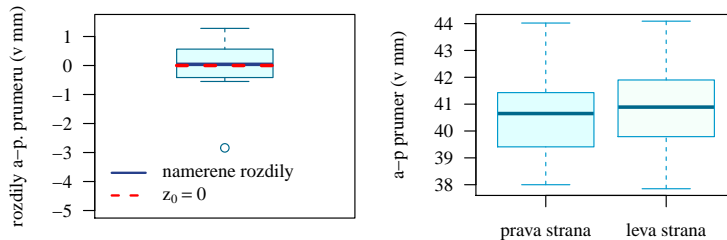
b) Test intervalem spolehlivosti

Interval spolehlivosti má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti α =

c) Test p -hodnotou

P -hodnota = Protože, H_0 na hladině významnosti α =

Interpretace výsledků: Anteroposteriorní průměr hlavice stehenní kosti u žen z aljašské populace z kmene Ipituaq je / není statisticky významně menší z levé strany než z pravé strany.



Alternativní syntaxe funkce wilcox.test() pro použití párového testu:

```
96 wilcox.test(femur.HDL, femur.HDR, paired = T, conf.int = T, conf.level = 0.95,
97 alternative = 'less', correct = F)
```



Dataset: 19-more-samples-correlations-skull.txt

Datový soubor 19-more-samples-correlations-skull.txt obsahuje údaje o šířce nosu a o interorbitální šířce mužů z německé, malajské, čínské, peruánské a bantuské populace. Data pochází z archivních materiálů (Schmidt, 1888).

Popis proměnných v datasetu:

- pop ... populace (nem - německá, mal - malajská, cin - čínská, per - peruánská, ban - bantuská);
- sex ... pohlaví jedince (m - muž);
- nose.B ... šířka nosu (v mm);
- intorb.B ... interorbitální šířka (v mm).

Příklad 10.4. Wilcoxonův dvouvýběrový test

Mějme datový soubor 19-more-samples-correlations-skull.txt a proměnnou (intorb.B) popisující interorbitální šířku. Na hladině významnosti $\alpha = 0.10$ otestujte, zda je interorbitální šířka u mužů bantuské populace menší nebo rovna interorbitální šířce u mužů peruánské populace.

Řešení příkladu 10.4

```
98 data <- read.delim(...) # nacteni datoveho souboru
99 intorb.BB <- na.omit(data[... , ...]) # vyber intorb.B muzu bantuske populace + odstraneni NA
100 intorb.BP <- na.omit(data[... , ...]) # vyber intorb.B muzu cinske populace + odstraneni NA
101 n1 <- length(...) # rozsah nahodneho vyberu bantuske populace
102 n2 <- length(...) # rozsah nahodneho vyberu cinske populace
```

```
n1 n2
1 14 46
```

103
104

V rámci tohoto příkladu pracujeme se náhodnými výběry. První výběr obsahuje údaje o interorbitální šířce mužů populace, druhý výběr obsahuje údaje o interorbitální šířce mužů populace. Nyní ověříme **normalitu** naměřených hodnot (**zvlášť v každém výběru!!!**).

Test normality naměřených hodnot pro muže bantuské populace

- H_0 : Data z normálního rozdělení.
- H_1 : Data z normálního rozdělení.

Hladina významnosti $\alpha = \dots$. $n = \dots$ je menší / větší než 50 → Shapirův-Wilkův / Lillieforsův test.

```
[1] 0.4537105
```

105

Náhodný výběr interorbitálních šířek mužů bantuské populace z normálního rozdělení (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.10$).

Test normality naměřených hodnot pro muže peruánské populace

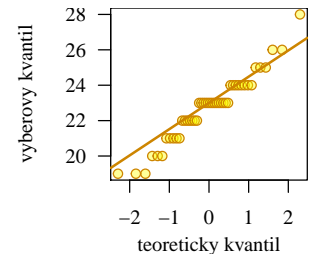
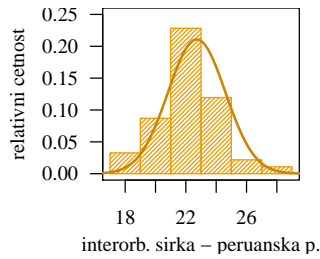
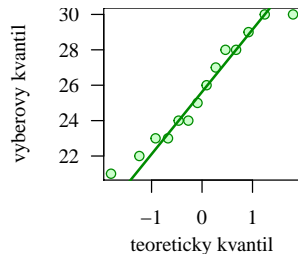
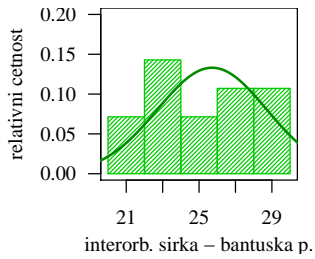
- H_0 : Data z normálního rozdělení.
- H_1 : Data z normálního rozdělení.

Hladina významnosti $\alpha = \dots$. $n = \dots$ je menší / větší než 50 → Shapirův-Wilkův / Lillieforsův test.

```
[1] 0.08481863
```

106

Náhodný výběr interorbitálních šířek mužů peruánské populace z normálního rozdělení (p -hodnota = je menší / větší než $\alpha = 0.10$). Protože naměřené hodnoty interorbitální šířky mužů peruánské populace nepochází z normálního rozdělení, použijeme na otestování hypotézy ze zadání neparametrický **Wilcoxonův dvouvýběrový test**.



Wilcoxonův dvouvýběrový test

- H_0 :
- H_1 : (..... alternativa).
- Hladina významnosti α =

```

107 x0 <- ... # hodnota x0 z H0
108 alpha <- ... # hladina významnosti alpha
109 wilcox.test(intorb.BB, intorb.BP, conf.level = ..., alternative = ..., conf.int = ...,
110             exact = F) # Wilcoxonův dvouvýběrový test
111 qwilcox(...) # dolní hranice kritického oboru

```

```

      Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data:  intorb.BB and intorb.BP
W = 504.5, p-value = 0.0006284
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
90 percent confidence interval:
 1.999966      Inf
sample estimates:
difference in location
      2.999984

```

112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122

```

      q
1 396

```

123
124

a) Test kritickým oborem

Hodnota testovací statistiky s_E =, kritický obor W má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti α =

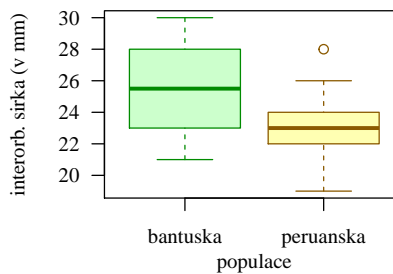
b) Test intervalem spolehlivosti

Interval spolehlivosti má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti α =

c) Test p -hodnotou

P -hodnota = Protože, H_0 na hladině významnosti α =

Interpretace výsledků: Interorbitální šířka u mužů bantuské populace je / není statisticky významně menší než u mužů peruánské populace.



Dataset: 23-3D-sken.txt

Datový soubor 23-3D-sken.txt obsahuje hodnocení programového softwaru pro 3D skenování lidského těla nabízeného 12 softwarovými firmami. Hodnotitelem byl jednak tým IT profesionálů, který posuzoval výpočetní náročnost, implementaci a softwarové zpracování programu, a jednak tým antropologů, který posuzoval uživatelskou přívětivost softwaru a rozsah nabídky poskytovaných funkcí. Oba týmy seřadily programy od nejhoršího (1) po nejlepší (12).

Popis proměnných v datasetu:

- rank.IT ... pořadí programového vybavení z hlediska hodnocení IT týmu;
- rank.ant ... pořadí programového vybavení z hlediska hodnocení antropologického týmu.

Příklad 10.5. Spearmanův pořadový exaktní test o nezávislosti

Mejme datový soubor 23-3D-sken.txt, proměnnou rank.IT popisující hodnocení IT týmu a proměnnou rank.ant popisující hodnocení týmu antropologů. Na hladině významnosti $\alpha = 0.01$ zjistěte, zda mezi hodnocením IT týmu a antropologického týmu existuje přímá závislost.

Řešení příkladu 10.5

```
125 data <- read.delim('23-3D-sken.txt', sep = '&', header = F, row.names = 1,
126                   col.names = c('', paste('sf', 1:12, sep = '_')))
127 it <- as.numeric(data[1, ]) # vyber hodnoceni IT tymu a zmena na promennou typu numeric (cisla)
128 ant <- as.numeric(data[2, ]) # vyber hodnoceni ANT tymu a zmena na promennou typu numeric (cisla)
129 n <- ... # 12; rozsah nahodneho vyberu
```

Náhodný výběr obsahuje údaje o pořadí programových vybavení stanovené IT týmem a týmem antropologů. Pořadí jsou typickým příkladem **ordinálních dat**. Proto otázku ze zadání ověříme pomocí **neparametrického testu**. Protože rozsah náhodného výběru $n = 12$, je menší / větší než 20, použijeme **Spearmanův exaktní test o nezávislosti**.

Spearmanův exaktní test o nezávislosti

- H_0 :
- H_1 : (..... alternativa).
- Hladina významnosti $\alpha =$

```
130 alpha <- ... # hladina vyznamnosti
131 source(...) # nacteni souboru 'Sbirka-AS-I-2018-funkce-II.R' (resp. .txt)
132 Spearman.test(it, ant, alternative = ..., conf.level = ..., exact = T) # Spearmanuv ex. test
133 q <- SuppDists::qSpearman(...) # horni hranice kritickeho oboru
```

	rS	sE	p.value	
1	0.714537	0.714537	0.005316266	134 135

	q	
1	0.6678322	136 137

a) Test kritickým oborem

Hodnota testovací statistiky $s_E =$, kritický obor W má tvar Protože, H_0

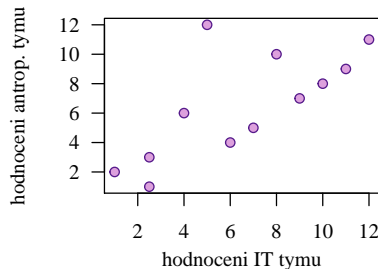
b) Test intervalem spolehlivosti

Pro Spearmanův exaktní test vynecháváme testování intervalem spolehlivosti.

c) Test p -hodnotou

P -hodnota = Protože, H_0

Interpretace výsledků: Mezi hodnocením IT týmu a antropologického týmu existuje / neexistuje přímá lineární / pořadová závislost. Mezi hodnocením obou týmů existuje stupeň závislosti ($r_S =$). Závěr testování lze také vyložit tak, že čím vyšší je úroveň programu z hlediska implementace, tím nižší / vyšší je zpravidla také jeho uživatelská přívětivost.



Dataset: 22-kralik-WHR.csv

Datový soubor 22-kralik-WHR.csv obsahuje údaje o věku a poměru obvodu pasu a boků u dětí ve věku do 16 (Králík, nepublikovaná data).

Popis proměnných v datasetu:

- sex ... pohlaví dítěte (m - muž, f - žena);
- age ... věk dítěte (v letech);
- WHR ... poměr obvodu pasu a boků (bez jednotky).

Příklad 10.6. Spearmanův pořadový asymptotický test o nezávislosti

Mejme datový soubor 22-kralik-WHR.csv, proměnnou age popisující věk dětí a proměnnou WHR popisující poměr obvodu pasu a boků. Na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ testujte hypotézu o nezávislosti věku a poměru obvodu pasu a boků u chlapců starších deseti let (včetně).

Řešení příkladu 10.6

```

138 data <- read.delim(...) # nacteni datoveho souboru
139 data.M <- data[... & ..., ...] # vyber promennych age a WHR pro muze ve veku od 10 let (age >= 10)
140 data.M <- ... # odstraneni NA hodnot
141 age.M <- ... # vyber promenne age z tabulky data.M
142 WHR.M <- ... # vyber promenne WHR z tabulky data.M
143 n <- ... # rozsah nahodneho vyberu (napr. delka vektoru age.M)

```

```

      n
1 121

```

144
145

Náhodný výběr obsahuje údaje o věku a poměru obvodu pasu a boků chlapců starších deseti let. Nyní ověříme **dvourozměrnou normalitu** naměřených hodnot.

Test dvourozměrné normality naměřených hodnot

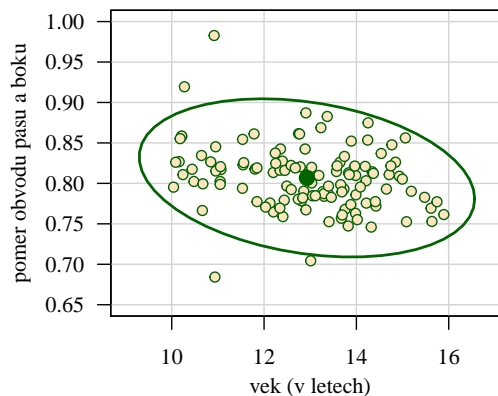
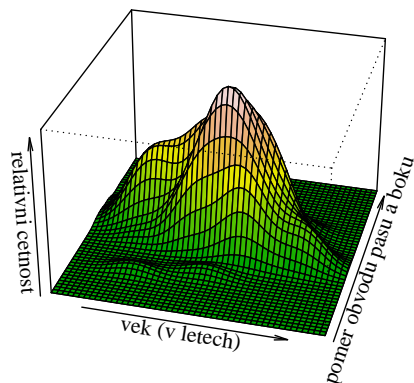
- H_0 : Data z dvourozměrného normálního rozdělení.
- H_1 : Data z dvourozměrného normálního rozdělení.

Hladina významnosti $\alpha = \dots \dots \dots$ Mardiiův test.

	Test	Statistic	p value	Result
1	Mardia Skewness	11.6015195834152	0.0205740346585907	NO
2	Mardia Kurtosis	3.67511531498358	0.000237742009634667	NO
3	MVN	<NA>	<NA>	NO

146
147
148
149

Náhodný výběr věku a poměru obvodu pasu a boků u chlapců starších deseti let z dvourozměrného normálního rozdělení. Protože data nepochází z dvourozměrného normálního rozdělení, použijeme **neparametrický test**. Protože rozsah náhodného výběru $n = 121$ je menší / větší než 20, použijeme **Spearmanův asymptotický test o nezávislosti**.



Spearmanův asymptotický test o nezávislosti

- H_0 :
- H_1 : (..... alternativa).
- Hladina významnosti $\alpha =$

```
150 alpha <- ... # hladina vyznamnosti alpha
151 source(...) # nacteni souboru 'Sbirka-AS-I-2018-funkce-II.R' (nebo .txt)
152 Spearman.test(age.M, WHR.M, alternative = ..., conf.level = ..., exact = F) # Spearmanuv as. test
153 q1 <- qnorm(...) # horni hranice kritickeho oboru
154 q2 <- qnorm(...) # dolni hranice kritickeho oboru
```

	rS	sA	p.value
1	-0.2751465	-3.014078	0.002577612

155
156

	q1	q2
1	-1.959964	1.959964

157
158

a) Test kritickým oborem

Hodnota testovací statistiky $s_A =$, kritický obor W má tvar Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$

b) Test intervalem spolehlivosti

Pro Spearmanův asymptotický test vynecháváme testování intervalem spolehlivosti.

c) Test p -hodnotou

P -hodnota = Protože, H_0 na hladině významnosti $\alpha =$

Interpretace výsledků: Mezi věkem a poměrem obvodu pasu a boků u chlapců starších deseti let existuje / nexistuje statisticky významná lineární / pořadová závislost. Mezi věkem a poměrem obvodu pasu a boků u chlapců starších deseti let existuje stupeň závislosti ($r_S =$).

