Základní parametrické testy středních hodnot

Testování středních hodnot

- **Nulové hypotézy se týkají středních hodnot distribucí, z nichž pochází pozorovaná data**
  - Rovnost střední hodnoty zadané konstantě
  - Shoda středních hodnot dvou nebo více náhodných veličin
- **Cílem je prokázat odchylky reprezentované alternativní hypotézou**
  - Střední hodnota je jiná než zadaná konstanta
  - Alespoň jedna veličina má jinou střední hodnotu než ostatní

Klasifikace testů o středních hodnotách

- **jednovýběrové testy**
  - zkoumáme jednu náhodnou veličinu
  - data v jednom sloupci datové matice
- **testy pro závislé výběry**
  - párové pro dva výběry, vícevýběrové
  - data ve dvou nebo více sloupcích datové matice
- **testy pro nezávislé výběry**
  - dvouvýběrové, vícevýběrové
  - data v jednom sloupci, datová matice rozdělená na bloky různé délky určené jinou nominální proměnnou

Parametrické testy o středních hodnotách

Předpoklady:

- **Nezávislost pozorování**
- **Nezávislost skutečných hodnot a chyb**
- **data pocházejí z normálního (Gaussova) rozdělení**
  - parametry normálního rozdělení
    - Střední hodnota μ
      - Neznámý parametr, jeho hodnotu testujeme
    - Rozptyl σ^2
      - Je-li rozptyl známý, používáme z-testy
      - Je-li rozptyl neznámý a odhadujeme ho z dat, používáme Studentovy t-testy
- ***Skupiny se nepřekrývají***
- ***Shoda rozptylů ve skupinách***

Jednovýběrový t-test

- **H_0: střední hodnota je rovna zadané konstantě**
  - $\mu = \mu_0$
- **H_A: střední hodnota se liší od zadané konstanty**
  - $\mu \neq \mu_0$
- **data pochází z normálního rozdělení**
  - před započetím testování ověř normalitu dat
    - platí pro malé soubory ($n < 30$)
    - zákon velkých čísel
- **rozptyl σ^2 neznáme**
  - v testové statistice použijeme jeho odhad na základě dat
- **střední hodnotu μ neznáme**
  - střední hodnota je předmětem testování
  - v testové statistice se vyskytuje její odhad na základě dat

- **spočti výběrový průměr**
  - odhad střední hodnoty
  - $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$
- **spočti výběrový rozptyl resp. směrodatnou odchylku**
  - odhad rozptylu
  - $s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$
- **spočti testovou t-statistiku**
  - $t = \frac{\bar{x}-\mu_0}{s}\sqrt{n}$
- **t-statistika má za platnosti nulové hypotézy Studentovo t-rozdělení o n-1 stupních volnosti**
  - kritické hodnoty jsou kvantily t-rozdělení
- **Pro velký počet pozorování lze t-rozdělení aproximovat normálním rozdělením s nulovou střední hodnotou a jednotkovým rozptylem.**

Příklad na jednovýběrový t-test

- **Běhají běžci sprint na 100m za 12s?**
  - změříme časy běžců
- **Spočteme průměr a výběrovou směrodatnou odchylku časů a otestujeme, zda střední hodnota je 12s.**
  - ověříme, zda data pochází z normálního rozdělení

$$\bar{x} = \frac{1}{5}(11{,}1 + 12{,}0 + 11{,}7 + 11{,}6 + 10{,}1) = 11{,}3$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{4}\left((11{,}1 - 11{,}3)^2 + (12{,}0 - 11{,}3)^2 + (11{,}7 - 11{,}3)^2 + (11{,}6 - 11{,}3)^2 + (10{,}1 - 11{,}3)^2\right)} = 0{,}745$$

$$t = \frac{11{,}3 - 12}{0{,}745}\sqrt{5} = -2{,}101$$

$$\mathrm{df} = 4 \qquad t_{0{,}025} = -2{,}776 \qquad t_{0{,}975} = 2{,}776$$

běžec	čas
	11,1
	12,0
	11,7
	11,6
	10,1

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Čas sprint 100m	5	11,3000	,74498	,33317

One-Sample Test

	Test Value = 12					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Čas sprint 100m	-2,101	4	,104	-,70000	-1,6250	,2250

Párový t-test

- **dva závislé výběry**
- **H_0: obě pozorované veličiny pochází z rozdělení se stejnou střední hodnotou**
  - $\mu_1 = \mu_2$
- **H_A: střední hodnoty rozdělení pozorovaných veličin se liší**
  - $\mu_1 \neq \mu_2$
- **obě pozorované veličiny pochází z normálního rozdělení**
  - před započetím testování ověř normalitu dat
  - stačí ověřit normalitu rozdílu pozorovaných veličin
    - platí pro malé soubory ($n < 30$)
    - zákon velkých čísel
- **rozptyly σ_1^2 a σ_2^2 neznáme**
  - ani nepředpokládáme, že jsou stejné nebo se liší
  - v testové statistice použijeme jeho odhad rozptylu rozdílu obou veličin na základě dat
- **střední hodnoty μ_1 a μ_2 neznáme**
  - střední hodnoty jsou předmětem testování
  - netestujeme velikost středních hodnot, nýbrž jejich shodu
  - v testové statistice se vyskytuje odhad střední hodnoty rozdílu obou veličin na základě dat
- **párový t-test se převádí na jednovýběrový t-test rozdílu pozorování**
  - $y_i = x_{1i} - x_{2i}$
  - $\mu_0 = 0$

- **spočti výběrový průměr rozdílu pozorování**
  - odhad střední hodnoty
  - $\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} y_i$
- **spočti výběrový rozptyl resp. směrodatnou odchylku**
  - Odhad rozptylu
  - $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2$
- **Spočti testovou t-statistiku**
  - $t = \frac{\bar{y}}{s} \sqrt{n}$
- **t-statistika má za platnosti nulové hypotézy Studentovo t-rozdělení o n-1 stupních volnosti**
  - Kritické hodnoty jsou kvantily t-rozdělení
- **pro velký počet pozorování lze t-rozdělení aproximovat normálním rozdělením s nulovou střední hodnotou a jednotkovým rozptylem.**

Příklad na párový t-test

- zaběhnou běžci sprint na 100m stejně rychle v tretrách A jako v tretrách B?
  - Každý běžec poběží dvakrát: jednou v tretrách A a jednou v tretrách B.
- spočteme rozdíly obou časů u každého běžce
- spočteme průměr a výběrovou směrodatnou odchylku rozdílu časů a otestujeme, zda střední hodnota je 0 s
  - ověříme, zda rozdíly pochází z normálního rozdělení

$$\bar{y} = \frac{1}{5}(-1{,}9 + 0{,}6 - 0{,}6 + 0{,}3 - 0{,}3) = -0{,}38$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{4}\left((-1{,}9 + 0{,}38)^2 + (0{,}6 + 0{,}38)^2 + (-0{,}6 + 0{,}38)^2 + (0{,}3 + 0{,}38)^2 + (-0{,}6 + 0{,}38)^2\right)} = 0{,}973$$

$$t = \frac{-0{,}38}{0{,}973}\sqrt{5} = -0{,}873$$

$$\mathrm{df} = 4 \quad t_{0{,}025} = -2{,}776 \quad t_{0{,}975} = 2{,}7765$$

běžec	čas A	čas B	rozdíl
	10,2	12,1	-1,9
	11,7	11,1	0,6
	13,6	14,2	-0,6
	11,8	11,5	0,3
	11,7	12,0	-0,3

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Čas v tretrách A	11,8000	5	1,20623	,53944
	Čas v tretrách B	12,1800	5	1,19875	,53610

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Čas v tretrách A - Čas v tretrách B	-,38000	,97314	,43520	-1,58831	,82831	-,873	4	,432

Dvouvýběrový t-test

- **dva nezávislé výběry**
- **H_0: obě pozorované veličiny pochází z rozdělení se stejnou střední hodnotou**
  - $\mu_1 = \mu_2$
- **H_A: střední hodnoty rozdělení pozorovaných veličin se liší**
  - $\mu_1 \neq \mu_2$
- **obě pozorované veličiny pochází z normálního rozdělení**
  - před započetím testování ověř normalitu obou veličin
  - platí pro malé soubory ($n < 30$)
  - zákon velkých čísel
- **rozptyly σ_1^2 a σ_2^2 neznáme**
  - musíme však ověřit, zda jsou stejné nebo se liší
  - podle výsledku ověření shody rozptylů zvolíme variantu dvouvýběrového t-testu
- **střední hodnoty μ_1 a μ_2 neznáme**
  - střední hodnoty jsou předmětem testování
  - netestujeme velikost středních hodnot, nýbrž jejich shodu

- **spočti výběrové průměry**
  - odhady středních hodnot
  - $\overline{x_1} = \frac{1}{n_1}\sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} \quad \overline{x_2} = \frac{1}{n_2}\sum_{i=1}^{n_2} x_{2i}$
- **spočti výběrové rozptyly resp. směrodatné odchylky**
  - odhady rozptylů
  - $s_1^2 = \frac{1}{n_1-1}\sum_{i=1}^{n_1}(x_{1i} - \overline{x_1})^2 \quad s_2^2 = \frac{1}{n_2-1}\sum_{i=1}^{n_2}(x_{2i} - \overline{x_2})^2$
- **otestuj, zda oba rozptyly se významně od sebe liší např. pomocí Levenova testu**
- **pokud neprokážeš odlišnost rozptylů, spočti testovou t-statistiku a její stupně volnosti**
  - $t = \frac{\overline{x_1}-\overline{x_2}}{\sqrt{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}}\sqrt{\frac{n_1 n_2(n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}} \quad \mathrm{df} = n_1 + n_2 - 2$
- **pokud prokážeš odlišnost rozptylů, spočti testovou t-statistiku a její stupně volnosti**
  - Welchův test
  - $t = \frac{\overline{x_1}-\overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}} \quad df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1}+\frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$
- **t-statistika má za platnosti nulové hypotézy Studentovo t-rozdělení o df stupních volnosti**
  - kritické hodnoty jsou kvantily t-rozdělení
- **Pro velký počet stupňů volnosti lze t-rozdělení aproximovat normálním rozdělením s nulovou střední hodnotou a jednotkovým rozptylem.**

Příklad na dvouvýběrový t-test

- **Zaběhnou červení atleti sprint na 100m stejně rychle jako modří atleti?**
  - změříme časy červených a modrých běžců
- **spočteme průměry a výběrové směrodatné odchylky pro červené a modré atlety**
  - ověříme, zda data pochází z normálního rozdělení, pro červené a modré běžce zvlášť

$$\bar{x}_{č} = \frac{1}{4}(13{,}5 + 11{,}7 + 11{,}9 + 13{,}3) = \mathbf{12,6} \qquad \bar{x}_{m} = \frac{1}{3}(11{,}7 + 11{,}6 + 12{,}7) = \mathbf{12,0}$$

$$s_{č} = \sqrt{\frac{1}{4}\left((13{,}5 - 12{,}6)^2 + (11{,}7 - 12{,}6)^2 + (11{,}9 - 12{,}6)^2 + (13{,}3 - 12{,}6)^2\right)} = \mathbf{0,93}$$

$$s_{m} = \sqrt{\frac{1}{3}\left((11{,}7 - 12{,}0)^2 + (11{,}6 - 12{,}0)^2 + (12{,}7 - 12{,}0)^2\right)} = \mathbf{0,61}$$

- **pomocí Levenova testu jsme prokázali odlišnost rozptylů na 5% hladině významnosti**
- **spočteme t-statistiku a její stupně volnosti podle Welchova testu**
  - t-statistika má neceločíselný počet stupňů volnosti, proto kritické hodnoty nehledáme v tabulkách, ale necháme si spočítat dosaženou hladinu významnosti počítačem

běžec	čas
	13,5
	11,7
	11,9
	13,3
	11,7
	11,6
	12,7

$$t = \frac{12{,}6 - 12{,}0}{\sqrt{\frac{0{,}93^2}{4} + \frac{0{,}61^2}{3}}} = \mathbf{1,03} \qquad \mathrm{df} = \frac{\left(\frac{0{,}93^2}{4} + \frac{0{,}61^2}{3}\right)^2}{\frac{\left(\frac{0{,}93^2}{4}\right)^2}{4-1} + \frac{\left(\frac{0{,}61^2}{3}\right)^2}{3-1}} = \mathbf{4,97}$$

Group Statistics

	Běžec	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Čas	Červeni	4	12,6	,93095	,46547
	Modří	3	12,0	,60828	,35119

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of ...		t-test for Equality of Means						
									95% CI of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Diff	Std. Error Diff	Lower	Upper
Čas	Equal variances assumed	7,519	,041	,961	5	,381	,60	,624	-1,005	2,205
	Equal variances not assumed			1,029	4,971	,351	,60	,583	-,902	2,102

Jednoduchá analýza rozptylu

- **dva a více nezávislých výběrů**
  - výběry se v ANOVA nazývají skupiny
- **H_0: Všechny pozorované veličiny pochází z rozdělení se stejnou střední hodnotou**
  - $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_k$
- **H_A: Alespoň jedna střední hodnota se od ostatních liší**
  - $\mu_j \neq \mu_k$
- **všechny pozorované veličiny pochází z normálního rozdělení**
  - před započetím testování ověř normalitu všech veličin
  - platí pro malé soubory ($n < 30$)
  - zákon velkých čísel
- **rozptyly σ_j^2 neznáme**
  - musíme však ověřit, zda jsou stejné nebo se liší
  - je-li alespoň jeden rozdíl odlišný, použijeme některý ze speciálních testů
- **střední hodnoty μ_j neznáme**
  - střední hodnoty jsou předmětem testování
  - netestujeme velikost středních hodnot, nýbrž jejich shodu
- **pokud prokážeme neshodu středních hodnot, můžeme pokračovat vyšetřováním, které střední hodnoty se od sebe liší**
  - simultánní testování shody středních hodnot ve dvojicích nezávislých výběrů

- **spočti výběrové průměry ve skupinách a celkový průměr bez ohledu na skupiny**
  - odhady středních hodnot
  - $\bar{x}_j = \frac{1}{n_j}\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \quad \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_k} x_{ij}$
- **spočti součet čtverců ve skupinách a součet čtverců mezi skupinami**
  - odhady vnitroskupinové a meziskupinové variability
  - $WSS = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_k}\left(x_{ij} - \bar{x}_j\right)^2$
  - $BSS = \sum_{j=1}^{k} n_j\left(\bar{x}_j - \bar{x}\right)^2$
- **spočti testovou F-statistiku**
  - $F = \frac{BSS/(k-1)}{WSS/(n-k)}$
- **F-statistika má za platnosti nulové hypotézy Fisherovo F-rozdělení o k-1 a n-k stupních volnosti**
  - kritické hodnotou je kvantil F-rozdělení

11

Příklad na jednoduchou analýzu rozptylu

- **Zaběhnou červení, modří a zelení atleti sprint na 100m stejně rychle?**
  - Změříme časy červených, modrých a zelených běžců
- **spočteme průměry pro červené, modré a zelené atlety a také celkový průměr**
  - Ověříme, zda data pochází z normálního rozdělení pro červené a modré běžce zvlášť

$$\overline{x_č} = \frac{1}{4}(13{,}5 + 11{,}7 + 11{,}9 + 13{,}3) = \mathbf{12,6} \quad \overline{x_m} = \frac{1}{3}(11{,}7 + 11{,}6 + 12{,}7) = \mathbf{12,0}$$

$$\overline{x_z} = \frac{1}{2}(11{,}1 + 12{,}3) = \mathbf{11,7} \quad \bar{x} = \frac{1}{9}(13{,}5 + 11{,}7 + 11{,}9 + 13{,}3 + 11{,}7 + 11{,}6 + 12{,}7 + 11{,}1 + 12{,}3) = \mathbf{12,2}$$

- **spočteme součty čtverců ve skupinách a mezi skupinami**

$$WSS = (13{,}5 - 12{,}6)^2 + (11{,}7 - 12{,}6)^2 + (11{,}9 - 12{,}6)^2 + (13{,}3 - 12{,}6)^2 + (11{,}7 - 12{,}0)^2$$
$$+ (11{,}6 - 12{,}0)^2 + (12{,}7 - 12{,}0)^2 + (11{,}1 - 11{,}7)^2 + (12{,}3 - 11{,}7)^2 = \mathbf{4,06}$$
$$BSS = 4 * (12{,}6 - 12{,}2)^2 + 3 * (12{,}0 - 12{,}2)^2 + 2 * (11{,}7 - 12{,}2)^2 = \mathbf{1,26}$$

- **spočteme F-statistiku a její stupně volnosti**
  - F-statistika má dvoje stupně volnosti

$$F = \frac{1{,}26/(3-1)}{4{,}06/(9-3)} = \mathbf{0,931}$$
$$df_1 = 2 \quad df_2 = 6 \quad F_{0,95} = 5{,}143$$

běžec	čas
červený	13,5
červený	11,7
červený	11,9
červený	13,3
modrý	11,7
modrý	11,6
modrý	12,7
zelený	11,1
zelený	12,3

ANOVA

Čas sprint 100m

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,260	2	,630	,931	,444
Within Groups	4,060	6	,677		
Total	5,320	8			

Analýza rozptylu opakovaných měření

- **Dva a více závislých výběrů**
- **H_0: všechny pozorované veličiny pochází z rozdělení se stejnou střední hodnotou**
  - $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \ldots = \mu_k$
- **H_A: alespoň jedna střední hodnota se od ostatních liší**
  - $\mu_j \neq \mu_k$
- **všechny pozorované veličiny pochází z normálního rozdělení**
  - před započetím testování ověř normalitu všech veličin
  - platí pro malé soubory ($n < 30$)
- **rozptyly σ_j^2 neznáme**
  - rozptyly nemusí být shodné
  - rozptyly všech párových rozdílů však shodné být musí, sféricita
- **střední hodnoty μ_j neznáme**
  - střední hodnoty jsou předmětem testování
  - netestujeme velikost středních hodnot, nýbrž jejich shodu
- **pokud prokážeme neshodu středních hodnot, můžeme pokračovat vyšetřováním, které střední hodnoty se od sebe liší**
  - simultánní testování shody středních hodnot ve dvojicích závislých výběrů

- **spočti výběrové průměry v řádcích, ve sloupcích a celkový průměr přes všechny řádky a sloupce**
  - Odhady středních hodnot

$$\overline{x_{i.}}' = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} x_{ij} \qquad \overline{x_{.j}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{ij}$$

$$\overline{x_{..}} = \frac{1}{nk}\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} x_{ij}$$

- **spočti součet čtverců ve sloupcích, součet čtverců mezi sloupci a součet čtverců mezi řádky**
  - odhady vnitroskupinové, meziskupinové a mezisubjektové variability

$$WSS = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\left(x_{ij} - \overline{x_j}\right)^2$$

$$\mathrm{BSS} = \sum_{j=1}^{k} n\left(\overline{x_j} - \overline{x}\right)^2 \qquad \mathrm{SSS} = \sum_{i=1}^{n} k\left(\overline{x_i} - \overline{x}\right)^2$$

- **spočti testovou F-statistiku**

$$F = \frac{BSS/(k-1)}{(WSS - SSS)/[(n-1)(k-1)]}$$

- **F-statistika má za platnosti nulové hypotézy Fisherovo F-rozdělení o $k-1$ a $(n-1)*(k-1)$ stupních volnosti**
  - kritickou hodnotou je kvantil F-rozdělení

13

Příklad na analýzu rozptylu opak. měření

- **Zaběhnou běžci sprint na 100m stejně rychle v tretrách A v tretrách B i v tretrách C?**
  - Každý běžec poběží třikrát: jednou v tretrách A, jednou v tretrách B a jednou v tretrách C
- **spočteme řádkové průměry sloupcové průměry a celkový průměr**
  - Ověříme, zda všechny sloupcové rozdíly mají stejný rozptyl

$$\overline{x} = \frac{1}{3}(10{,}2 + 12{,}1 + 11{,}2) = 11{,}17 \quad \overline{x} = \frac{1}{3}(11{,}7 + 11{,}1 + 12{,}2) = 11{,}67 \quad \overline{x} = \frac{1}{3}(13{,}6 + 14{,}2 + 13{,}3) = 13{,}70$$

$$\overline{x} = \frac{1}{3}(11{,}8 + 11{,}5 + 10{,}8) = 11{,}37 \quad \overline{x} = \frac{1}{3}(11{,}7 + 12{,}0 + 11{,}9) = 11{,}87$$

$$\overline{x_A} = \frac{1}{5}(10{,}2 + 11{,}7 + 13{,}6 + 11{,}8 + 11{,}7) = 11{,}80 \quad \overline{x_B} = \frac{1}{5}(12{,}1 + 11{,}1 + 14{,}2 + 11{,}5 + 12{,}0) = 12{,}18$$

$$\overline{x_C} = \frac{1}{5}(12{,}1 + 11{,}1 + 14{,}2 + 11{,}5 + 12{,}0) = 11{,}88$$

$$\overline{x} = \frac{1}{15}(10{,}2 + 11{,}7 + 13{,}6 + 11{,}8 + 11{,}7 + 12{,}1 + 11{,}1 + 14{,}2 + 11{,}5 + 12{,}0 + 12{,}1 + 11{,}1 + 14{,}2 + 11{,}5 + 12{,}0) = 11{,}95$$

- **spočteme součty čtverců ve sloupcích, mezi sloupci a mezi řádky**

$$WSS = (10{,}2 - 11{,}80)^2 + (11{,}7 - 11{,}80)^2 + (13{,}6 - 11{,}80)^2 + (11{,}8 - 11{,}80)^2 + (11{,}7 - 11{,}80)^2 +$$
$$(12{,}1 - 12{,}18)^2 + (11{,}1 - 12{,}18)^2 + (14{,}2 - 12{,}18)^2 + (11{,}5 - 12{,}18)^2 + (12{,}0 - 12{,}18)^2 +$$
$$(11{,}2 - 11{,}88)^2 + (12{,}2 - 11{,}88)^2 + (13{,}3 - 11{,}88)^2 + (10{,}8 - 11{,}88)^2 + (11{,}9 - 11{,}88)^2 = 15{,}32$$
$$BSS = 5[(11{,}80 - 11{,}95)^2 + (12{,}18 - 11{,}95)^2 + (11{,}88 - 11{,}95)^2] = 0{,}40$$
$$SSS = 3[(11{,}17 - 11{,}95)^2 + (11{,}67 - 11{,}95)^2 + (13{,}70 - 11{,}95)^2 + (11{,}37 - 11{,}95)^2 + (11{,}87 - 11{,}95)^2] = 12{,}31$$

- **spočteme F-statistiku a její stupně volnosti**
  - F-statistika má dvoje stupně volnosti

$$F = \frac{0{,}40/(3-1)}{(15{,}32 - 12{,}31)/[(5-1)*(3-1)]} = 0{,}534$$
$$df_1 = 2 \quad df_2 = 8 \quad F_{0{,}95} = 4{,}45$$

běžec	čas A	čas B	čas C
	10,2	12,1	11,2
	11,7	11,1	12,2
	13,6	14,2	13,3
	11,8	11,5	10,8
	11,7	12,0	11,9

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III SS	df	Mean Square	F	Sig.
tretry	,401	2	,201	,534	,606
	,401	1,855	,216	,534	,594
	,401	2,000	,201	,534	,606
	,401	1,000	,401	,534	,505

14

Kuchařka základních parametrických testů o středních hodnotách

- **jeden výběr = jeden sloupec dat**
    - **jednovýběrový t-test**
- **nezávislé výběry = jeden sloupec dat + identifikátor bloků datové matice**
    - dva bloky
        - **dvouvýběrový t-test pro shodné rozptyly ve skupinách**
        - **dvouvýběrový Welchův t-test pro neshodné rozptyly ve skupinách**
    - více než dva bloky
        - **jednoduchá ANOVA**
- **závislé výběry = několik sloupců dat**
    - dva sloupce
        - **párový t-test**
    - více než dva sloupce
        - **ANOVA pro opakovaná měření**