Testování hypotéz

1. t-test pro závislé výběry

T-test pro závislé výběry

- označuje se někdy také jako t-test pro párované výběry
- v naprosté většině případů se používá pro porovnání dvou měření u stejných osob (tj. páru měření u jedné skupiny osob)
- někdy také pro porovnání průměrů u dvou skupin osob, které tvoří páry (např. manželské či podle jiného klíče – věku, pohlaví, nemoci atd.)

T-test pro závislé výběry - příklad

- Psychiatr chce vyhodnotit úspěšnost určitého způsobu terapie poruch příjmu potravy. Terapie se účastnilo 10 dívek. U každé z nich byla zaznamenána váha před a po terapii. Psychiatr si chce ověřit, zda jejich hmotnost průkazně vzrostla.

T-test pro závislé výběry - příklad

hmotnost před terapií	hmotnost po terapii
36	45
38	41
45	40
45	45
38	45
40	63
49	59
54	63
47	54
49	61

T-test pro závislé výběry

- průměrná hmotnost před zahájením terapie **44.1** kg
  směrodatná odchylka 5.90
- průměrná hmotnost po ukončení terapie **51.6** kg
  směrodatná odchylka 9.35

T-test pro závislé výběry - příklad

před	po	**rozdíl** (před – po)
36	45	-9
38	41	-3
45	40	+5
45	45	0
38	45	-7
40	63	-23
49	59	-10
54	63	-9
47	54	+7
49	61	-12

T-test pro závislé výběry

- **průměrný rozdíl** hmotnosti před a po terapii byl **7.5** kg
  směrodatná odchylka rozdílu 7.49

T-test pro závislé výběry

- **nulová hypotéza**: terapie není účinná – rozdíl v hmotnosti před a po terapii se statisticky významně neliší od nuly
- jinými slovy: je velká pravděpodobnost, že rozdíl o této velikosti (7.5 kg) je pouze náhodný

T-test pro závislé výběry

- **alternativní hypotéza**: terapie je účinná – existuje rozdíl v hmotnosti před a po terapii
- jinými slovy: je jen velmi malá pravděpodobnost, že rozdíl o této velikosti (7.5 kg) je pouze náhodný

T-test pro závislé výběry

$$t = \frac{\overline{D}}{\frac{s_D}{\sqrt{N}}}$$

T-test pro závislé výběry

- $t = -7.5 / (7.48/\sqrt{10})$
  $t = -7.5 / 2.37$
  $t = \mathbf{-3.16}$
- df = n-1 = 10-1 = **9**
  (počet stupňů volnosti pro vyhledání pravděpodobnosti v tabulce t-rozdělení)

T-test pro závislé výběry

- **hladina významnosti:** použijeme α =5%
- pokud je pravděpodobnost získání takto rozdílných průměrů menší než 5%, pak zamítneme H_0 (závěr – terapie je účinná)
- pokud je pravděpodobnost získání takto rozdílných průměrů větší než 5%, pak H_0 nezamítneme – pozorovaný rozdíl přičteme náhodě

Table D.6 Percentage Points of the *t* Distribution (Source: The entries in this table were computed by the author.)

	Level of Significance for One-Tailed Test								
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.01	.005	.0005
	Level of Significance for Two-Tailed Test								
df	**.50**	**.40**	**.30**	**.20**	**.10**	**.05**	**.02**	**.01**	**.001**
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	63.662
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.496
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.390
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

T-test pro závislé výběry

- kritická hodnota t je 2.262
- získaná hodnota t je 3.16 – větší než kritická hodnota
- rozdíl obou průměrů je tedy **statisticky významný na hladině 5%**
- můžeme zamítnout nulovou hypotézu
- terapie je účinná

T-test pro závislé výběry ve Statistice

Proměnná	t-test pro závislé vzorky (příklad 3) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000							
	Průměr	Sm.odch.	N	Rozdíl	Sm.odch. rozdílu	t	sv	p
hmotnost PŘEI	44,1000	5,89632						
hmotnost PO	51,6000	9,34760	1C	-7,5000	7,48702	-3,1677	9	0,0114C

Porovnání výzkumných plánů

- t-test pro nezávislé výběry se používá většinou u výzkumných plánů s výzkumnou a kontrolní skupinou
- zatímco t-test pro závislé výběry většinou u <u>výzkumných plánů s opakovaným měřením</u> u stejných osob

Porovnání výzkumných plánů

- **výhody** opakovaného měření:
  - kontrola vlivu intervenujících proměnných (všichni jsou v jedné skupině, nehrají roli případné náhodné rozdíly mezi skupinami)
  - postačí menší vzorek (test pro závislé výběry má větší statistickou sílu – spíše zamítne nulovou hypotézu, pokud neplatí)

Porovnání výzkumných plánů

- **nevýhody** opakovaných měření:
  - nemůže být použito pro všechny výzkumné problémy (porovnání mužů a žen, vzdělaných a nevzdělaných…)
  - možný vliv učení či únavy při testování výkonovými testy

Analýza rozptylu

- logika analýzy rozptylu
- výpočetní postup
- mnohonásobná porovnávání

Porovnávání průměrů

- t-testy jsou určeny pouze pro porovnávání dvojice průměrů
- v mnoha výzkumných plánech je však více skupin než dvě
  - např. v příkladu s testováním účinnosti nového léku může být kromě skupin s testovaným lékem a placebem ještě skupina se starým lékem

Porovnávání průměrů

- rozdíly mezi více skupinami by sice bylo možné otestovat po dvojicích pomocí t-testu, ale…
  - pravděpodobnosti v tabulce t-rozdělení jsou spočítány za předpokladu, že je prováděno pouze jediné srovnání
  - čím více testů, tím <u>vyšší pravděpodobnost chyby I. druhu</u> (např. pro 3 srovnání je 5% alfa ve skutečnosti 10%, pro 10 srovnání 30% atd.)

Analýza rozptylu

- proto je vhodnější místo mnoha t-testů použít jinou statistickou techniku – analýzu rozptylu
- **an**alysis **o**f **va**riance –ANOVA
- umožňuje otestovat rozdíly mezi průměry více skupin najednou

Logika analýzy rozptylu

- analýza rozptylu nevyužívá pro testování rozdílu mezi průměry samotné průměry, ale **rozptyly**
- počítají se dva odhady:
  - rozptyl uvnitř skupin (within-groups nebo within-subjects variance)
  - rozptyl mezi skupinami (between-groups nebo between-subjects variance)

Logika analýzy rozptylu

- **rozptyl uvnitř skupin** je ukazatel celkové variability uvnitř skupin – tj. jak se od sebe vzájemně liší osoby v rámci jednotlivých skupin
- **rozptyl mezi skupinami** je měřítkem variability mezi skupinami – tj. jak se od sebe liší skupiny osob

Logika analýzy rozptylu

- poměr těchto dvou rozptylů je statistika F

$$F = \frac{\text{rozptyl mezi skupinami}}{\text{rozptyl uvnitř skupin}}$$

Logika analýzy rozptylu

- pokud nejsou mezi skupinami rozdíly, pak by měl být rozptyl mezi skupinami a uvnitř skupin velmi podobný (teoreticky shodný - F=1)
- pokud jsou mezi skupinami rozdíly, pak budou tyto rozdíly (between)větší než vzájemné rozdíly mezi osobami uvnitř skupin (within)

Logika analýzy rozptylu

- je-li F>1, pak kromě F musíme ještě spočítat pravděpodobnost, že bychom takto vysoké získali náhodou (tj. statistickou významnost)
- <u>tabulka</u> F rozdělení je vždy pro konkrétní hodnotu alfa; má v řádcích počet stupňů volnosti pro rozptyl uvnitř skupin a ve sloupcích pro rozptyl mezi skupinami

Analýza rozptylu - příklad

- v klasickém experimentu testujícím tzv. efekt přihlížejících (bystander effect) zjišťovali Darley a Latane, zda má přítomnost dalších lidí vliv na naši ochotu pomoci někomu v nouzi
- ZO čekala v místnosti s dalšími 0, 2 nebo 4 osobami

Analýza rozptylu - příklad

- experimentátorka odešla něco připravit do vedlejší místnosti a bylo slyšet, že upadla a vykřikla něco o bolesti v kotníku
- závislou proměnnou byla doba, která uplynula do nabídnutí pomoci experimentátorce (v sekundách)

ZO sama	*2 další osoby*	*4 další osoby*
27	30	29
20	35	20
22	20	34
21	31	38
19	29	29
20	30	36
30	20	30
31	22	35
22	21	28
25	38	33
27		33
21		

Analýza rozptylu - příklad

	0 osob	***2 osoby***	***4 osoby***
průměr	23,75	27,60	31,36
směrodatná odchylka	4,11	6,48	4,94
ΣX	285	276	345
ΣX^2	6955	7996	11065
n	12	10	11

Analýza rozptylu

- **1. krok** – výpočet <u>celkového rozptylu</u> (součtu čtverců – sum of squares) $SST\ (SS_{total}) = SSB + SSW$
- $SST = \Sigma(X-\bar{X})^2$
- výpočetní rovnice
  $SST = \Sigma X^2 - [(\Sigma X)^2/n]$

Analýza rozptylu - příklad

- $SST = \Sigma X^2 - [(\Sigma X)^2/n]$

  $SST = (27^2+20^2+22^2+\ldots+33^2)-[(906)^2/33]$

  $SST = 26016 - 24873{,}818$

  $\underline{SST = 1142{,}182}$

Analýza rozptylu

- **2. krok** – výpočet rozptylu mezi skupinami SSB ($SS_{between}$)

- $SSB = \Sigma n_k(\bar{X}_k - \bar{X})^2$

  - n_k je počet osob ve skupině
  - $\bar{X}_k$ je průměr skupiny

Analýza rozptylu - příklad

- $SSB = \Sigma n_k(\bar{X}_k-\bar{X})^2$

  $SSB = 12*(23,75-27,45)^2 + 10*(27,60-27,45)^2 + 11*(31,36-27,45)^2$

  $SSB = 12*(-3,7)^2+10*(0,15)^2+(11*3,91)^2$

  <u>SSB = 332,968</u>

Analýza rozptylu

- **3. krok** – výpočet rozptylu uvnitř skupin SSW (SS_{within})

- SSW = $\Sigma(X-\bar{X}_k)^2$
  - $\bar{X}_k$ je průměr skupiny

- výpočetní rovnice

  SSW = SST - SSB

Analýza rozptylu - příklad

- SSW = SST – SSB

  SSW = 1142,182 – 332,986

  <u>SSW = 809,196</u>

Analýza rozptylu - příklad

- **4. krok** – výpočet stupňů volnosti
- pro SST: dft = n-1 (n je **celkový** počet osob)
  - dft = 33-1 = 32
- pro SSB: dfb = k-1 (k je počet skupin)
  - dfb = 3-1 = 2
- pro SSW: dfw = n-k
  - dfw = 33-3 = 30

Analýza rozptylu - příklad

	SS (SČ)	df	MS (PČ)	F
between	332,986	2	166,493	6,17
within	809,196	30	26,973	
total	1142,182	32	rozptyl mezi skupinami rozptyl uvnitř skupin	

Analýza rozptylu - příklad

- F = rozptyl mezi / rozptyl uvnitř

  F = MSB / MSW

  F = 166,493 / 26,973

  F = 6,17
- F vypadá větší než 1, ale jak je pravděpodobné, že by tento výsledek byl náhodný? tj., je F statisticky významné?

Analýza rozptylu - příklad

- $F(2, 30) = 6{,}17$

Table D.3 Critical Values of the *F* Distribution Alpha = .05 (Source: The entries in this table were computed by the author.)

Degrees of Freedom for Denominator	Degrees of Freedom for Numerator 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	50
1	161.4	199.5	215.8	224.8	230.0	233.8	236.5	238.6	240.1	242.1	245.2	248.4	248.9	250.5	250.8	252.6
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.43	19.44	19.46	19.47	19.48	19.48
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.70	8.66	8.63	8.62	8.59	8.58
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.70
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.62	4.56	4.52	4.50	4.46	4.44
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	3.94	3.87	3.83	3.81	3.77	3.75
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.51	3.44	3.40	3.38	3.34	3.32
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.22	3.15	3.11	3.08	3.04	3.02
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.01	2.94	2.89	2.86	2.83	2.80
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.85	2.77	2.73	2.70	2.66	2.64
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.72	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.62	2.54	2.50	2.47	2.43	2.40
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.53	2.46	2.41	2.38	2.34	2.31
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.46	2.39	2.34	2.31	2.27	2.24
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.40	2.33	2.28	2.25	2.20	2.18
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.35	2.28	2.23	2.19	2.15	2.12
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.31	2.23	2.18	2.15	2.10	2.08
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.27	2.19	2.14	2.11	2.06	2.04
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	2.00
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.20	2.12	2.07	2.04	1.99	1.97
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.15	2.07	2.02	1.98	1.94	1.91
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.11	2.03	1.97	1.94	1.89	1.86
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.07	1.99	1.94	1.90	1.85	1.82
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.79
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.01	1.93	1.88	1.84	1.79	1.76
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	1.92	1.84	1.78	1.74	1.69	1.66
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.87	1.78	1.73	1.69	1.63	1.60
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.84	1.75	1.69	1.65	1.59	1.56
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.75	1.66	1.60	1.55	1.50	1.46
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.72	1.62	1.56	1.52	1.46	1.41
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.69	1.59	1.53	1.48	1.42	1.38
1000	3.85	3.01	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.68	1.58	1.52	1.47	1.41	1.36

Table D.4 **Critical Values of the *F* Distribution** **Alpha = .01** (Source: The entries in this table were computed by the author.)

Degrees of Freedom for Denominator	Degrees of Freedom for Numerator															
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**	**50**
1	4048	4993	5377	5577	5668	5924	5992	6096	6132	6168	6079	6168	6214	6355	6168	6213
2	98.50	99.01	99.15	99.23	99.30	99.33	99.35	99.39	99.40	99.43	99.38	99.48	99.43	99.37	99.44	99.59
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23	26.87	26.69	26.58	26.51	26.41	26.36
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.20	14.02	13.91	13.84	13.75	13.69
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.72	9.55	9.45	9.38	9.29	9.24
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.56	7.40	7.30	7.23	7.14	7.09
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.31	6.16	6.06	5.99	5.91	5.86
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.52	5.36	5.26	5.20	5.12	5.07
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	4.96	4.81	4.71	4.65	4.57	4.52
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.56	4.41	4.31	4.25	4.17	4.12
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.25	4.10	4.01	3.94	3.86	3.81
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.01	3.86	3.76	3.70	3.62	3.57
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.82	3.66	3.57	3.51	3.43	3.38
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.66	3.51	3.41	3.35	3.27	3.22
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.52	3.37	3.28	3.21	3.13	3.08
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.41	3.26	3.16	3.10	3.02	2.97
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.31	3.16	3.07	3.00	2.92	2.87
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.23	3.08	2.98	2.92	2.84	2.78
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.15	3.00	2.91	2.84	2.76	2.71
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.09	2.94	2.84	2.78	2.69	2.64
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	2.98	2.83	2.73	2.67	2.58	2.53
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	2.89	2.74	2.64	2.58	2.49	2.44
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.81	2.66	2.57	2.50	2.42	2.36
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.75	2.60	2.51	2.44	2.35	2.30
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.70	2.55	2.45	2.39	2.30	2.25
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.52	2.37	2.27	2.20	2.11	2.06
50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	3.02	2.89	2.78	2.70	2.42	2.27	2.17	2.10	2.01	1.95
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.35	2.20	2.10	2.03	1.94	1.88
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.19	2.03	1.93	1.86	1.76	1.70
200	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.89	2.73	2.60	2.50	2.41	2.13	1.97	1.87	1.79	1.69	1.63
500	6.69	4.65	3.82	3.36	3.05	2.84	2.68	2.55	2.44	2.36	2.07	1.92	1.81	1.74	1.63	1.57
1000	6.67	4.63	3.80	3.34	3.04	2.82	2.66	2.53	2.43	2.34	2.06	1.90	1.79	1.72	1.61	1.54

Analýza rozptylu - příklad

- $F(2, 30) =$ **6,17**
- kritická hodnota F pro **5%** hladinu významnosti
  F = 3,32
- kritická hodnota F pro **1%** hladinu významnosti
  F = 5,39
- $F(2, 30) =$ **6,17** $p < 0.01$

- **rozdíl mezi průměry je statisticky významný na 1% hladině významnosti**

Výstup ve Statistice

Proměnná	Analýza rozptylu (priklad8.1) Označ. efekty jsou význ. na hlad. p < ,05000							
	SČ efekt	SV efekt	PČ efekt	SČ chyba	SV chyba	PČ chyba	F	p
latence	332,9864	2	166,4932	809,1955	30	26,97318	6,172545	0,005686

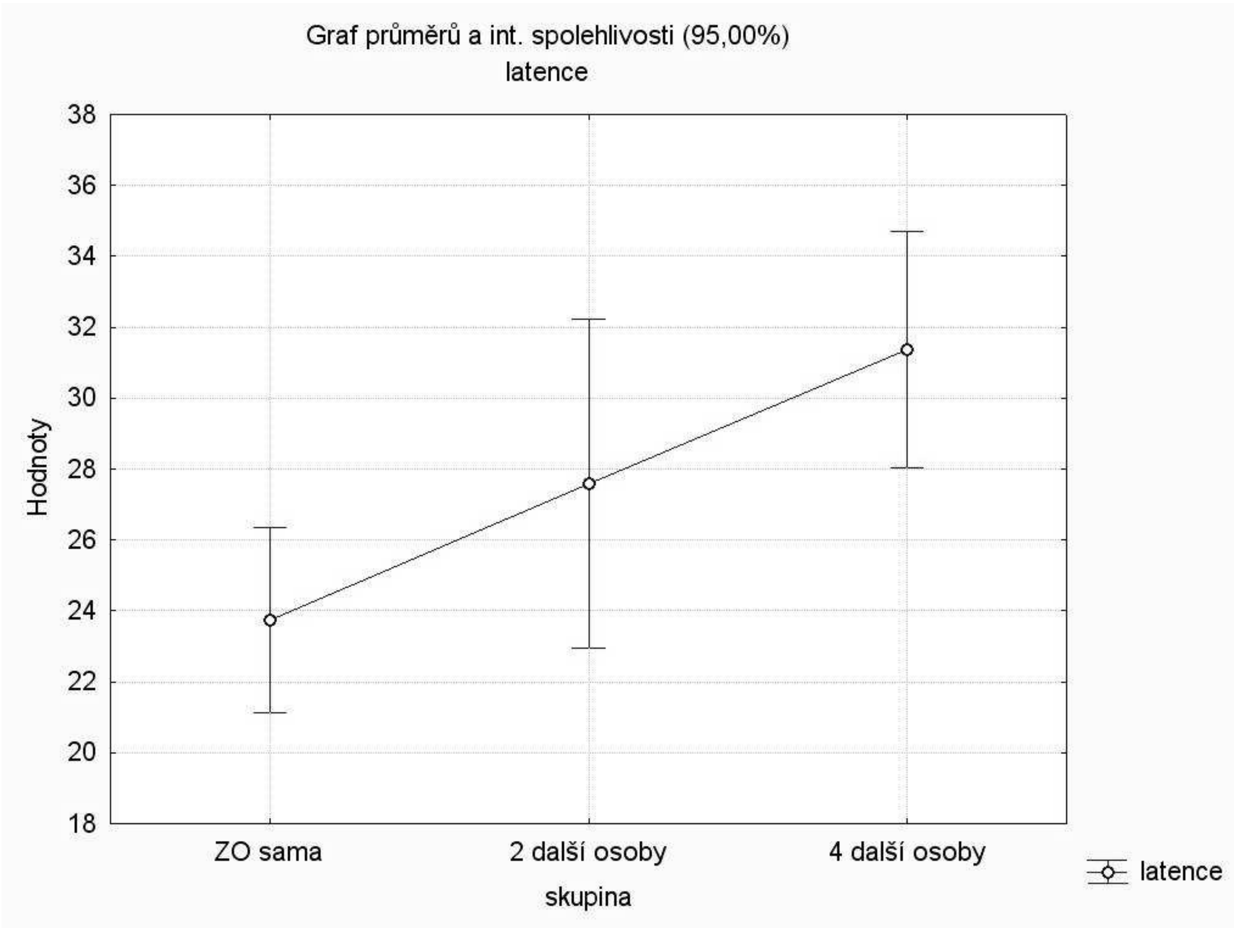
Předpoklady analýzy rozptylu

- měřený znak by měl mít normální rozdělení
- **homogenita rozptylů -** zda se rozptyly liší, je možno otestovat některým testem pro rozdíl rozptylů, např. Leveneovy testy
  - pokud nevyjde stat. významný, pak rozptyly pokládáme za shodné

Mnohonásobná porovnávání

- průkaznost F nám řekne, **zda** existují průkazné rozdíly mezi průměry
- ale **ne**dozvíme se tak, **mezi kterými** skupinami je průkazný rozdíl (která skupina se liší od které)
- je třeba provést tzv. **mnohonásobná porovnání** (multiple comparisons nebo post-hoc comparisons)

Mnohonásobná porovnávání



Mnohonásobná porovnávání

- jde v podstatě o upravené t-testy
  - upravené vzhledem k počtu porovnávání
- existuje více různých typů mnohonásobných porovnávání, např. Fisherův LSD test, Bonferroniho test, Tukeyho test, Scheffeho test atd.

Mnohonásobná porovnávání

- tyto testy jsou si hodně podobné vzorcem pro jejich výpočet
- liší se však ve způsobu, jak se u nich stanovuje hladina významnosti (Fisherův LSD test je liberálnější, zatímco ostatní uvedené přísnější)

Mnohonásobná porovnávání

- pokud bychom tyto testy spočítali u předchozího příkladu, zjistili bychom, že průkazný rozdíl je mezi skupinou osob, které byly v místnosti sami, a skupinou se 4 dalšími lidmi

Mnohonásobná porovnávání

LSD test; prom. latence (Tabulka1) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,05000

	{1}	{2}	{3}
ZO sama {1}		0,093671	0,001431
2 další osoby {2}	0,093671		0,107628
4 další osoby {3}	0,001431	0,107628	