

L1 a protokoly

Petr Holub

PB156cv
2018-03-01



Cíle cvičení

- ▶ Pochopit základy návrhu experimentů a tvorby protokolů.
- ▶ Seznámit se základy metalické kabeláže, krimpování konektorů, testování kabelů (test propojení, frekvenční testování).
- ▶ Vyzkoušet si prakticky tvorbu protokolu – dokumentovat a vyhodnotit experiment.

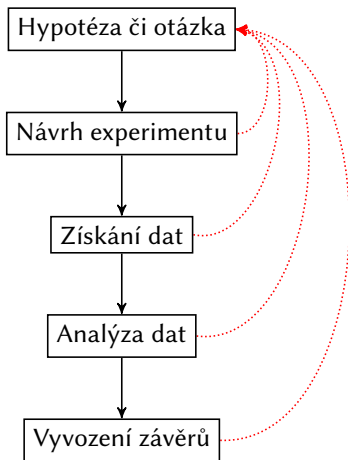


Základy experimentální práce

- ▶ **Proč informatik potřebuje experimenty?**
- ▶ Informatika má silné nástroje pro zjišťování faktů
 - důkazy
 - výpočty
 - simulace
- ▶ Praktické studium vlastností systémů
 - některé vlastnosti neumíme nebo z důvodu obtížnosti nemůžeme simulovat
- ▶ Podpoření nebo vyvrácení hypotézy
 - pozor... nedokazujeme!



Co znamená provést experiment?



Proč protokoly?

- ▶ Potřebujeme zachytit informace o experimentu až po vyvození závěrů.
 1. Jaká byla hypotéza či otázka?
 2. Co jsem dělal(a) a proč jsem to dělal(a)?
 3. Jaké jsou výsledky a jejich vyhodnocení?
 4. Jaké jsem vyvodil(a) závěry?
- ▶ Popis experimentu tak, aby bylo možné jej reprodukovat.
 - Někdy se rozlišuje mezi replikací (stejným člověkem ve stejné laboratoři) a reprodukcí experimentu (někým jiným někde jinde).



Co by měl protokol obsahovat?

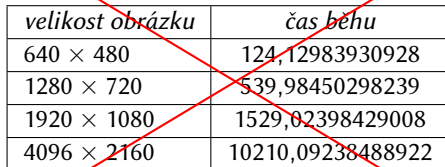
▶ Vše co je nezbytné k reprodukování experimentu:

- písemná formulace hypotézy/otázky,
- dokumentace návrhu experimentu,
- dokumentace provedení experimentu vč. podmínek, které by mohly mít vliv na výsledky,
- dokumentace analýzy dat,
- vyvození závěrů.



<i>velikost obrázku</i>	<i>čas běhu</i>
640 × 480	124,12983930928
1280 × 720	539,98450298239
1920 × 1080	1529,02398429008
4096 × 2160	10210,09238488922





<i>velikost obrázku</i>	<i>čas běhu</i>
640 × 480	124,12983930928
1280 × 720	539,98450298239
1920 × 1080	1529,02398429008
4096 × 2160	10210,09238488922



Měříme délku výpočtu v Javě



```
~$ R
...

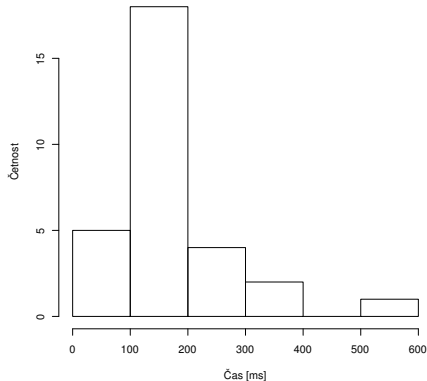
> library(psych)
> runlength <- read.csv(file="java-example.table", head=FALSE, sep=",")
> summary(runlength$V1)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 92.08 104.70 108.80 166.80 187.20 594.70
> describe(runlength$V1)
  var n  mean    sd median trimmed  mad  min    max range skew
1   1 30 166.82 113.67 108.78  142.1 20.88 92.08 594.71 502.63 2.14
  kurtosis    se
1     4.55 20.75
```



$$\begin{aligned}
 N &= 30 \\
 \bar{x} &= 166,82 \\
 s_x &= 113,67 \\
 s_{\bar{x}} &= \frac{s_x}{\sqrt{N}} = 20,75 \\
 t_{0,05;29} &= 2,045
 \end{aligned}$$

$$\bar{x} \pm t_{0,05;N-1} s_{\bar{x}} = 167 \pm 42 \text{ ms}$$

Javové měření



Javové měření

$$N = 30$$

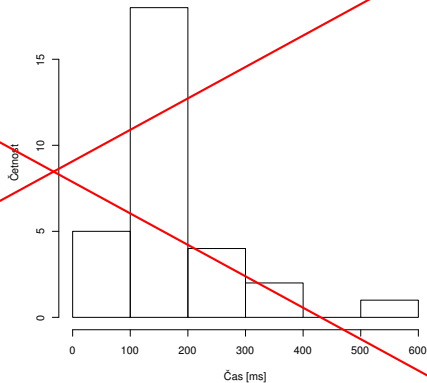
$$\bar{x} = 166,82$$

$$sx = 113,67$$

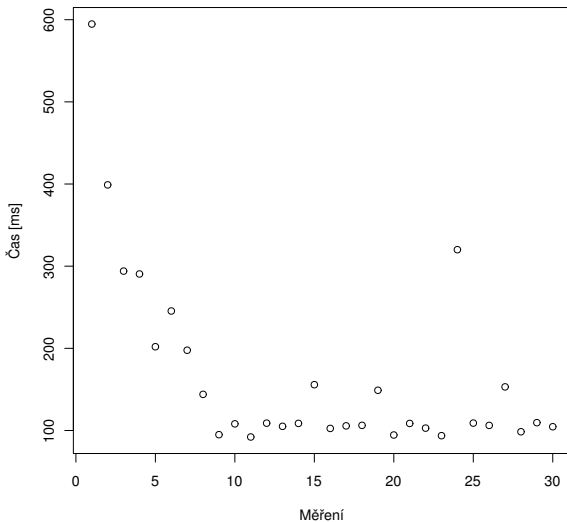
$$s_{\bar{x}} = \frac{sx}{\sqrt{N}} = 20,75$$

$$t_{0,05;29} = 2,045$$

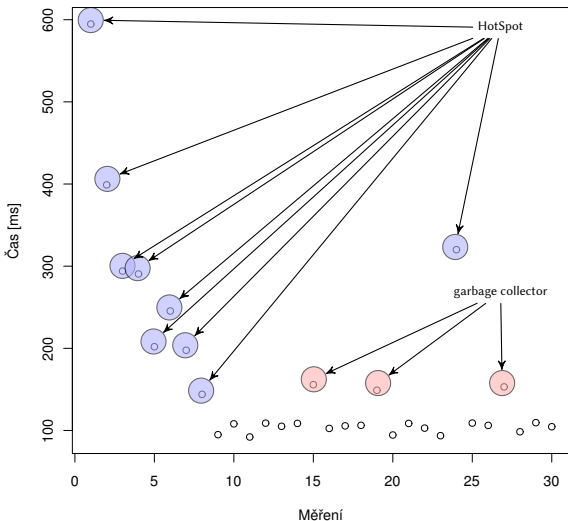
$$\bar{x} \pm t_{0,05;N-1} s_{\bar{x}} = 167 \pm 42 \text{ ms}$$



Javové měření



Javové měření



Soustava jednotek pro informatiky

► Předpony nejen speciálně inforatické

yocto-	10^{-24}	y	–	–	–
zepto-	10^{-21}	z	–	–	–
atto-	10^{-18}	a	–	–	–
femto-	10^{-15}	f	–	–	–
pico-	10^{-12}	p	–	–	–
nano-	10^{-9}	n	–	–	–
micro-	10^{-6}	μ	–	–	–
milli-	10^{-3}	m	–	–	–
kilo-	10^3	k	kibi	2^{10}	Ki
mega-	10^6	M	mebi	2^{20}	Mi
giga-	10^9	G	gibi	2^{30}	Gi
tera-	10^{12}	T	tebi	2^{40}	Ti
peta-	10^{15}	P	pebi	2^{50}	Pi
exa-	10^{18}	E	exbi	2^{60}	Ei
zetta-	10^{21}	Z	zebi	2^{70}	Zi
yotta-	10^{24}	Y	yobi	2^{80}	Yi

Amendment 2 to “IEC 60027-2: Letter symbols to be used in electrical technology – Part 2: Telecommunications and electronics” (1999)



Typy měřících metod

- ▶ **Subjektivní × objektivní metody**
 - subjektivní: působí bezprostředně na lidské smysly
 - objektivní: působí na měřící zařízení
- ▶ **Přímé × nepřímé metody**
 - přímé: přímé srovnání se známou hodnotou veličiny
 - nepřímé: na základě jiných veličin, pomocí nichž lze měřenou veličinu spočítat
- ▶ **Absolutní × relativní metody**
 - absolutní: měření přímo v příslušné jednotce
 - relativní: měření srovnáním
- ▶ **Statické × dynamické metody**
 - statické: z klidového stavu přístroje
 - dynamické: na základě dynamiky měřícího přístroje



Výsledky měření

- ▶ Rozlišení měření
- ▶ Chyby měření
 - skládání většího počtu mikroskopických jevů
 - subjektivní vliv u měřících metod
- ▶ Jedno číslo zdaleka nepostihuje tyto informace



Výsledky měření

$$x = (\hat{\mu}_x \pm z_x) [\text{jednotka}]$$

- ▶ $\hat{\mu}_x$... nejpravděpodobnější hodnota měřené veličiny
- ▶ z_x ... interval spolehlivosti / přesnost
- ▶ jak tyto věci spočítat / odhadnout?
 - u normálního rozdělení chyb?
 - u jiného než normálního rozdělení chyb? jak takové rozdělení poznat?



Výsledky měření

- ▶ Protokolování podmínek, na nichž měření probíhalo
 - zachycení všech podmínek, které mohou mít na měření vliv
 - konfigurace hardware
 - popis síťové topologie
 - instalovaný operační systém
 - instalovaný software
 - popis konfigurace a souběžně běžících procesů
 - uschování vlastního měřeného software/hardware
 - přesný popis použitých měřících metod
 - přesná identifikace měřících nástrojů/přístrojů
 - důležité pro reprodukovatelnost měření

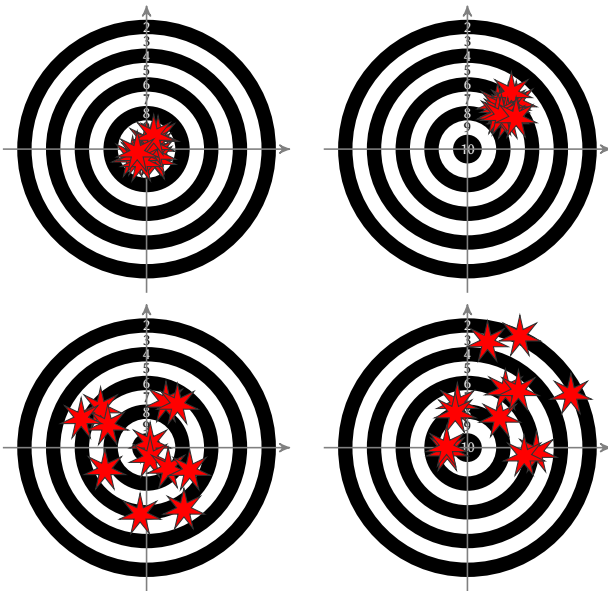


Chyby měření

- ▶ Klasifikace chyb podle místa vzniku
 - instrumentální (přístrojové) chyby
 - metodické chyby
 - teoretické chyby (principy, model)
 - chyby zpracování
- ▶ Klasifikace chyb podle původu
 - hrubé (omyly)
 - systematické
 - náhodné



Chyby měření



Chyby měření dle norem

► Metrologické normy

- ČSN 01 0250 Statistické metody v průmyslové praxi. Všeobecné základy
- ČSN 01 0251 Vzájemná shoda výsledků zkušebních metod. Stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované zkušební metody pomocí mezilaboratorních zkoušek
- ČSN 25 0008 Metrológia. Chyby primárnych etalónov. Spôsob vyjadrovania
- ČSN 25 1202 Posuvná měřidla. Technické požadavky
- ČSN 25 1401 Mikrometrická měřidla na vnější měření. Technické požadavky
- ČSN 25 8304 Provozní termoelektrické snímače teploty
- ČSN 25 8305 Prevádzkové termoelektrické snímače teploty. Metody skúšania pri úradnom overovaní
- ČSN 25 8306 Provozní odporové snímače teploty
- ČSN 25 8307 Prevádzkové odporové snímače teploty. Metody overovania
- ČSN 35 6505 Elektronické měřicí přístroje. Všeobecné technické podmínky

... a mnoho dalších

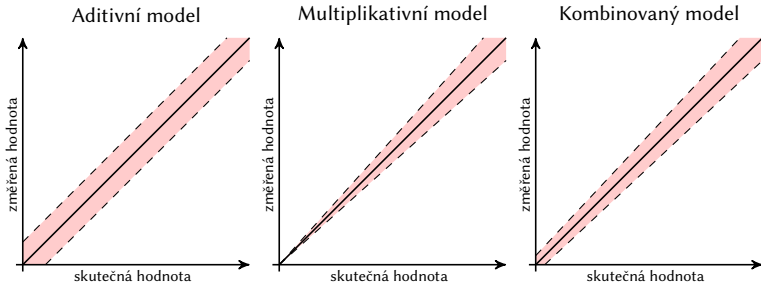


Přesnost měřících nástrojů

Přesnost přístroje ... náhodná chyba

Správnost přístroje ... systematická chyba

- ▶ Aditivní vs. multiplikativní chyby
- ▶ Mezní hodnota chyb
- ▶ Třída přesnosti přístroje



Hrubé chyby

- ▶ Např. měříme něco jiného, než co máme měřit, nebo chyba při ručním odečtu měření
 - eliminace vhodným návrhem experimentu a jeho pečlivým provedením
- ▶ Volba měřící metody / měřících metod – příklad pro Javu
 - Problém garbage collection
 - `-verbose:gc`
 - krátká měření: vybrat pouze běhy, v nichž nedošlo ke GC
 - dlouhé běhy: dostatečně dlouhé, aby se přítomnost GC projevila reprezentativně
 - Problém HotSpot kompilace
 - `-XX:+PrintCompilation`
 - dostatečný warm-up (minuty!)
 - mohou se vyskytovat rekompilace (optimalizace, nahrání nové třídy která zruší dosavadní předpoklady)
 - housekeeping tasks: oddělení nesouvisejících měření pauzou nebo restartem JVM



Náhodné chyby

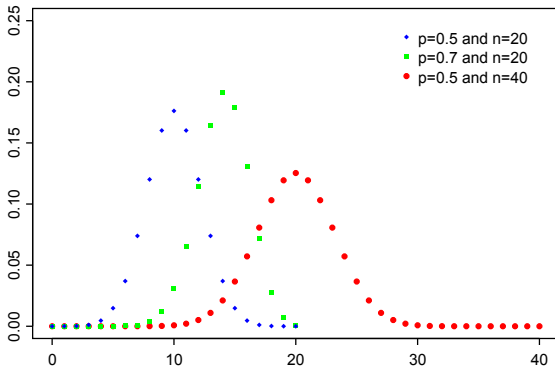
aneb proč se běžně pracuje s normálním rozdělením chyb?

- ▶ Hypotéza elementárních chyb [1]
 - každá náhodná chyba v měření je složena z řady malých chyb
 - při velkém počtu měření se vyskytne zhruba stejný počet chyb kladných i záporných a malé chyby jsou početnější než velké
 - 1. m elementárních náhodných vlivů
 - 2. každý elementární vliv generuje chybu α (dále označováno jako případ a) nebo $-\alpha$ (dále případ b)
 - 3. chyby a a b jsou stejně časté
 - dostáváme binomické rozdělení kumulace vlivů elementárních chyb
 - konverguje k normálnímu rozdělení pro velký počet malých chyb
- ▶ Centrální limitní věta
 - rozdělení součtu vzájemně nezávislých veličin X_i konverguje k normálnímu rozdělení i v případě, že veličiny X_i nemají stejné rozdělení pravděpodobnosti



Binomické vs. normální rozdělení

Binomické rozdělení $\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$

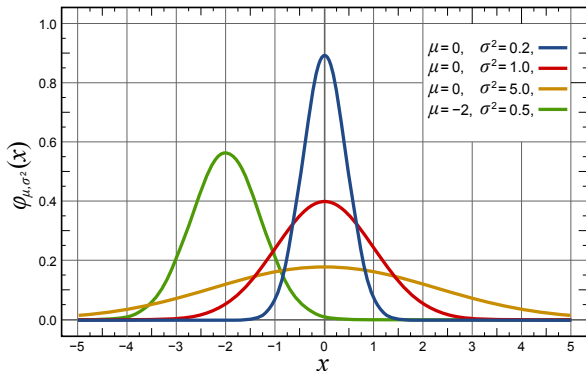


Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Binomial_distribution_pmf.svg



Binomické vs. normální rozdělení

$$\text{Normální rozdělení } \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

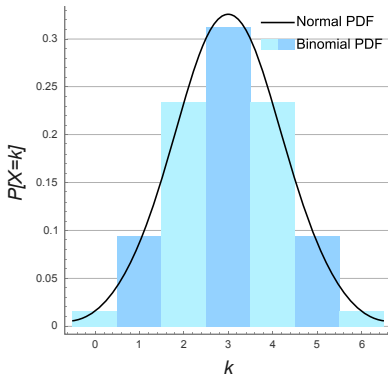


Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Normal_Distribution_PDF.svg



Binomické vs. normální rozdělení

Srovnání binomického a normálního rozdělení pro $p = 0,5$ a $n = 6$



Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Binomial_Distribution.svg



Studentovo rozdělení t

- ▶ Používá se pro aproximaci normálního rozdělení při malém vzorku (neznámé směrodatné odchylky)

$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{-(\nu+1)/2}$$

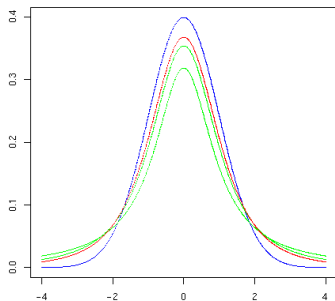
kde ν je počet stupňů volnosti.

- odhad průměrů a chyby
- t-test – odlišení průměrů



Studentovo rozdělení t

Srovnání s normálním rozdělením (modré)
počet stupňů volnosti $\nu = 3$



Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:T_distribution_3df.png

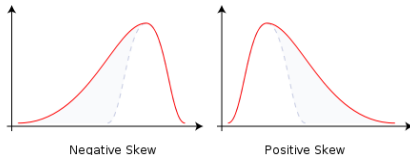


Normalizace rozdělení chyb

► Ověření normality rozdělení

- vizuální
- šikmost vzorku (sample skewness)

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(x_i - \bar{x})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(x_i - \bar{x})^2\right)^{3/2}}$$



Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Skewness_Statistics.svg

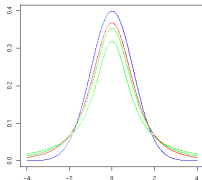


Normalizace rozdělení chyb

- ▶ Ověření normality rozdělení
 - špičatost vzorku (sample kurtosis)

$$g_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N(x_i - \bar{x})^2\right)^2} - 3$$

lehké konce (leptokurtic), $g_2 > 0$ × těžké konce (platycurtic), $g_2 < 0$



Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/File:T_distribution_3df.png



Normalizace rozdělení chyb

► Techniky normalizace

- šikmá rozdělení $g_1 > 0$: transformace hodnot
 - $\sqrt[n]{x}$
 - $\log(x)$
 - $\frac{1}{x}$
- šikmá rozdělení $g_1 < 0$: převrácení hodnot (reflection)
 - $-x + c$ s vhodně zvolenou konstantou c
- špičatá rozdělení: problém
- další čtení: [2]



Odhad spolehlivosti

$$x = (\hat{\mu}_x \pm z_x) \text{ [jednotka]}$$

Statistická definice [3]: Je-li výsledek měření $\hat{\mu}_x$ a z_x je chyba tohoto měření odpovídající míře jistoty p , pak skutečná hodnota měřené veličiny leží v intervalu $(\hat{\mu}_x \pm z_x)$ s pravděpodobností p .

► Intervaly

- 0,68 – střední kvadratická chyba
- 0,95
- 0,99 – krajní chyba

► Zaokrouhlování

- z_x na 1 platné místo, nejvýše na 2 platná místa
- $\hat{\mu}_x$ podle z_x



Odhad spolehlivosti

$$x = (\hat{\mu}_x \pm z_x) \text{ [jednotka]}$$

Pro normální rozdělení chyby

$$\blacktriangleright \hat{\mu}_x = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n}$$

\blacktriangleright s směrodatná odchylka jednoho měření, D rozptyl

$$s = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

\blacktriangleright $s_{\bar{x}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{n}\right)^2 s_{x_i}}$ a protože měření byly prováděny za stejných podmínek

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{n(n - 1)}}$$



Odhad spolehlivosti

$$x = (\hat{\mu}_x \pm z_x) [\text{jednotka}]$$

Pro normální rozdělení chyby

► $z_x = t_{(p;n-1)} s_{\bar{x}}$

n \ P	0,683	0,954	0,99	n \ P	0,683	0,954	0,99
1	1,8395	13,8155	63,6567	16	1,0329	2,1633	2,9208
2	1,3224	4,5001	9,9248	18	1,0292	2,1433	2,8784
3	1,1978	3,2923	5,8409	20	1,0263	2,1276	2,8453
4	1,1425	2,8585	4,6041	30	1,0176	2,0817	2,75
5	1,1113	2,6396	4,0321	40	1,0133	2,0595	2,7045
6	1,0913	2,5084	3,7074	50	1,0108	2,0463	2,6778
7	1,0775	2,4214	3,4995	60	1,0091	2,0377	2,6603
8	1,0673	2,3594	3,3554	70	1,0078	2,0315	2,6479
9	1,0594	2,3131	3,2498	80	1,0069	2,0269	2,6387
10	1,0533	2,2773	3,1693	90	1,0062	2,0234	2,6316
12	1,0441	2,2253	3,0545	100	1,0057	2,0206	2,6259
14	1,0377	2,1895	2,9768				



Opakování měření

- ▶ Předchozí úvahy předpokládaly **nezávislá měření prováděná za stejných podmínek.**
- ▶ Co to znamená?



Opakování měření

- ▶ Předchozí úvahy předpokládaly **nezávislá měření prováděná za stejných podmínek.**
- ▶ Co to znamená?
 - musím zajistit stejné podmínky
 - pokud měření opakuji na stejném systému, musím zajistit „reset systému“ před opakováním měření
 - předchozí měření nesmí mít vliv na nové měření



Příklad odhadu spolehlivosti

Příklad – měření výšky válečku [3]:

výška v [mm]	4,6	4,5	4,7	4,4	4,5	4,6	4,4	4,4	4,3	4,5
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ $n = 10$
- ▶ $\bar{v} = 4,49$ [mm]
- ▶ $s_{\bar{v}} = 0,038$ [mm]
- ▶ $t_{(0,68;9)} = 1,059$
- ▶ $t_{(0,99;9)} = 3,250$

$$v = (4,49 \pm 0,04) \text{ mm} \quad \text{pro } p = 0,68$$

$$v = (4,49 \pm 0,12) \text{ mm} \quad \text{pro } p = 0,99$$



Chyba nepřímo měřené veličiny

- ▶ K odhadu střední hodnoty a rozptylu lze použít
 - Taylorův rozvoj funkce

$$f(x + \varepsilon) = f(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x)}{n!} \varepsilon^n$$

kde $f^{(n)}(x)$ je n -tá derivace f ,

- dvoubodovou aproximaci $y = f(x_1, \dots, x_m)$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^m \frac{f(\bar{x}_i + s_{\bar{x}_i}) + f(\bar{x}_i - s_{\bar{x}_i})}{2m} \quad s_{\bar{y}}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{[f(\bar{x}_i + s_{\bar{x}_i}) - f(\bar{x}_i - s_{\bar{x}_i})]^2}{4m}$$

- Monte Carlo simulace



Zákon přenosu chyb

- Na základě Taylorova rozvoje do druhého členu

$$s_z^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial z}{\partial x_i} \right)^2 s_{x_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial z}{\partial x_i} \frac{\partial z}{\partial x_j} s_{x_i} s_{x_j} \varrho_{ij},$$

kde $s_{x_i}^2$ je rozptyl (variance) x_i a ϱ_{ij} je kovariance x_i a x_j .

Pro jednoduché případy, kdy x a y jsou nezávislé ($\varrho_{ij} = 0$):

- aditivní funkce $z = ax \pm by$

$$s_z = \sqrt{a^2 s_x^2 + b^2 s_y^2}, \quad (1)$$

- multiplikativní funkce $z = ax^b y^c$

$$s_z = \bar{z} \sqrt{\left(\frac{b s_x}{x} \right)^2 + \left(\frac{c s_y}{y} \right)^2}. \quad (2)$$

kde $\bar{z} = a \bar{x}^b \bar{y}^c$.



Model

- ▶ Mapování matematického modelu na naměřené hodnoty
 - hledáme parametry modelu
 - minimalizujeme odchylky (rezidua) modelu od naměřených dat

$$r_i(\mathbf{x}) = \|y_i - M(\mathbf{x})\|$$

příp. vyjádřeno jako minimalizace normy vektoru

$$\mathbf{r}(\mathbf{x}) = (r_1(\mathbf{x}), \dots, r_m(\mathbf{x}))^T$$

- nejčastěji pracujeme s euklidovskou L_2 normou (metoda nejmenších čtverců)

$$f(\mathbf{x}) = \mathbf{r}(\mathbf{x})^T \mathbf{r}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m r_i(\mathbf{x})^2$$

- lze použít např. i L_1 (součet absolutních hodnot – méně citlivé na data s větší kumulací chyb, příp. zatížená hrubou chybou) či L_∞ (maximum z absolutních hodnot)



Model

► Metoda nejmenších čtverců

- mějme data (x_i, y_i) , kde x_i je nezávislá proměnná a y_i je závislá (měřená proměnná)
- minimalizujeme $S = \sum_{i=1}^n r_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i, \mathbf{c}))^2$, kde \mathbf{c} je vektor parametrů
- hledáme minimum vzhledem k \mathbf{c} , tedy

$$\frac{\partial S}{\partial c_j} = 2 \sum_i r_i \frac{\partial r_i}{\partial c_j} = -2 \sum_i \frac{\partial f(x_i, \mathbf{c})}{\partial c_j} r_i = 0 \quad j = 1, \dots, m$$



Hodnocení modelu

▶ Pearsonův korelační koeficient

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

- lineární závislost dvou veličin x a y a nabývá hodnot $[-1;1]$
- 1 ... přesná souhlasná závislost,
-1 ... přesná inverzní závislost,
0 nezávislé
- využívá se často jako $r_{x,y}^2$

▶ Root mean square deviation – RMSD

$$\text{RMSD}_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}}$$

- srovnání mezi získaným modelem a originálními hodnotami



L1 – Metalická kabeláž

- ▶ Kroucené dvoulinky – **proč?**
 - pár kabelů umožňuje diferenční přenos signálu ⇒ posíláme jako signál a jeho invertovanou kopii, na přijemci odečítáme
 - diferenční signál odečte šum, pokud se na pozitivní i negativní signál moduluje stejně
 - ale **proč** bychom měli linky kroutit??



L1 – Metalická kabeláž

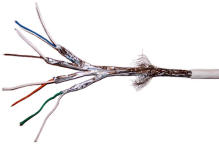
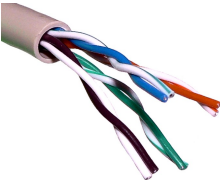
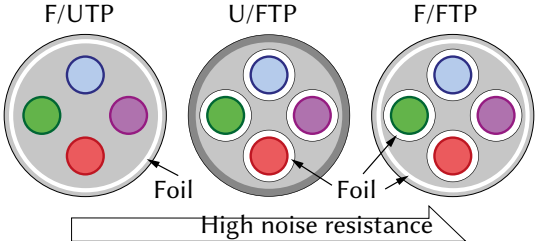
- ▶ Kroucené dvoulinky – **proč?**
 - ale **proč** bychom měli linky kroutit??
 - diferenční signalizace přestává spolehlivě fungovat pro blízký zdroj šumu
⇒ dlouhá souběžná vedení
 - kroucená dvoulinka umožňuje, že s každou otáčkou se střídají blízký/vzdálený kabel od zdroje šumu

Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/228901273_Twisted_Pair_Cable_Design_Analysis_and_Simulation



L1 – Metalická kabeláž

3 types of 10GBASE-T cables



Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Twisted_pair



Zadání

- ▶ Každý (!) nakrimpujte alespoň dva kabely, otestujte je a vypracujte protokol. Každý kabel bude obsahovat: krytky konektoru (pokud není součástí konektoru), jednoznačný identifikátor kabelu, označení délky.
- ▶ Zkuste třetí kabel správně zapojit a více rozplést páry (minimálně cca 5 cm) před nakrimpováním a porovnejte výsledky měření se správně rozpleteným kabelem (oba kabely správně zapojené).
- ▶ Změřte dodaný vadný kabel a určete, co je na něm špatně.



Protokol

- ▶ Každý samostatně zpracuje a odevzdá protokol. Protokol musí obsahovat minimálně následující části:
 - měření nakrimpovaných kabelů,
 - srovná správně rozpletený vs. příliš rozpletený kabel,
 - identifikuje problém s dodaným vadným kabelem.
- ▶ Protokol bude zpracován pomocí šablony v IS MU – scanform.tar.bz2
 - využijte připravený soubor cviceni01.tex a dopište do něj příslušné části
 - výsledek odevzdejte jako PDF do odevzdávárny do 6. 3. 2020
 - nemáte-li \LaTeX lokálně, můžete použít prostředí Overleaf¹
- ▶ Experiment i protokol zpracuje **každý sám!**

¹<https://www.fi.muni.cz/tech/overleaf.html.cs>



Doplňující informace



Literatura I



Zdeněk Horák.

Praktická fyzika.

Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1958.



Jason W. Osborne.

Normalizing data transformations. ERIC digest.

Technical report, ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation
College Park MD, August 2002.

<http://www.ericdigests.org/2003-3/data.htm>.



František Šťastný.

Zpracování experimentálních dat.

Katedra obecné fyziky PŘF MU, Brno, 1997.

http://amper.ped.muni.cz/jenik/nejistoty/frst_zed.pdf.



