

[Přední strana pevných desek vazby. Není součástí elektronické verze práce.]

Univerzita Karlova
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ondřej Krsička

Kalibrace meteorologických webových kamer

Katedra softwaru a výuky informatiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Martin Mirbauer

Studijní program: Informatika (B0613A140006)

Studijní obor: IPP5 (0613RA1400060009)

Praha 2023

[Vevázaný list s kopií podepsaného „Zadání bakalářské práce“. Toto zadání *není* součástí elektronické verze, nescanovat!]

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů. Tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V dne

Podpis autora

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Martinu Mirbauerovi za cenné rady při psaní této bakalářské práce. Dále děkuji svým rodičům za podporu při studiu.

Název práce: Kalibrace meteorologických webových kamer

Autor: Ondřej Krsička

Katedra: Katedra softwaru a výuky informatiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Martin Mirbauer, Katedra softwaru a výuky informatiky

Abstrakt: Abstrakt. [doporučeno cca 80–200 slov; nejedná se o zadání práce TODO]

Klíčová slova: kalibrace, webová kamera, model oblohy

[Informace o práci se musí objevit i v metadatech PDF. Přečtěte si v souboru README, jak se to dělá.]

Title: Weather Webcam Calibration

Author: Ondřej Krsička

Department: Department of Software and Computer Science Education

Supervisor: Mgr. Martin Mirbauer, Department of Software and Computer Science Education

Abstract: Abstract. TODO

Keywords: calibration, webcam, sky model

Obsah

Úvod	2
1 Teoretický základ	3
1.1 Sférická soustava souřadnic	3
1.2 Ohnisková vzdálenost a zorný úhel	3
1.3 Nalezení bodu na obloze	4
1.4 Radiometrie, fotometrie a spektrometrie	5
1.5 Perezův model oblohy	6
1.6 Pražský model oblohy	6
1.6.1 Matematický popis	7
1.6.2 Využití	7
1.7 Úprava práce	7
1.8 Jednoduché příklady	8
1.9 Matematické vzorce a výrazy	8
1.10 Definice, věty, důkazy,	10
2 Odkazy na literaturu	11
2.1 Několik ukázek	11
3 Tabulky, obrázky, programy	12
3.1 Tabulky	12
3.2 Obrázky	13
3.3 Programy	13
4 Formát PDF/A	18
Závěr	19
Seznam použité literatury	20
Seznam obrázků	21
Seznam tabulek	22
Seznam použitých zkratk	23
Seznam publikací	24
A Přílohy	25
A.1 První příloha	25

Úvod

Meteorologické webové kamery představují významný zdroj informací o počasí, oblačnosti a dalších atmosférických jevech. Kromě přímého využití v meteorologii mohou tyto kamery sloužit i pro další účely, jako je renderování realistických mraků a oblohy v různých aplikacích, například ve filmovém průmyslu, videohrách či simulacích. Klíčovým faktorem pro dosažení vysoké úrovně realismu v takových aplikacích je správná kalibrace webových kamer, což zahrnuje určení parametrů kamery, jako jsou azimut, zenit, natočení a zorné pole. Tyto údaje však nemusejí být známy, proto existují metody pro jejich aproximaci.

Cílem této bakalářské práce je porovnat stávající přístupy k automatickému nalezení chybějících parametrů meteorologických kamer, konkrétně metody Lalonde08/10 a Hold-Geoffroy. Následně je zamýšleno vylepšit metodu Lalonde08/10 integrací modelu oblohy Prague Sky Model.

Pro validaci navrženého řešení bude využit dataset webových kamer od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), který poskytuje obrazová data z 98 webových kamer.

1. Teoretický základ

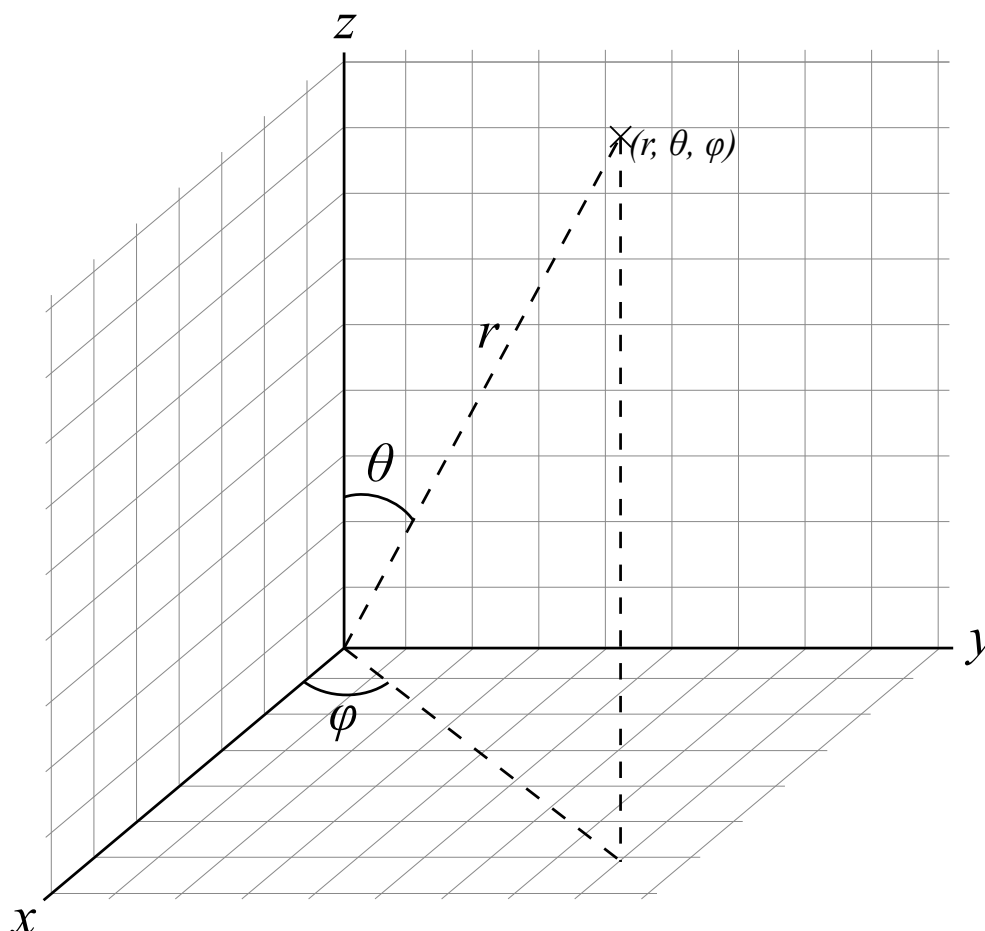
1.1 Sférická soustava souřadnic

Bod na obloze budeme určovat ve sférické soustavě souřadnic. Ta umožňuje bod na obloze jednoznačně určit jeho azimutem ϕ a zenitem θ .

Definice 1 (Azimut). Azimut ϕ je úhel na vodorovné rovině, který je svírán se severním směrem. Hodnoty azimutu ϕ se pohybují v rozmezí 0° až 360° .

Definice 2 (Zenit). Zenit θ je úhel vertikálního směru, měřený od bodu přímo nad kamerou (zenit) směrem dolů k horizontu. Hodnoty zenitu θ se pohybují v rozmezí 0° až 90° .

Orientaci kamery v terénu pak definujeme pomocí úhlů (θ_c, ϕ_c) určujících bod na obloze, který je uprostřed snímku.



Obrázek 1.1: Sférická soustava souřadnic Wikipedia (2023)

1.2 Ohnisková vzdálenost a zorný úhel

Pro nás nejvýznamější parametr objektivu je ohnisková vzdálenost f_c , pomocí které lze určit zorné pole kamery.

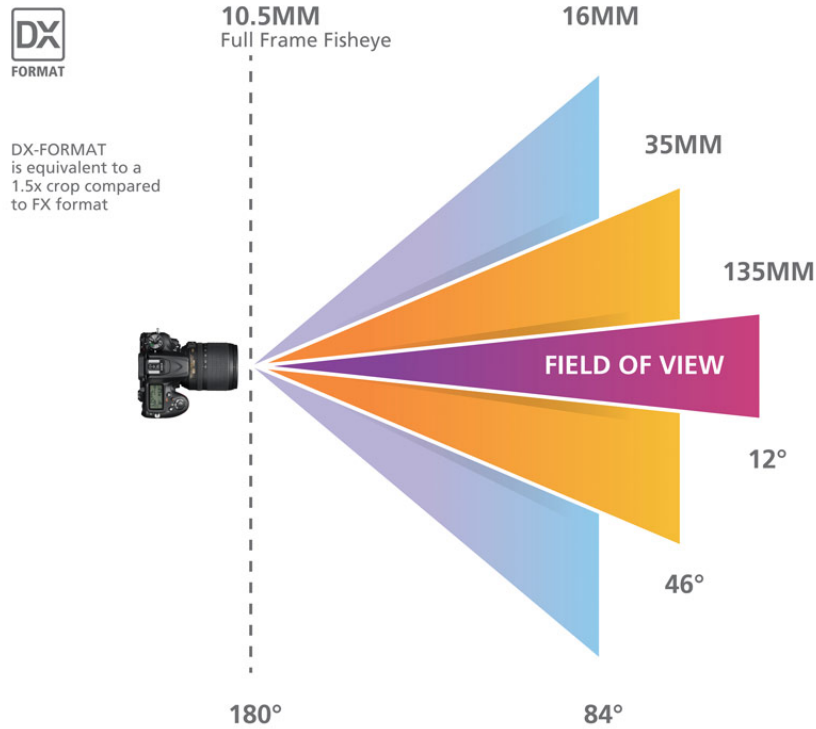
Definice 3 (Ohnisková vzdálenost). *Ohnisková vzdálenost f_c [mm] je vzdálenost mezi optickým středem objektivu a rovinou snímáče (čipu) při zaostření na nekonečno. (Hoško, 2014)*

Ohnisková vzdálenost se mění, když upravujeme optický zoom. Větší zoom znamená větší ohniskovou vzdálenost a užší zorný úhel. My budeme ohniskovou vzdálenost modelovat v pixelech, protože neznáme velikost senzoru webových kamer, ale známe rozlišení jejich snímků.

Lemma 1. *Pro objektiv s ohniskovou vzdáleností f_c [px] a snímací čip velikosti (W, H) [px] je zorný úhel ve vodorovném směru ω_h dán vztahem*

$$\omega_h = 2 \arctan \left(\frac{W}{2f} \right). \quad (1.1)$$

Důkaz. Vztah je dán goniometrií pravoúhlého trojúhelníku, jehož odvěsny jsou f a $W/2$. □



Obrázek 1.2: Vliv ohniskové vzdálenosti na zorný úhel Nikon (2023)

1.3 Nalezení bodu na obloze

Abychom mohli modelovat snímek oblohy kamerou s parametry (f_c, θ_c, ϕ_c) , musíme převést pozici pixelu na snímku na pozici bodu na obloze.

Lemma 2. (Lalonde a kol., 2010, Appendix B) Buď ϕ_c azimuth kamery, θ_c zenit kamery, f_c [px] ohnisková vzdálenost kamery, (W, H) [px] rozlišení snímku, (x_p, y_p) pozice pixelu (horizontální a vertikální vzdálenost od levého horního rohu snímku). Nechť $u_p = x_p - W/2$, $v_p = H/2 - y_p$. Pak

$$\theta_p = \arccos \left(\frac{v_p \cdot \sin(\theta_c) + f_c \cdot \cos(\theta_c)}{\sqrt{f_c^2 + u_p^2 + v_p^2}} \right), \quad (1.2)$$

$$\phi_p = \arctan \left(\frac{f_c \cdot \sin(\phi_c) \cdot \sin(\theta_c) - u_p \cdot \cos(\theta_c) - v_p \cdot \sin(\theta_c) \cdot \cos(\phi_c)}{f_c \cdot \cos(\theta_c) \cdot \sin(\phi_c) + u_p \cdot \sin(\theta_c) - v_p \cdot \cos(\theta_c) \cdot \cos(\phi_c)} \right) \quad (1.3)$$

Důkaz. Jednotlivé kroky důkazu jsou podrobně popsány v práci Lalonde a kol. (2010, Appendix B). □

Lemma 3. (Lalonde a kol., 2010, strana 16) Nechť (ϕ_c, θ_c) je směr kamery, (ϕ_s, θ_s) je pozice slunce na obloze, f_c [px] ohnisková vzdálenost kamery, (W, H) rozlišení snímku, (x_p, y_p) pozice pixelu (horizontální a vertikální vzdálenost od levého horního rohu snímku). Nechť $u_p = x_p - W/2$, $v_p = H/2 - y_p$. Pak úhel γ_p mezi sluncem (ϕ_s, θ_s) a bodem na obloze (ϕ_c, θ_c) je dán vztahem

$$\gamma_p = \arccos(\cos(\phi_p) \cdot \cos(\phi_s) + \sin(\phi_p) \cdot \sin(\phi_s) \cdot \cos(\theta_p - \theta_s)) \quad (1.4)$$

1.4 Radiometrie, fotometrie a spektrometrie

Radiometrie a fotometrie a spektrometrie jsou vědní disciplíny, které se zabývají měřením a analýzou světla a elektromagnetického záření. Radiometrie se zaměřuje na kvantitativní měření energie elektromagnetického záření. Fotometrie se na druhou stranu zaměřuje na měření světla ve vztahu k lidskému vnímání. Spektrometrie zkoumá vlastnosti světla a elektromagnetického záření v různých vlnových délkách. Vzhledem k tomu, že lidské oko má různou citlivost na různé vlnové délky světla, fotometrická měření jsou vážena podle vnímání lidského oka.

Nás nejvíce bude zajímat vztah mezi radiometrickou veličinou zář a fotometrickou veličinou jas.

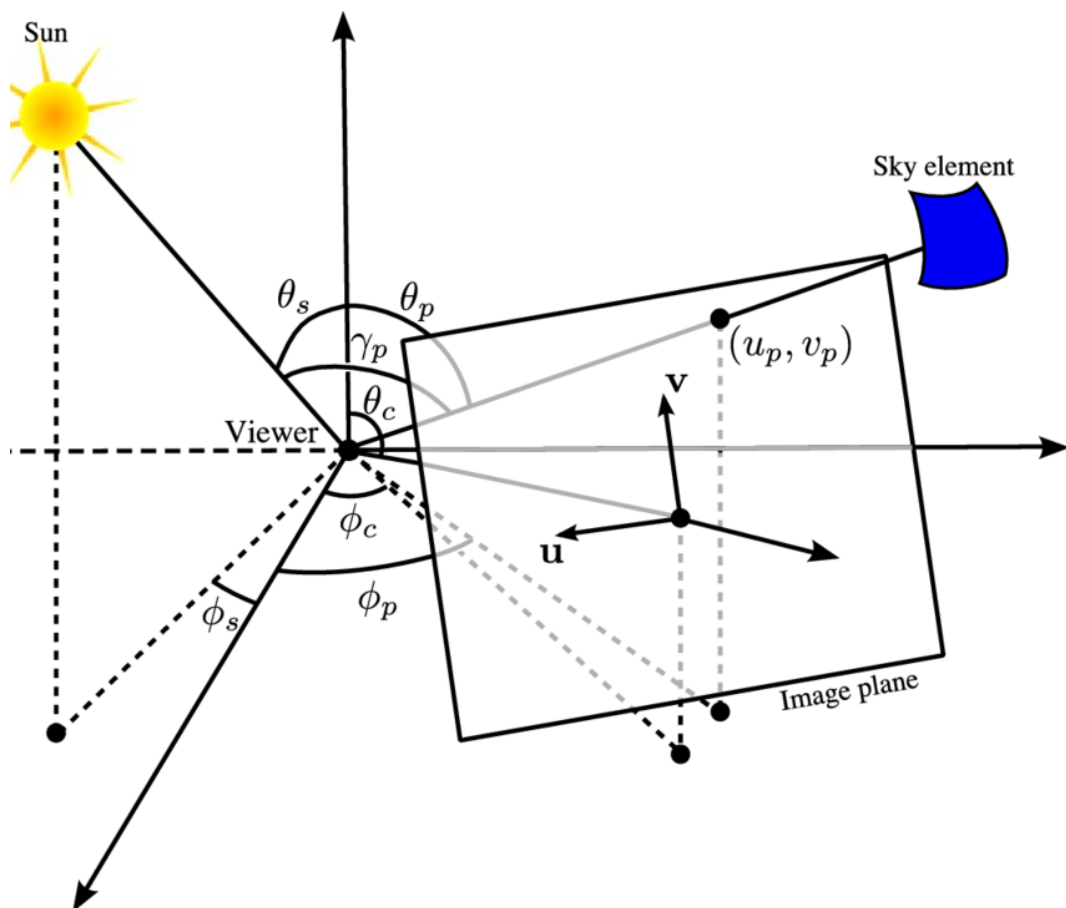
Definice 4 (Spektrální odezva). *Spektrální odezva $V(\lambda)$ je funkce, která popisuje citlivost lidského oka na různé vlnové délky světla.*

Definice 5 (Spektrální zář a jas). *Jas L je zář L_e vážená spektrální odezvou lidského oka $V(\lambda)$. Platí:*

$$L(\lambda) = L_e(\lambda) \cdot V(\lambda) \quad (1.5)$$

Příklad využití spektrální citlivosti oka je převod RGB obrázku do jednoho kanálu L (scikit-image, 2021).

$$L = 0.2126 \cdot R + 0.7152 \cdot G + 0.0722 \cdot B \quad (1.6)$$



Obrázek 1.3: Pozice slunce (θ_s, γ_s) , orientace kamery (θ_c, γ_c) , pozice bodu na obloze (θ_p, γ_p) , úhel bodu na obloze se sluncem γ_p , pozice bodu na obrázku (u_p, v_p) (Lalonde a kol., 2010, strana 15)

1.5 Perezův model oblohy

Tento analytický model oblohy byl poprvé představen v článku Perez a kol. (1993). Model bere v úvahu zenit pozorovaného bodu θ a úhel se sluncem γ .

Věta 4. (Perez a kol., 1993) *Relativní jas bodu na obloze vůči jasu zenitu je dán vztahem:*

$$l_p = (1 + a \cdot \exp(b / \cos(\theta))) \cdot (1 + c \cdot \exp(d \cdot \gamma) + e \cdot \cos^2(\gamma)) \quad (1.7)$$

Kde (a, b, c, d, e) jsou koeficienty modelu, které závisí na meteorologických podmínkách a zeměpisné poloze.

Výhoda Perezova modelu je jeho jednoduchost. Je vhodný pro simulace, ve kterých se preferuje výpočetní výkon nad přesností. Jeho nevýhodou je to, že nedokáže zohledňovat více atmosférických vlivů a že jeho parametry a, b, c, d, e je nutné nalézt v tabulkách nebo nastavit pomocí empirických měření.

1.6 Pražský model oblohy

Pražský model oblohy (Wilkie a kol., 2021) byl vyvinut na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Oproti Perezovu modelu nepočítá relativní

jas (fotometrická veličina), ale zář (radiometrická veličina). Není to analytický model, ale přistupuje k datům vygenerovaným fyzikálním simulátorem Libradtran (Emde a kol., 2016), které jsou komprimovány do souboru o velikosti cca 2GB. Díky tomu je pražský model přesnější a obecnější než Perezův model a zároveň je rychlejší, než fyzikální simulace.

1.6.1 Matematický popis

Pražský model oblohy zohledňuje následující proměnné:

- θ_p : zenit pozorovaného bodu
- γ_p : úhel mezi pozorovaným bodem a sluncem
- ϕ_s : azimut slunce
- θ_s : zenit slunce
- *viditelnost*[km] (za jasného dne zhruba 100km)
- *albedo*: míra odrazivosti země, v rozsahu od 0 do 1. (Zasněžená krajina má vyšší albedo než travnatá plocha)
- vlnová délka [nm]: při generování obrázků nás bude zajímat červená, zelená a modrá barva, které odpovídají vlnovým délkám 650nm, 550nm a 450nm.

a vrací spektrální zář $L_e[W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}]$.

1.6.2 Využití

Model je použit ve fotorealistickém renderovacím softwaru Corona Renderer od společnosti Chaos Czech a.s. (Chaos Czech a.s., 2023). Jeho hlavní oblasti využití zahrnují architektonické vizualizace, interiérový design, filmový a televizní průmysl, reklamu a 3D vizualizace a animace. Corona Renderer je kompatibilní s programy jako Autodesk 3ds Max a Cinema 4D, což usnadňuje jeho integraci do stávajících pracovních postupů.

1.7 Úprava práce

Práce se tiskne na bílý papír formátu A4. Okraje musí ponechat dost místa na vazbu: doporučen je horní, dolní a pravý okraj 25 mm, levý okraj 40 mm. Čísloují se všechny strany kromě obálky a informačních stran na začátku práce; první číslovaná strana bývá obvykle ta s obsahem.

Písmo se doporučuje dvanáctibodové (12 pt) se standardní vzdáleností mezi řádky (pokud píšete ve Wordu nebo podobném programu, odpovídá tomu řádkování 1,5; v T_EXu není potřeba nic přepínat). Pro běžný text používejte vzpřímené patkové písmo. Text matematických vět se obvykle tiskne pro zdůraznění skloněným (slanted) písmem, není-li k dispozici, může být zastoupeno kurzívou.

Primárně je doporučován jednostranný tisk (příliš tenkou práci lze obtížně svázat). Delší práce je lepší tisknout oboustranně a přizpůsobit tomu velikosti okrajů: 40 mm má vždy *vnitřní* okraj. Rub titulního listu zůstává nepotíštěný.

Zkratky použité v textu musí být vysvětleny vždy u prvního výskytu zkratky (v závorce nebo v poznámce pod čarou, jde-li o složitější vysvětlení pojmu či zkratky). Pokud je zkratek více, připojuje se seznam použitých zkratek, včetně jejich vysvětlení a/nebo odkazů na definici.

Delší převzatý text jiného autora je nutné vymežit uvozovkami nebo jinak vyznačit a řádně citovat.

1.8 Jednoduché příklady

Čísla v českém textu obvykle sázíme v matematickém režimu s desetinnou čárkou: $\pi \doteq 3,141\,592\,653\,589$. V matematických textech se považuje za přípustné používat desetinnou tečku (pro lepší odlišení od čárky v roli oddělovače). Numerické výsledky se uvádějí s přiměřeným počtem desetinných míst.

Mezi číslo a jednotku patří úzká mezera: šířka stránky A4 činí 210 mm, což si pamatuje pouze 5 % autorů. Pokud ale údaj slouží jako přívlastek, mezeru vynecháváme: 25mm okraj, 95% interval spolehlivosti.

Rozlišujeme různé druhy pomlček: červeno-černý (krátká pomlčka), strana 16–22 (střední), 45 – 44 (matematické minus), a toto je — jak se asi dalo čekat — vložená věta ohraničená dlouhými pomlčkami.

V českém textu se používají „české“ uvozovky, nikoliv “anglické”.

Na některých místech je potřeba zabránit lámání řádku (v \TeX značíme vlnovkou): u~předložek (neslabičných, nebo obecně jednopísmenných), vrchol~ v , před k ~kroky, a~proto, ... obecně kdekoliv, kde by při rozlomení čtenář „škobrt-nul“.

1.9 Matematické vzorce a výrazy

Proměnné sázíme kurzívou (to \TeX v matematickém módu dělá sám, ale nezapomínejte na to v okolním textu a také si matematický mód zapněte). Názvy funkcí sázíme vzpřímeně. Tedy například: $\text{var}(X) = \text{E } X^2 - \left(\text{E } X\right)^2$.

Zlomky uvnitř odstavce (třeba $\frac{5}{7}$ nebo $\frac{x+y}{2}$) mohou být příliš stísněné, takže je lepší sázet jednoduché zlomky s lomítkem: 5/7, $(x + y)/2$.

Nechť

$$\mathbb{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}.$$

Povšimněme si tečky za maticí. Byť je matematický text vysázen ve specifickém prostředí, stále je gramaticky součástí věty a tudíž je zapotřebí neopomenout patřičná interpunkční znaménka. Výrazy, na které chceme později odkazovat, je vhodné očíslovat:

$$\mathbb{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}. \tag{1.8}$$

Výraz (1.8) definuje matici \mathbb{X} . Pro lepší čitelnost a přehlednost textu je vhodné číslovat pouze ty výrazy, na které se autor někde v další části textu odkazuje. To

jest, nečíslujte automaticky všechny výrazy vysázené některým z matematických prostředí.

Zarovnání vzorců do několika sloupečků:

$$\begin{aligned} S(t) &= \mathbf{P}(T > t), & t > 0 & \quad (\text{zprava spojitá}), \\ F(t) &= \mathbf{P}(T \leq t), & t > 0 & \quad (\text{zprava spojitá}). \end{aligned}$$

Dva vzorce se spojovníkem:

$$\left. \begin{aligned} S(t) &= \mathbf{P}(T > t) \\ F(t) &= \mathbf{P}(T \leq t) \end{aligned} \right\} \quad t > 0 \quad (\text{zprava spojitá}). \quad (1.9)$$

Dva centrovane nečíslované vzorce:

$$\begin{aligned} \mathbf{Y} &= \mathbb{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \\ \mathbb{X} &= \begin{pmatrix} 1 & \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Dva centrovane číslované vzorce:

$$\mathbf{Y} = \mathbb{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1.10)$$

$$\mathbb{X} = \begin{pmatrix} 1 & \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}. \quad (1.11)$$

Definice rozdělená na dva případy:

$$P_{r-j} = \begin{cases} 0, & \text{je-li } r-j \text{ liché,} \\ r!(-1)^{(r-j)/2}, & \text{je-li } r-j \text{ sudé.} \end{cases}$$

Všimněte si použití interpunkce v této konstrukci. Čárky a tečky se dávají na místa, kam podle jazykových pravidel patří.

$$\begin{aligned} x &= y_1 - y_2 + y_3 - y_5 + y_8 - \cdots = & \text{z (1.10)} \\ &= y' \circ y^* = & \text{podle (1.11)} \\ &= y(0)y' & \text{z Axiomu 1.} \end{aligned} \quad (1.12)$$

Dva zarovnané vzorce nečíslované:

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^n f_i(y_i; \boldsymbol{\theta}), \\ \ell(\boldsymbol{\theta}) &= \log\{L(\boldsymbol{\theta})\} = \sum_{i=1}^n \log\{f_i(y_i; \boldsymbol{\theta})\}. \end{aligned}$$

Dva zarovnané vzorce, první číslovány:

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^n f_i(y_i; \boldsymbol{\theta}), \\ \ell(\boldsymbol{\theta}) &= \log\{L(\boldsymbol{\theta})\} = \sum_{i=1}^n \log\{f_i(y_i; \boldsymbol{\theta})\}. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Vzorec na dva řádky, první řádek zarovnaný vlevo, druhý vpravo, nečíslovány:

$$\begin{aligned} \ell(\mu, \sigma^2) &= \log\{L(\mu, \sigma^2)\} = \sum_{i=1}^n \log\{f_i(y_i; \mu, \sigma^2)\} = \\ &= -\frac{n}{2} \log(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2. \end{aligned}$$

Vzorec na dva řádky, zarovnaný na =, číslovány uprostřed:

$$\begin{aligned} \ell(\mu, \sigma^2) &= \log\{L(\mu, \sigma^2)\} = \sum_{i=1}^n \log\{f(y_i; \mu, \sigma^2)\} = \\ &= -\frac{n}{2} \log(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2. \end{aligned} \quad (1.14)$$

1.10 Definice, věty, důkazy, ...

Konstrukce typu definice, věta, důkaz, příklad, ... je vhodné odlišit od okolního textu a případně též číslovat s možností použití křížových odkazů. Pro každý typ těchto konstrukcí je vhodné mít v souboru s makry (`makra.tex`) nadefinované jedno prostředí, které zajistí jak vizuální odlišení od okolního textu, tak automatické číslování s možností křížově odkazovat.

Definice 6. *Nechť náhodné veličiny X_1, \dots, X_n jsou definovány na témž pravděpodobnostním prostoru (ω, \mathcal{A}, P) . Pak vektor $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)^\top$ nazveme náhodným vektorem.*

Definice 7 (náhodný vektor). *Nechť náhodné veličiny X_1, \dots, X_n jsou definovány na témž pravděpodobnostním prostoru (ω, \mathcal{A}, P) . Pak vektor $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)^\top$ nazveme náhodným vektorem.*

Definice 1 ukazuje použití prostředí pro sazbu definice bez titulku, definice 2 ukazuje použití prostředí pro sazbu definice s titulkem.

Věta 5. *Náhodný vektor \mathbf{X} je měřitelné zobrazení prostoru (ω, \mathcal{A}, P) do $(\mathbb{R}_n, \mathcal{B}_n)$.*

Lemma 6 (?, str. 29). *Náhodný vektor \mathbf{X} je měřitelné zobrazení prostoru (ω, \mathcal{A}, P) do $(\mathbb{R}_n, \mathcal{B}_n)$.*

Důkaz. Jednotlivé kroky důkazu jsou podrobně popsány v práci ?, str. 29.

□

Věta 5 ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty bez titulku, lemma ?? ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty s titulkem. Lemmata byla zavedena v hlavním souboru tak, že sdílejí číslování s větami.

2. Odkazy na literaturu

Odkazy na literaturu vytváříme nejlépe pomocí příkazů `\citet`, `\citep` atp. (viz L^AT_EXový balíček `natbib`) a následného použití BibT_EXu. V matematickém textu obvykle odkazujeme stylem „Jméno autora/autorů (rok vydání)“, resp. „Jméno autora/autorů [číslo odkazu]“. V českém/slovenském textu je potřeba se navíc vypořádat s nutností skloňovat jméno autora, respektive přechylovat jméno autorky. Je potřeba mít na paměti, že standardní příkazy `\citet`, `\citep` produkují referenci se jménem autora/autorů v prvním pádě a jména autorek jsou nepřechýlena.

Pokud nepoužíváme bibT_EX, řídíme se normou ISO 690 a zvyklostmi oboru. Jména časopisů lze uvádět zkráceně, ale pouze v kodifikované podobě.

2.1 Několik ukázek

Mezi nejvíce citované statistické články patří práce Kaplana a Meiera a Coxe (??). ? napsal článek o t-testu.

Prof. Anděl je autorem učebnice matematické statistiky (viz ?). Teorii odhadu se věnuje práce ?. V případě odkazů na specifickou informaci (definice, důkaz, ...) uvedenou v knize bývá užitečné uvést specificky číslo kapitoly, číslo věty atp. obsahující požadovanou informaci, např. viz ?, Věta 4.22 nebo (viz ?, Věta 4.22).

Mnoho článků je výsledkem spolupráce celé řady osob. Při odkazování v textu na článek se třemi autory obvykle při prvním výskytu uvedeme plný seznam: ? představili koncept EM algoritmu. Respektive: Koncept EM algoritmu byl představen v práci Dempstera, Lairdové a Rubina (?). Při každém dalším výskytu již používáme zkrácenou verzi: ? nabízejí též několik příkladů použití EM algoritmu. Respektive: Několik příkladů použití EM algoritmu lze nalézt též v práci Dempstera a kol. (?).

U článku s více než třemi autory odkazujeme vždy zkrácenou formou: První výsledky projektu ACCEPT jsou uvedeny v práci Genbergové a kol. (?). V textu *nenapíšeme*: První výsledky projektu ACCEPT jsou uvedeny v práci ?.

3. Tabulky, obrázky, programy

Používání tabulek a grafů v odborném textu má některá společná pravidla a některá specifická. Tabulky a grafy neuvádíme přímo do textu, ale umístíme je buď na samostatné stránky nebo na vyhrazené místo v horní nebo dolní části běžných stránek. L^AT_EX se o umístění plovoucích grafů a tabulek postará automaticky.

Každý graf a tabulku očíslováme a umístíme pod ně legendu. Legenda má popisovat obsah grafu či tabulky tak podrobně, aby jim čtenář rozuměl bez důkladného studování textu práce.

Na každou tabulku a graf musí být v textu odkaz pomocí jejich čísla. Na příslušném místě textu pak shrneme ty nejdůležitější závěry, které lze z tabulky či grafu učinit. Text by měl být čitelný a srozumitelný i bez prohlížení tabulek a grafů a tabulky a grafy by měly být srozumitelné i bez podrobné četby textu.

Na tabulky a grafy odkazujeme pokud možno nepřímou v průběhu běžného toku textu; místo „*Tabulka 3.1 ukazuje, že muži jsou v průměru o 9,9 kg těžší než ženy*“ raději napíšeme „*Muži jsou o 9,9 kg těžší než ženy (viz Tabulka 3.1)*“.

3.1 Tabulky

U **tabulek** se doporučuje dodržovat následující pravidla:

- Vyhýbat se svislým linkám. Silnějšími vodorovnými linkami oddělit tabulku od okolního textu včetně legendy, slabšími vodorovnými linkami oddělovat záhlaví sloupců od těla tabulky a jednotlivé části tabulky mezi sebou. V L^AT_EXu tuto podobu tabulek implementuje balík `booktabs`. Chceme-li výrazněji oddělit některé sloupce od jiných, vložíme mezi ně větší mezeru.
- Neměnit typ, formát a význam obsahu políček v tomtéž sloupci (není dobré do téhož sloupce zapisovat tu průměr, onde procenta).
- Neopakovat tentýž obsah políček mnohokrát za sebou. Máme-li sloupec *Rozptyl*, který v prvních deseti řádcích obsahuje hodnotu 0,5 a v druhých deseti řádcích hodnotu 1,5, pak tento sloupec raději zrušíme a vyřešíme to jinak. Například můžeme tabulku rozdělit na dvě nebo do ní vložit popisné řádky, které informují o nějaké proměnné hodnotě opakující se v následujícím oddíle tabulky (např. „*Rozptyl = 0,5*“ a níže „*Rozptyl = 1,5*“).
- Čísla v tabulce zarovnávat na desetinnou čárku.

Efekt	Odhad	Směrod. chyba ^a	P-hodnota
Abs. člen	−10,01	1,01	—
Pohlaví (muž)	9,89	5,98	0,098
Výška (cm)	0,78	0,12	< 0,001

Pozn: ^a Směrodatná chyba odhadu metodou Monte Carlo.

Tabulka 3.1: Maximálně věrohodné odhady v modelu M.

- V tabulce je někdy potřebné používat zkratky, které se jinde nevyskytují. Tyto zkratky můžeme vysvětlit v legendě nebo v poznámkách pod tabulkou. Poznámky pod tabulkou můžeme využít i k podrobnějšímu vysvětlení významu některých sloupců nebo hodnot.

3.2 Obrázky

Několik rad týkajících se obrázků a grafů.

- Graf by měl být vytvořen ve velikosti, v níž bude použit v práci. Zmenšení příliš velkého grafu vede ke špatné čitelnosti popisků.
- Osy grafu musí být řádně popsány ve stejném jazyce, v jakém je psána práce (absenci diakritiky lze tolerovat). Kreslíme-li graf hmotnosti proti výšce, nenecháme na nich popisky **ht** a **wt**, ale osy popíšeme *Výška [cm]* a *Hmotnost [kg]*. Kreslíme-li graf funkce $h(x)$, popíšeme osy x a $h(x)$. Každá osa musí mít jasně určenou škálu.
- Chceme-li na dvourozměrném grafu vyznačit velké množství bodů, dáme pozor, aby se neslily do jednolitě černé tmy. Je-li bodů mnoho, zmenšíme velikost symbolu, kterým je vykresluje, anebo vybereme jen malou část bodů, kterou do grafu zaneseme. Grafy, které obsahují tisíce bodů, dělají problémy hlavně v elektronických dokumentech, protože výrazně zvětšují velikost souborů.
- Budeme-li práci tisknout černobíle, vyhneme se používání barev. Čáry rozlišujeme typem (plná, tečkovaná, čerchovaná, ...), plochy dostatečně rozdílnými intenzitami šedé nebo šrafováním. Význam jednotlivých typů čar a ploch vysvětlíme buď v textové legendě ke grafu anebo v grafické legendě, která je přímo součástí obrázku.
- Vyhýbejte se bitmapovým obrázkům o nízkém rozlišení a zejména JPEGům (zuby a kompresní artefakty nevypadají na papíře pěkně). Lepší je vytvářet obrázky vektorově a vložit do textu jako PDF.

3.3 Programy

Algoritmy, výpisy programů a popis interakce s programy je vhodné odlišit od ostatního textu. Jednou z možností je použití L^AT_EXového balíčku **fancyvrb** (fancy verbatim), pomocí něhož je v souboru **makra.tex** nadefinováno prostředí **code**. Pomocí něho lze vytvořit např. následující ukázky.

```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Menší písmo:

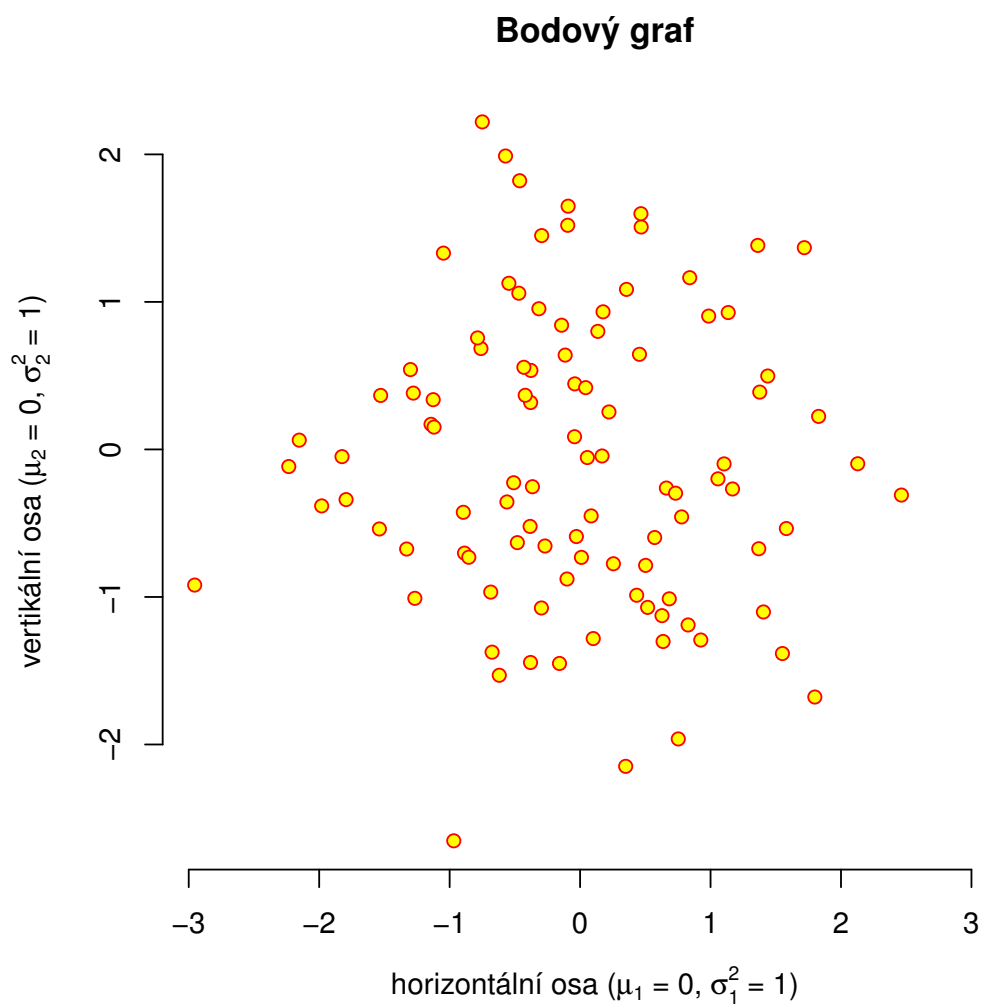
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Bez rámečku:

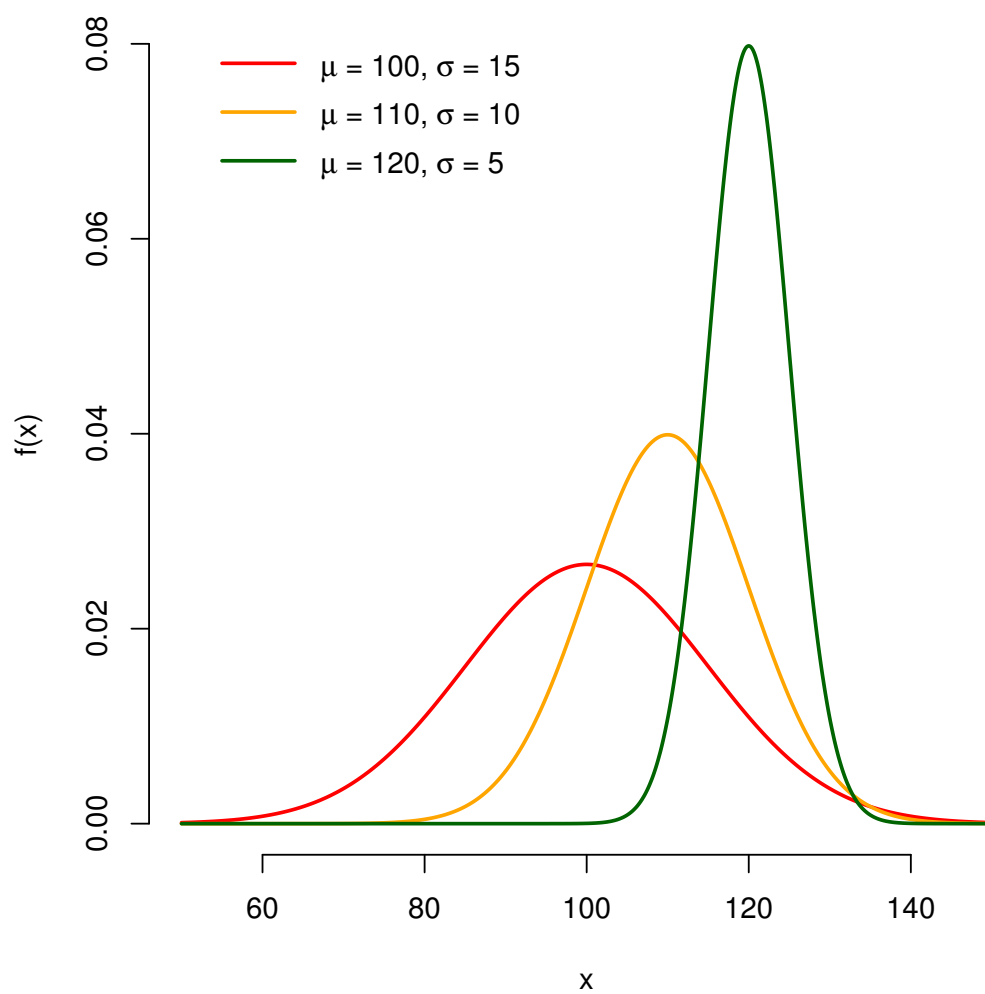
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Užší rámeček:

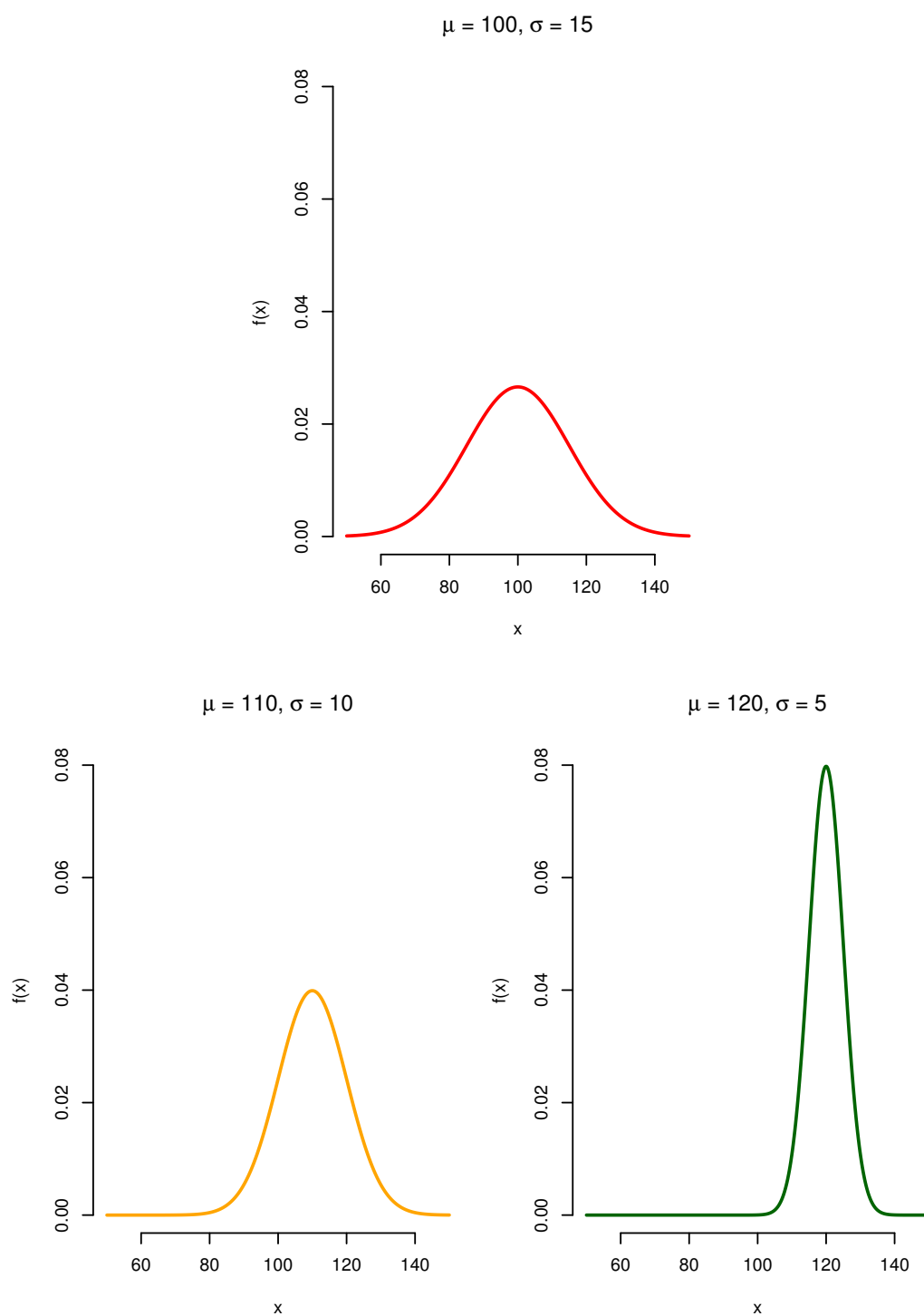
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```



Obrázek 3.1: Náhodný výběr z rozdělení $\mathcal{N}_2(\mathbf{0}, I)$.



Obrázek 3.2: Hustoty několika normálních rozdělení.



Obrázek 3.3: Hustoty několika normálních rozdělení.

4. Formát PDF/A

Opatření rektora č. 13/2017 určuje, že elektronická podoba závěrečných prací musí být odevzdávána ve formátu PDF/A úrovně 1a nebo 2u. To jsou profily formátu PDF určující, jaké vlastnosti PDF je povoleno používat, aby byly dokumenty vhodné k dlouhodobé archivaci a dalšímu automatickému zpracování. Dále se budeme zabývat úrovní 2u, kterou sázíme \LaTeX .

Mezi nejdůležitější požadavky PDF/A-2u patří:

- Všechny fonty musí být zabudovány uvnitř dokumentu. Nejsou přípustné odkazy na externí fonty (ani na „systémové“, jako je Helvetica nebo Times).
- Fonty musí obsahovat tabulku ToUnicode, která definuje převod z kódování znaků použitého uvnitř fontu to Unicode. Díky tomu je možné z dokumentu spolehlivě extrahovat text.
- Dokument musí obsahovat metadata ve formátu XMP a je-li barevný, pak také formální specifikaci barevného prostoru.

Tato šablona používá balíček `pdfx`, který umí \LaTeX nastavit tak, aby požadavky PDF/A splňoval. Metadata v XMP se generují automaticky podle informací v souboru `prace.xmpdata` (na vygenerovaný soubor se můžete podívat v `pdfa.xmpi`).

Validitu PDF/A můžete zkontrolovat pomocí nástroje VeraPDF, který je k dispozici na <http://verapdf.org/>.

Pokud soubor nebude validní, mezi obvyklé příčiny patří používání méně obvyklých fontů (které se vkládají pouze v bitmapové podobě a/nebo bez unicodových tabulek) a vkládání obrázků v PDF, které samy o sobě standard PDF/A nesplňují.

Další postřehy o práci s PDF/A najdete na <http://mj.ucw.cz/vyuka/bc/pdfaq.html>.

Závěr

Seznam použité literatury

- CHAOS CZECH A.S. (2023). Corona Renderer. <https://corona-renderer.com/>. Accessed: 2023-04-17.
- EMDE, C., BURAS-SCHNELL, R., KYLLING, A., MAYER, B., GASTEIGER, J., HAMANN, U., KYLLING, J., RICHTER, B., PAUSE, C., DOWLING, T. a BUGLIARO, L. (2016). The libradtran software package for radiative transfer calculations (version 2.0.1). *Geoscientific Model Development*, **9**(5), 1647–1672. doi: 10.5194/gmd-9-1647-2016. URL <https://gmd.copernicus.org/articles/9/1647/2016/>.
- HOŠKO, J. (2014). Bezpečnostní kamerové systémy. Master’s thesis, České vysoké učení technické v Praze. URL <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/24416>.
- LALONDE, J.-F., NARASIMHAN, S. G. a EFROS, A. A. (2010). What do the sun and the sky tell us about the camera? *International Journal on Computer Vision*, **88**(1), 24–51.
- NIKON (2023). Understanding Focal Length. <https://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/understanding-focal-length.html>. Accessed: 2023-04-17.
- PEREZ, R., SEALS, R. a MICHALSKY, J. (1993). All-weather model for sky luminance distribution—preliminary configuration and validation. *Solar Energy*, **50**(3), 235–245. ISSN 0038-092X. doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(93\)90017-I](https://doi.org/10.1016/0038-092X(93)90017-I). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X9390017I>.
- SCIKIT-IMAGE (2021). RGB to Grayscale. https://scikit-image.org/docs/dev/auto_examples/color_exposure/plot_rgb_to_gray.html. Accessed: 2023-04-17.
- WIKIPEDIA (2023). Sférická soustava souřadnic. URL https://cs.wikipedia.org/wiki/Sf%C3%A9rick%C3%A1_soustava_sou%C5%99adnic#/media/Soubor:Spherical_with_grid.svg. Accessed: 2023-04-17.
- WILKIE, A., VEVODA, P., BASHFORD-ROGERS, T., HOŠEK, L., ISER, T., KOLÁŘOVÁ, M., RITTIG, T. a KŘIVÁNEK, J. (2021). A fitted radiance and attenuation model for realistic atmospheres. *ACM Trans. Graph.*, **40**(4). ISSN 0730-0301. doi: 10.1145/3450626.3459758. URL <https://doi.org/10.1145/3450626.3459758>.

Seznam obrázků

1.1	Sférická soustava souřadnic Wikipedia (2023)	3
1.2	Vliv ohniskové vzdálenosti na zorný úhel Nikon (2023)	4
1.3	Pozice slunce (θ_s, γ_s) , orientace kamery (θ_c, γ_c) , pozice bodu na obloze (θ_p, γ_p) , úhel bodu na obloze se sluncem γ_p , pozice bodu na obrázku (u_p, v_p) (Lalonde a kol., 2010, strana 15)	6
3.1	Náhodný výběr z rozdělení $\mathcal{N}_2(\mathbf{0}, I)$	15
3.2	Hustoty několika normálních rozdělení.	16
3.3	Hustoty několika normálních rozdělení.	17

Seznam tabulek

3.1	Maximálně věrohodné odhady v modelu M.	12
-----	--	----

[U matematických prací může být lepší přemístit seznam tabulek na začátek práce.]

Seznam použitých zkratek

[U matematických prací může být lepší přemístit seznam zkratek na začátek práce.]

Seznam publikací

[Součástí doktorských prací musí být seznam vlastních publikací.]

A. Přílohy

[Přílohy k bakalářské práci, existují-li. Každá příloha musí být alespoň jednou odkazována z vlastního textu práce. Přílohy se číslují.]

[Do tištěné verze se spíše hodí přílohy, které lze číst a prohlížet (dodatečné tabulky a grafy, různé textové doplňky, ukázky výstupů z počítačových programů, apod.). Do elektronické verze se hodí přílohy, které budou spíše používány v elektronické podobě než čteny (zdrojové kódy programů, datové soubory, interaktivní grafy apod.). Elektronické přílohy se nahrávají do SISu a lze je také do práce vložit na CD/DVD. Povolené formáty souborů specifikuje opatření rektora č. 72/2017.]

A.1 První příloha