

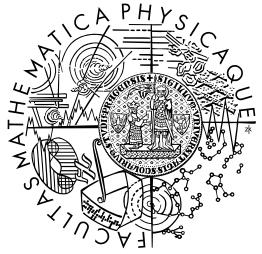
[Přední strana pevných desek vazby. Není součástí elektronické verze práce.]

Univerzita Karlova
Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Ondřej Krsička



**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 kopíí 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	3
1 Teoretický základ	4
1.1 Sférická soustava souřadnic	4
1.2 Parametry kamery	4
1.2.1 Vnitřní parametry kamery	5
1.2.2 Vnější parametry kamery	6
1.3 Nalezení bodu na obloze	6
1.4 Radiometrie, fotometrie a spektrometrie	7
1.5 Perezův model oblohy	8
1.6 Pražský model oblohy	9
1.6.1 Matematický popis	9
1.6.2 Využití	10
2 Kalibrace kamery	11
2.1 Kalibrace kamery pomocí optimalizace nad snímky z meteorologických webových kamer	11
2.1.1 Tvorba datasetu \mathcal{I}_c a \mathcal{J}_c	11
2.1.2 Optimalizace	12
2.2 Kalibrace kamery pomocí hlubokých neuronových sítí	13
3 Data	15
3.1 Úprava práce	16
3.2 Jednoduché příklady	16
3.3 Matematické vzorce a výrazy	16
3.4 Definice, věty, důkazy,	18
4 Odkazy na literaturu	20
4.1 Několik ukázek	20
5 Tabulky, obrázky, programy	21
5.1 Tabulky	21
5.2 Obrázky	22
5.3 Programy	22
6 Formát PDF/A	27
Závěr	28
Seznam použité literatury	29
Seznam obrázků	31
Seznam tabulek	32
Seznam použitých zkratek	33

Seznam publikací	34
A Přílohy	35
A.1 První příloha	35

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 jako zdroj trénovacích dat pro neuronové sítě generující realistické mraky na obloze. Sběr dat z webových meteorologických kamer je pro výzkumníky neuronových sítí levnější než fociení oblohy ručně. Tyto neuronové sítě mají uplatnění například ve filmovém průmyslu, videohrách či simulacích. Pro dosažení vysoké úrovně realismu je důležitá správná kalibrace webových kamer, což zahrnuje určení parametrů kamery, jako jsou azimut, zenit, natočení a zorné pole. Tyto údaje však nemusejí být známé, proto existují metody pro jejich approximaci.

Cílem této bakalářské práce je porovnat stávající přístupy k automatické kalibraci kamer, konkrétně metody Lalonde a kol. (2010) a Hold-Geoffroy a kol. (2022). Následně je zamýšleno vylepšit první zmíněnou metodu integrací modelu oblohy Prague Sky Model (Wilkie a kol., 2021).

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

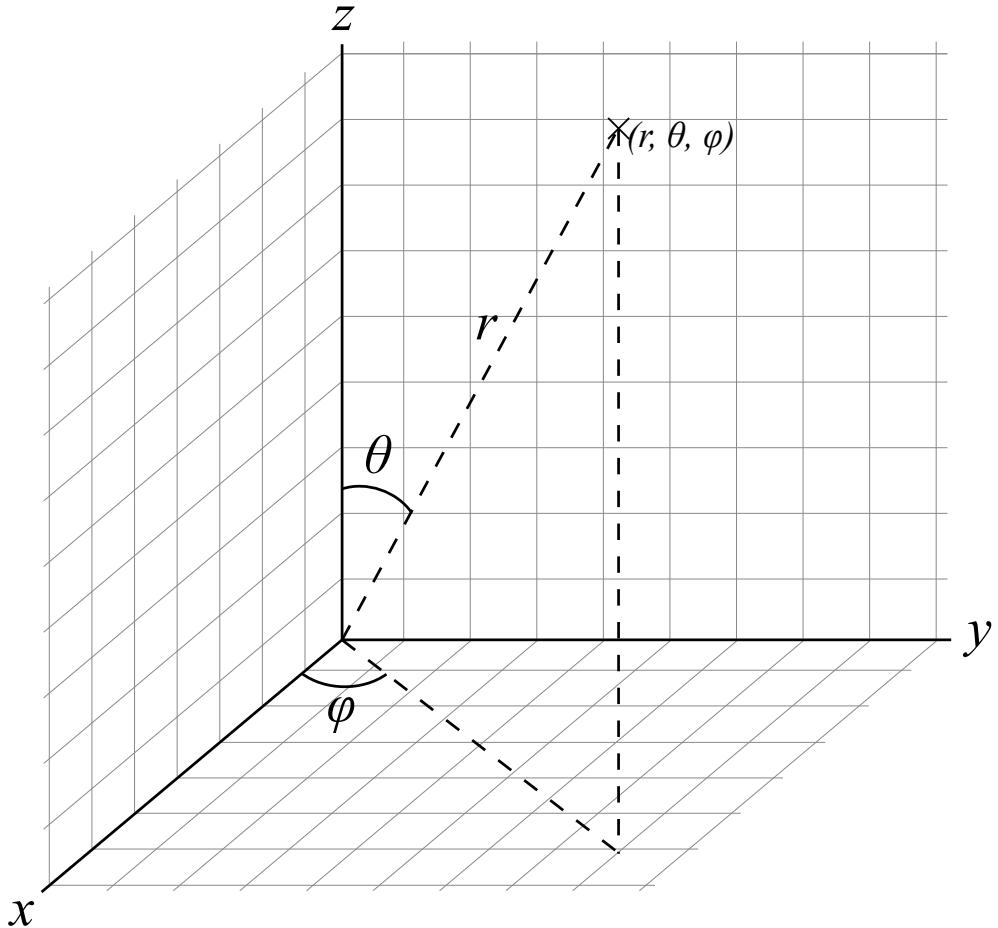
1.1 Sférická soustava souřadnic

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 svírána se severním směrem. Hodnoty azimu 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 Parametry kamery

Rozlišujeme vnější a vnitřní parametry kamery.

1.2.1 Vnitřní parametry kamery

Vnitřní parametry kamery jsou např. ohnisková vzdálenost f_c , vertikální a horizontální zorný úhel, veliost clony, rychlosť závěrky nebo světelnost objektivu. Nejvýznamější vnitřní parametr objektivu je ohnisková vzdálenost f_c , pomocí které lze určit zorné pole kamery.

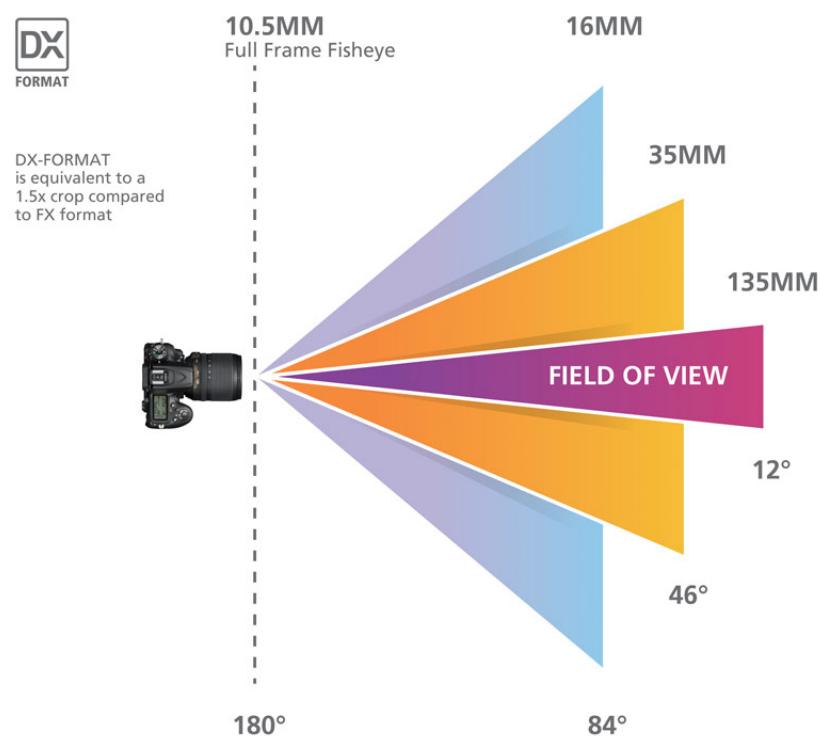
Definice 3 (Ohnisková vzdálenost). *Ohnisková vzdálenost f_c [mm] je vzdálenost mezi optickým středem objektivu a rovinou snímače (čipu) při zaostření na nekonečno. (Hoško, 2014)*

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 odvěsnou jsou f a $W/2$. □

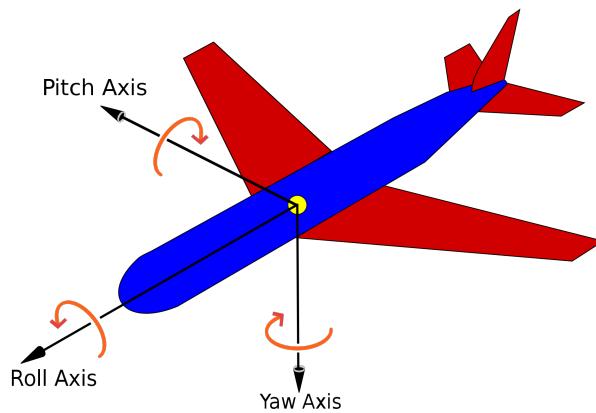


Obrázek 1.2: Vliv ohniskové vzdálenosti na zorný úhel Nikon (2023)

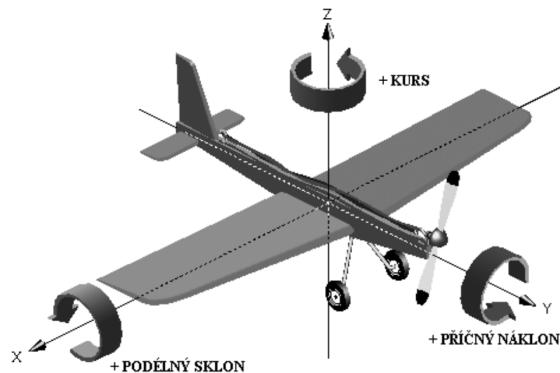
1.2.2 Vnější parametry kamery

Mezi vnější parametry kamery patří její orientace (zenit θ_c , azimut ϕ_c). Alternativou, jak popsat směrování kamery, je s pomocí úhlů kolem osy x , y a z :

- θ' - úhel kolem osy x , označovaný jako podélný sklon nebo anglicky pitch, $\theta' = \pi/2 - \theta_c$
- ψ' - úhel kolem osy y , označovaný jako příčný náklon nebo anglicky roll
- ϕ' - úhel kolem osy z , označovaný jako azimut, kurs nebo anglicky yaw



Obrázek 1.3: Polohové úhly Wikipedia (2023)



Obrázek 1.4: Polohové úhly (Famfulík, 2008)

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. Předpokládáme, že horizont je rovnoběžný se spodní hranou snímku.

Lemma 2. (Lalonde a kol., 2010, Appendix B) Bud ϕ_c azimut 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

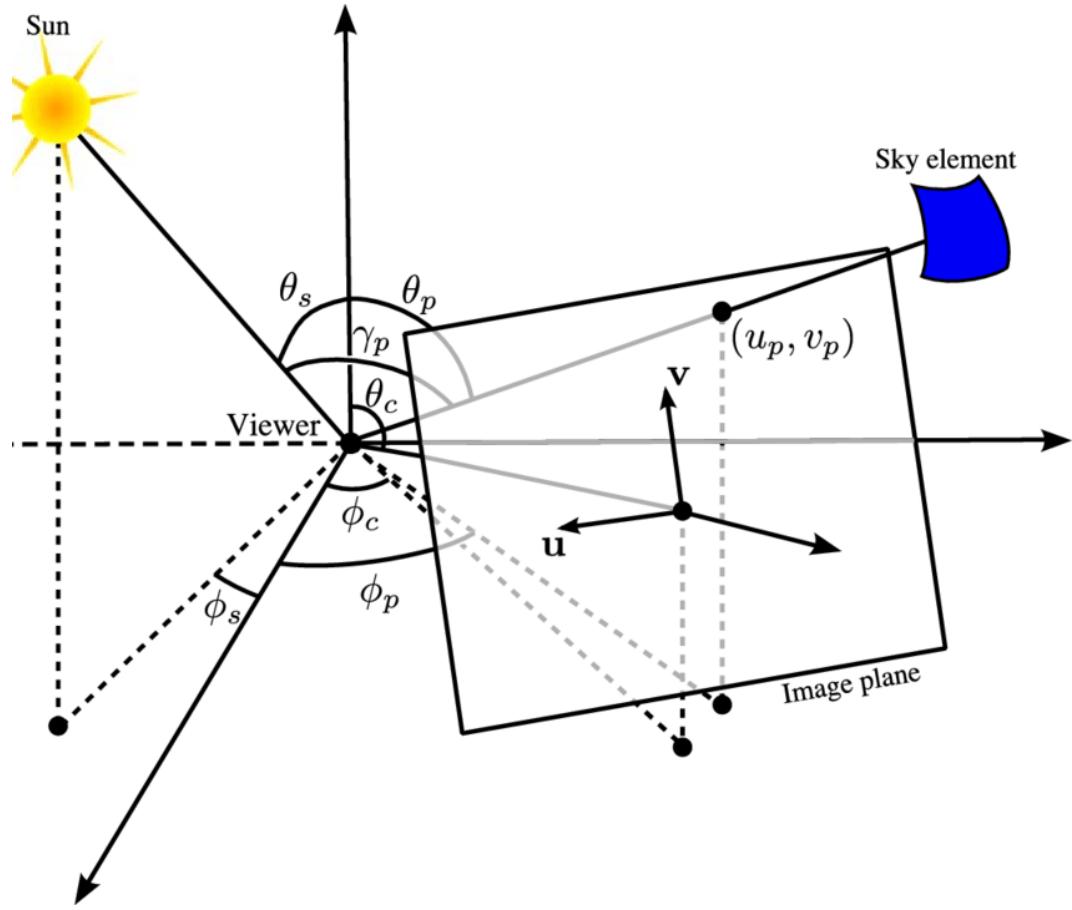
Radiometrie a fotometrie a spektrometrie jsou vědní disciplíny, které se zabývají měřením a analýzou světla a elektromagnetického záření. Radiometrie se zaměřuje na kvantitativní měření energie elektromagnetického záření. Fotometrie se na druhou stranu zaměřuje na měření světla ve vztahu k lidskému vnímání. 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 váženy 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:*

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



Obrázek 1.5: 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 snímku (u_p, v_p) (Lalonde a kol., 2010, strana 15)

1.5 Perezův model oblohy

Modely oblohy mají za cíl určit intenzitu světla (celkovou nebo pro danou vlnovou délku nebo barevný kanál) přicházejícího z daného směru z jasné oblohy bez oblačnosti při zvolených parametrech atmosféry a pozice slunce. Tento analytický model oblohy byl poprvé představen v článku Perez a kol. (1993).

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

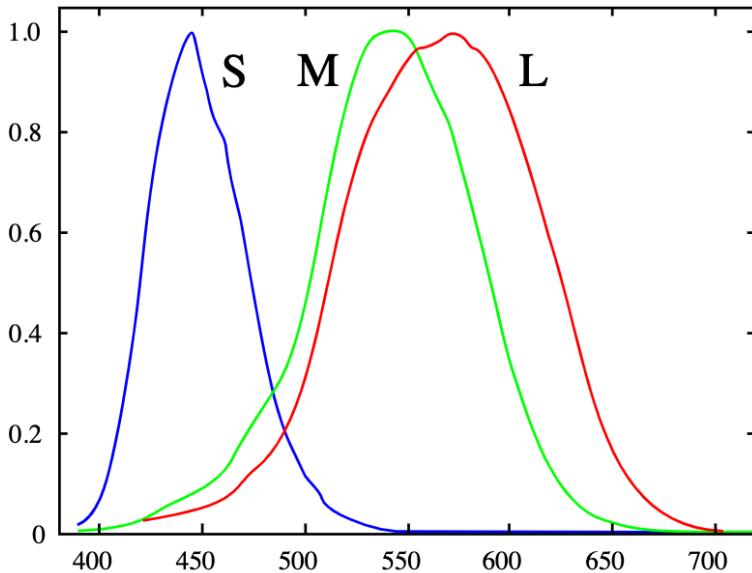
$$l_p = (1 + a \cdot \exp(b / \cos(\theta))) \cdot (1 + c \cdot \exp(d \cdot \gamma) + e \cdot \cos^2(\gamma)) \quad (1.6)$$

Kde (a, b, c, d, e) jsou koeficienty modelu, které pro jasnou oblohu nabývají hodnot $(-1, -0.32, 10, -3, 0.45)$.

Věta 5. (Lalonde a kol., 2010, model oblohy nezávislý na azimutu) Pro $\gamma_p > 100^\circ$ lze Perezův model zjednodušit na

$$l'_p = 1 + a \cdot \exp(b / \cos(\theta)) \quad (1.7)$$

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.



Obrázek 1.6: Spektrální odezva tří typů čípků v lidském oku (Wikipedia, 2023)

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 ART (Advanced Rendering Toolkit), 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 100 km)
- $albedo$: míra odrazivosti země, v rozsahu od 0 do 1. (Zasněžená krajina má vyšší albedo než travnatá plocha)
- vlnová délka [nm]: při generování obrazu nás bude zajímat červená, zelená a modrá barva, které odpovídají vlnovým délkám 650 nm, 550 nm a 450 nm.
- TODO: OD MARTINA lepší by bylo integrovat přes všechny vlnové délky (přenásobit spektrální odezvou), ale jako approximace by to mohlo stačit (bylo by dobré uvést, že vzít vlnové délky špiček nestačí, pokud chceme vizuálně správný výsledek)

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

1.6.2 Využití

Model je použit například 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.

2. Kalibrace kamery

Kalibrace kamery znamená nalezení jejich vnitřních a vnějších parametrů. Má využití v počítacovém vidění, pro skládání obrazu z více snímků nebo pro vytváření 3D modelů.

Kalibrace kamery se dá provádět s nebo bez pomoci snímků, na nichž se nachází známé kalibrační objekty. V této kapitole se zaměříme na srovnání dvou odlišných metod kalibrace kamery, které nevyžadují kalibrační objekty, a to na Lalonde a kol. (2010) a Hold-Geoffroy a kol. (2022).

2.1 Kalibrace kamery pomocí optimalizace nad snímků z meteorologických webových kamer

Tuto metodu představil Lalonde a kol. (2010). Předpokládá, že kamera je namířena na oblohu a že se v průběru času nemění její pozice ani orientace. Dále předpokládá, že kamera je umístěná vodorovně – tedy že horizont je na snímku rovnoběžný se spodní hranou snímku. Vyžaduje z každé kamery několik snímků v průběhu několika dní v různých denních hodinách.

Je založená na optimalizaci čtverce rozdílu obrazu skutečné oblohy a oblohy vygenerované modelem oblohy. K nalezení optimálních parametrů modelu oblohy využívá nelineární metodu nejmenších čtverců (non-linear least squares). Algoritmus dokáže určit zenit θ_c , azimut ϕ_c a ohniskovou vzdálenost f_c . Program vyžaduje, aby byla k dispozici sémantická segmentace oblohy, aby optimalizace nesrovnávala krajinu s modelem oblohy. Perez tuto segmentaci prováděl ručně. K určení f_c a θ_c využívá dataset \mathcal{I} a k určení ϕ_c využívá dataset \mathcal{J}_c .

Značení

- \mathcal{D}_c – množina snímků oblohy kamerou c s neznámými parametry (θ_c, ϕ_c, f)
- $y_p^{(i)}$ – jas na pozici (u_p, v_p) v obrázku i
- $\mathcal{P}_c = \{p | \text{segmentace}(y_p) = \text{obloha}\}$ – pixely označení sémantickou segmentací jako obloha
- $v_{min} = \min\{v_p | p \in \mathcal{P}_c\}$ – pozice na ose y nejnižše položeného pixelu oblohy
- $\theta_s^{(j)}, \phi_s^{(j)}$ – zenit a azimut slunce v čase pořízení snímku j

2.1.1 Tvorba datasetu \mathcal{I}_c a \mathcal{J}_c

Množina \mathcal{I}_c Chceme najít množinu $\mathcal{I}_c \subseteq \mathcal{D}_c$, která obsahuje snímkы čisté oblohy bez oblačnosti, se sluncem co nejdále od zorného pole kamery.

Toho docílíme approximací každého snímku oblohy pomocí

$$\hat{y}_p^{(i)} = \alpha_i(v_p - v_{min})^2 + \beta_i, \quad (2.1)$$

Parametry α_i a β_i určíme metodou nejmenších čtverců:

Lemma 6 (Nalezení (α_i, β_i) metodou nejmenších čtverců). *Nechť $P = |\mathcal{P}_c|$*

$$A = \begin{bmatrix} (v_1 - v_{min})^2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ (v_P - v_{min})^2 & 1 \end{bmatrix}, b = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_P \end{pmatrix}.$$

$$\text{Pak } x = (\alpha_i, \beta_i)^\top = (A^\top A)^{-1} A^\top b.$$

Abychom vytvořili \mathcal{I}_c , vezmeme snímky s $\alpha_i < 0$, poté z nich vybereme 10 % s nejnižším reziduem $\|Ax - b\|$ a potom vezmeme N s nejnižší $|\alpha_i|$.

Množina \mathcal{J}_c Dataset $\mathcal{J}_c \subseteq \mathcal{D}_c$ sloužící k nalezení zenitu ϕ_c obsahuje snímky jasné oblohy, kde jsou patrné známky toho, že slunce je blízko zorného pole kamery. Není však žádoucí, aby slunce bylo přímo na snímku, protože pak by ve snímku nastaly problémy s expozicí a šumem. Lalonde navrhl \mathcal{J}_c vytvořit tak, že vybere 4 dny s nejvyšším počtem snímků s $\alpha < 0$. Tím by měl získat slunečné dny. Poté ze snímků pořizovaných v průběhu celého dne vybere N snímků s nejmenším vertikálním a horizontálním gradientem, na kterých by měla být nejčistší obloha.



Obrázek 2.1: Příklad snímku z datasetu \mathcal{I}_c (Český hydrometeorologický ústav, 2023)

2.1.2 Optimalizace

Hledané parametry θ_c, ϕ_c, f_c najdeme nelineární metodou nejmenších čtverců algoritmem LM (Levenberg-Marquardt) (?).

$$\hat{f}_c, \hat{\theta}_c, \hat{k}^{(i)} = \arg \min_{\theta_c, f_c, k^{(i)}} \sum_{i \in \mathcal{I}_c} \sum_{p \in \mathcal{P}_c} \left(y_p^{(i)} - k^{(i)} g'(u_p, v_p, \theta_c, f_c) \right)^2 \quad (2.2)$$

$$\hat{\phi}_c, \hat{k}^{(j)} = \arg \min_{\phi_c, k^{(j)}} \sum_{j \in \mathcal{J}_c} \sum_{p \in \mathcal{P}_c} \left(y_p^{(j)} - k^{(j)} g(u_p, v_p, \hat{\theta}_c, \phi_c, \hat{f}_c, \theta_s^{(j)}, \phi_s^{(j)}) \right)^2 \quad (2.3)$$



Obrázek 2.2: Příklad snímku z datasetu \mathcal{J}_c (Český hydrometeorologický ústav, 2023)

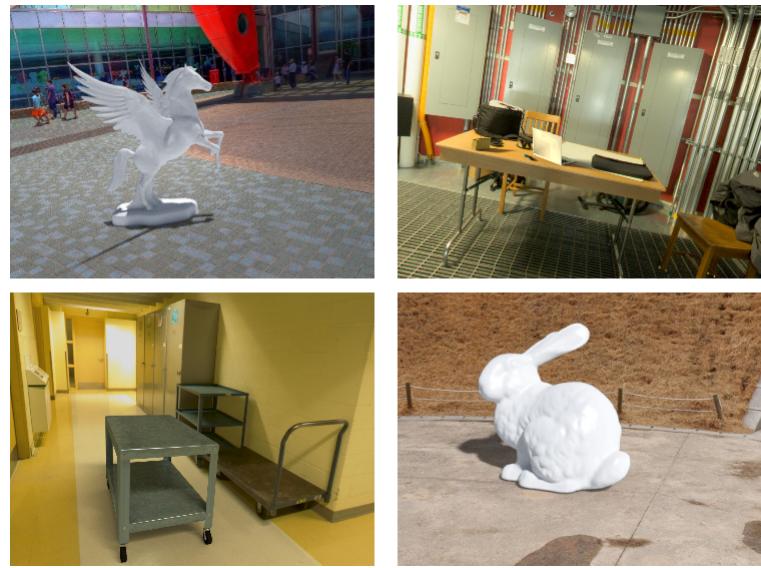
2.2 Kalibrace kamery pomocí hlubokých neuronových sítí

Práce Hold-Geoffroy a kol. (2022) představuje metodu, jak z jediného snímku určit její příčný náklon ψ_c , zenit θ_c , ohniskovou vzdálenost f_c a zkreslení čočky ξ_c . Oproti předchozí metodě má méně specifický vstup a proto i širší použití. Nevyužívá však znalost o pozici slunce v době pořízení snímku, takže nemá jak určit azimut kamery ϕ_c . Spíše než k tvorbě datových podkladů pro trénování neuronových sítí tedy může sloužit ke vkládání 3D objektů do snímků nebo nápravě zkreslení čočky.

Metoda staví na konvoluční neuronové síti s architekturou DenseNet Huang a kol. předtrénované na obrazové databázi ImageNet (Deng a kol., 2009). Výstupní vrstva tohoto modelu je potom nahrazena čtyřmi výstupy: náklon ψ , vzdálenost horizontu od středu obrázku v_m , zorný úhel h_θ , a zakřivení ξ . Síť je dotrénována na datasetu 360Cities (360 Cities Holding B.V., 2023). Trénování probíhá pomocí algoritmu Adam (Kingma a Ba, 2014) s využitím ztrátové funkce KL divergence (Kullback a Leibler, 1951).



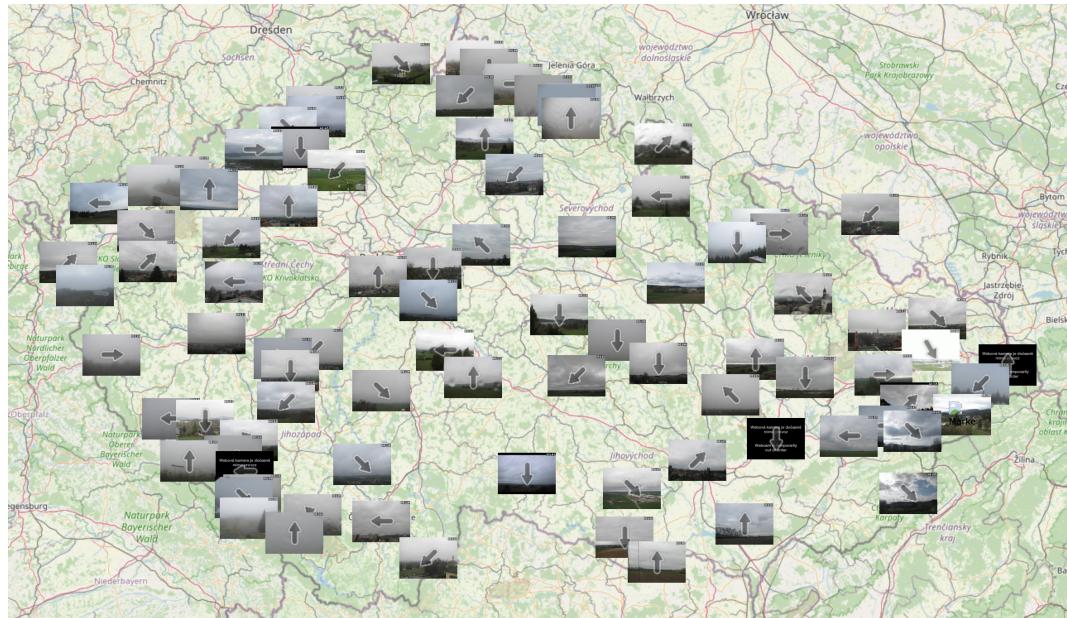
Obrázek 2.3: Automatická oprava zkreslení čočky (Hold-Geoffroy a kol., 2022)



Obrázek 2.4: Realistické vkládání 3D objektů do snímků (Hold-Geoffroy a kol., 2022)

3. Data

Práce využívá obrazových dat z veřejně dostupných webových meteorologických kamer Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).



Obrázek 3.1: Mapa webových kamer Český hydrometeorologický ústav (2023)

3.1 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. Číslují 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 \TeX 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 nepotřebný.

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 vymezit uvozovkami nebo jinak vyznačit a řádně citovat.

3.2 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, mezera 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 ohrazená dlouhými pomlčkami.

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

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

3.3 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: $\text{var}(X) = \mathbb{E} X^2 - (\mathbb{E} X)^2$.

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:

$$\mathbb{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}. \quad (3.1)$$

Výraz (3.1) 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:

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

Dva vzorce se spojovníkem:

$$\left. \begin{aligned} S(t) &= \mathbb{P}(T > t) \\ F(t) &= \mathbb{P}(T \leq t) \end{aligned} \right\} \quad t > 0 \quad (\text{zprava spojité}). \quad (3.2)$$

Dva centrované nečíslované vzorce:

$$\mathbf{Y} = \mathbb{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon},$$

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

Dva centrované číslované vzorce:

$$\mathbf{Y} = \mathbb{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (3.3)$$

$$\mathbb{X} = \begin{pmatrix} 1 & \mathbf{x}_1^\top \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \mathbf{x}_n^\top \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$

Definice rozdelená 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.

$$\begin{aligned}
x &= y_1 - y_2 + y_3 - y_5 + y_8 - \cdots = && \text{z (3.3)} \\
&= y' \circ y^* = && \text{podle (3.4)} \\
&= y(0)y' && \text{z Axiomu 1.} \tag{3.5}
\end{aligned}$$

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 číslovaný:

$$\begin{aligned}
L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^n f_i(y_i; \boldsymbol{\theta}), \tag{3.6} \\
\ell(\boldsymbol{\theta}) &= \log\{L(\boldsymbol{\theta})\} = \sum_{i=1}^n \log\{f_i(y_i; \boldsymbol{\theta})\}.
\end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
\ell(\mu, \sigma^2) &= \log\{L(\mu, \sigma^2)\} = \sum_{i=1}^n \log\{f(y_i; \mu, \sigma^2)\} = \tag{3.7} \\
&= -\frac{n}{2} \log(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2.
\end{aligned}$$

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

Lemma 8 (? , str. 29). *Náhodný vektor \mathbf{X} je měřitelné zobrazení prostoru (ω, \mathcal{A}, P) do $(\mathbb{R}_n, \mathcal{B}_n)$.* \blacksquare

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

Věta 7 ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty bez titulku, lemma 5 ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty s titulkem. Lemmata byla zavedena v hlavním souboru tak, že sdílejí číslování s větami.

4. Odkazy na literaturu

Odkazy na literaturu vytváříme nejlépe pomocí příkazů `\citet`, `\citep` atp. (viz L^AT_EXový balíček `natbib`) a následného použití BibTeXu. 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 bibTeX, řídíme se normou ISO 690 a zvyklostmi oboru.

Jména časopisů lze uvádět zkráceně, ale pouze v kodifikované podobě.

4.1 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 *nenašíme*: První výsledky projektu ACCEPT jsou uvedeny v práci ?.

5. 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 očíslovujeme a umístíme pod ně legendu. Legenda má popisovat obsah grafu či tabulky tak podrobně, aby jím 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 nepřímo v průběhu běžného toku textu; místo „*Tabulka 5.1 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 5.1)*“.

5.1 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 5.1: 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.

5.2 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 rádně 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 neslyly do jednolité černé tmy. Je-li bodů mnoho, zmenšíme velikost symbolu, kterým je vykreslujeme, 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 intensitami 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.

5.3 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
```

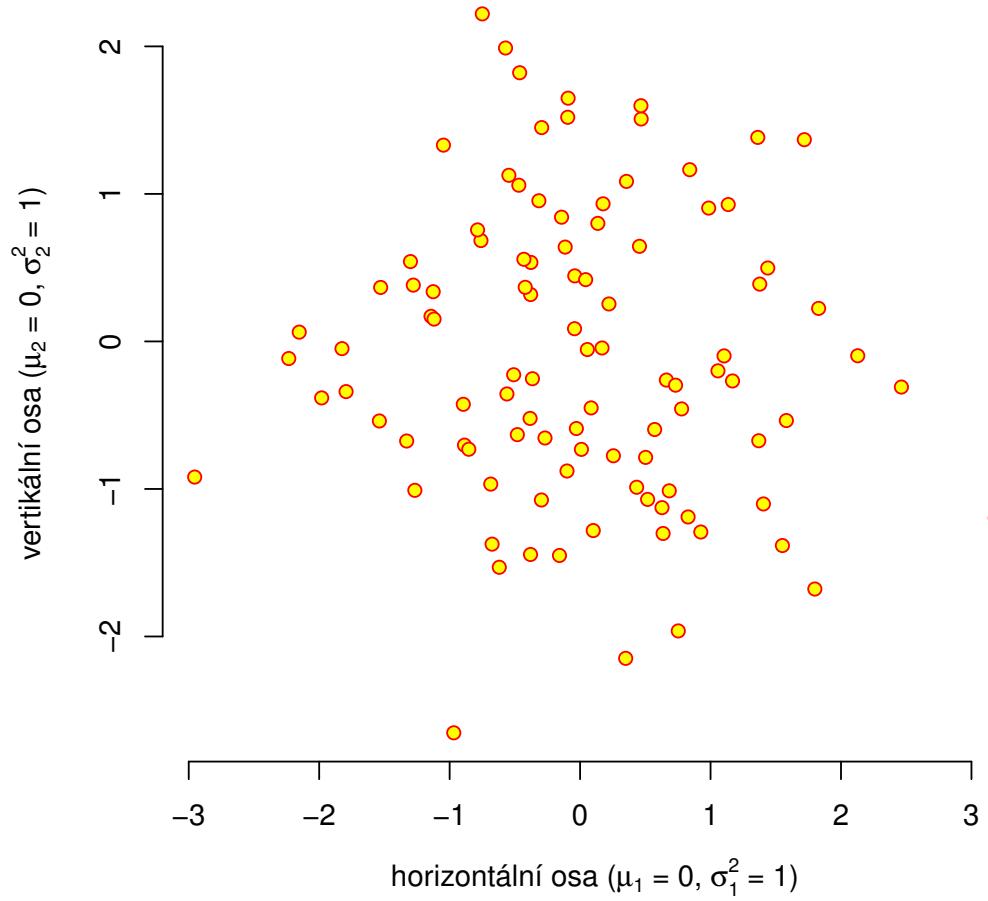
Bez rámečku:

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

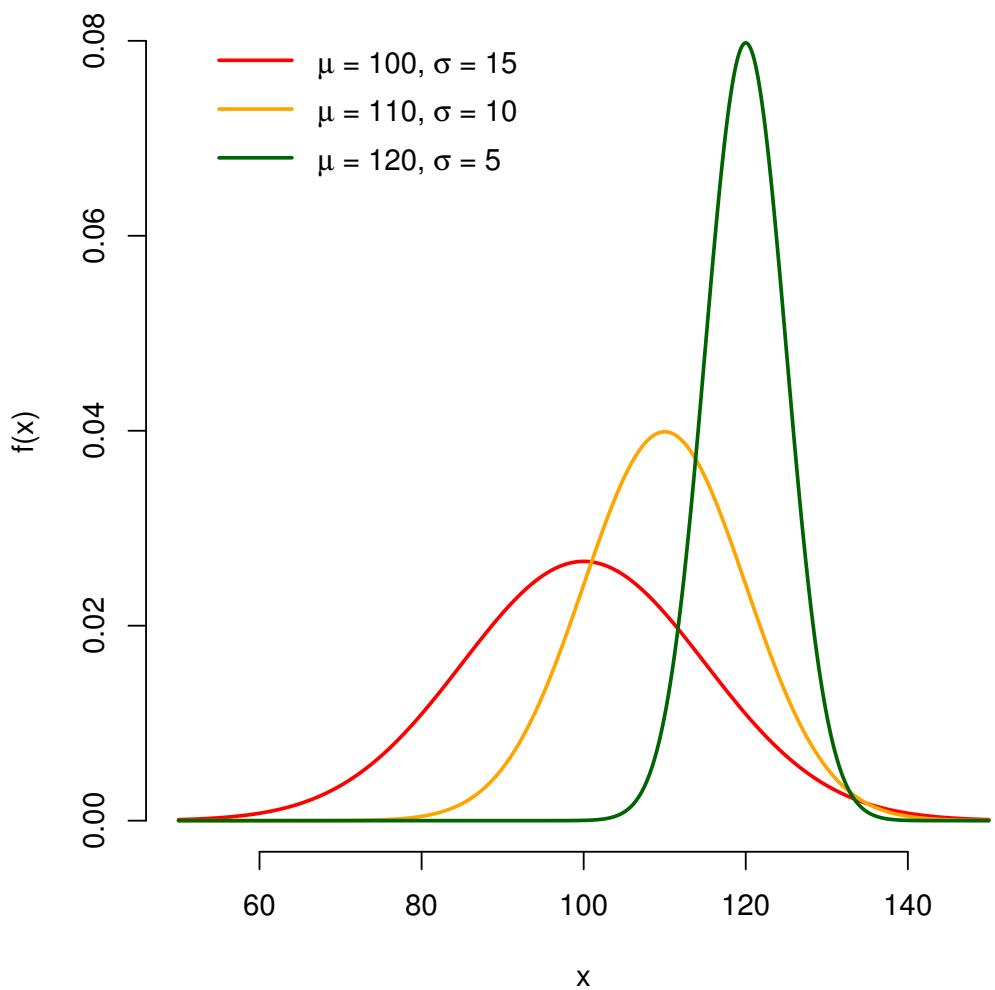
Užší rámeček:

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

Bodový graf

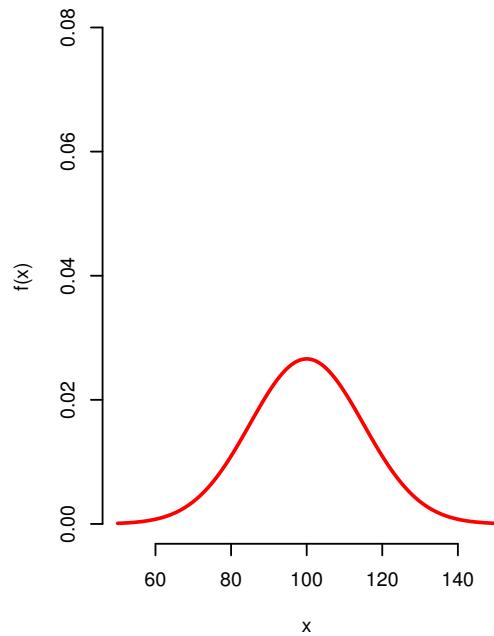


Obrázek 5.1: Náhodný výběr z rozdělení $\mathcal{N}_2(\mathbf{0}, I)$.

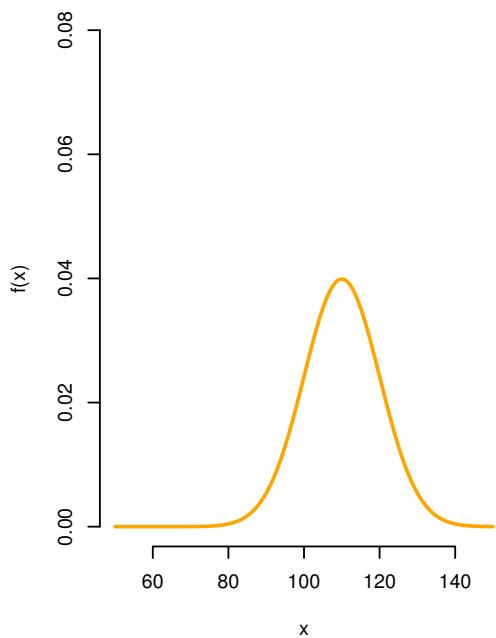


Obrázek 5.2: Hustoty několika normálních rozdělení.

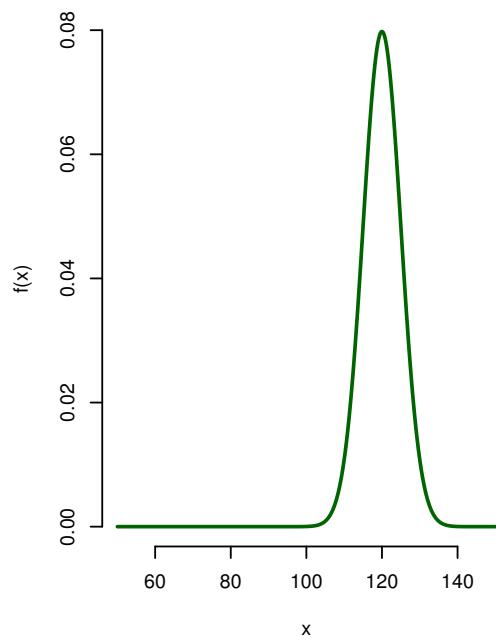
$$\mu = 100, \sigma = 15$$



$$\mu = 110, \sigma = 10$$



$$\mu = 120, \sigma = 5$$



Obrázek 5.3: Hustoty několika normálních rozdělení.

6. 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 \TeX em.

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 `pdflatex.xmp`).

Validitu PDF/A můžete zkontořovat 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/pdffaq.html>.

Závěr

Seznam použité literatury

- 360 CITIES HOLDING B.V. (2023). 360Cities. <https://www.360cities.net/>. Accessed: 2023-04-19.
- CHAOS CZECH A.S. (2023). Corona Renderer. <https://corona-renderer.com/>. Accessed: 2023-04-17.
- DENG, J., DONG, W., SOCHER, R., LI, L.-J., LI, K. a FEI-FEI, L. (2009). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 248–255. Ieee.
- FAMFULÍK, L. (2008). Digitální kyvadlový inklinometr. bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně. URL https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=9490.
- HOLD-GEOFFROY, Y., PICHÉ-MEUNIER, D., SUNKAVALLI, K., BAZIN, J.-C., RAMEAU, F. a LALONDE, J.-F. (2022). A deep perceptual measure for lens and camera calibration.
- HOŠKO, J. (2014). Bezpečnostní kamerové systémy. diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze. URL <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/24416>.
- HUANG, G., LIU, Z., VAN DER MAATEN, L. a WEINBERGER, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. pages 2261–2269. URL <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/cvpr/cvpr2017.html#HuangLMW17>.
- KINGMA, D. P. a BA, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- KULLBACK, S. a LEIBLER, R. A. (1951). On information and sufficiency. *Ann. Math. Statist.*, **22**(1), 79–86.
- 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>.
- WIKIPEDIA (2023). Spectral sensitivity. URL https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_sensitivity#/media/File:Cones_SMJ2_E.svg. Accessed: 2023-04-19.

WIKIPEDIA (2023). Aircraft Principal Axes. https://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft_principal_axes#/media/File:Yaw_Axis_Corrected.svg. Accessed: 2023-04-18.

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>.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV (2023). Mapa webových kamer. <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/kam/>. Accessed: 2023-04-18.

Seznam obrázků

1.1	Sférická soustava souřadnic Wikipedia (2023)	4
1.2	Vliv ohniskové vzdálenosti na zorný úhel Nikon (2023)	5
1.3	Polohové úhly Wikipedia (2023)	6
1.4	Polohové úhly (Famfulík, 2008)	6
1.5	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 snímku (u_p, v_p) (Lalonde a kol., 2010, strana 15)	8
1.6	Spektrální odezva tří typů čípků v lidském oku (Wikipedia, 2023)	9
2.1	Příklad snímku z datasetu \mathcal{I}_c (Český hydrometeorologický ústav, 2023)	12
2.2	Příklad snímku z datasetu \mathcal{J}_c (Český hydrometeorologický ústav, 2023)	13
2.3	Automatická oprava zkreslení čočky (Hold-Geoffroy a kol., 2022) .	14
2.4	Realistické vkládání 3D objektů do snímků (Hold-Geoffroy a kol., 2022)	14
3.1	Mapa webových kamer Český hydrometeorologický ústav (2023) .	15
5.1	Náhodný výběr z rozdělení $\mathcal{N}_2(\mathbf{0}, I)$	24
5.2	Hustoty několika normálních rozdělení.	25
5.3	Hustoty několika normálních rozdělení.	26

Seznam tabulek

[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