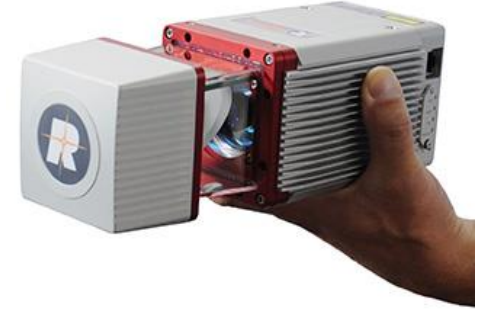


Druhy kamerových senzorů a optika

Strojové vidění a zpracování obrazu (BI-SVZ)

Druhy kamerových senzorů



Druhy kamerových senzorů



Běžná kamera (maticová)



UV kamera



Termokamera



LIDAR

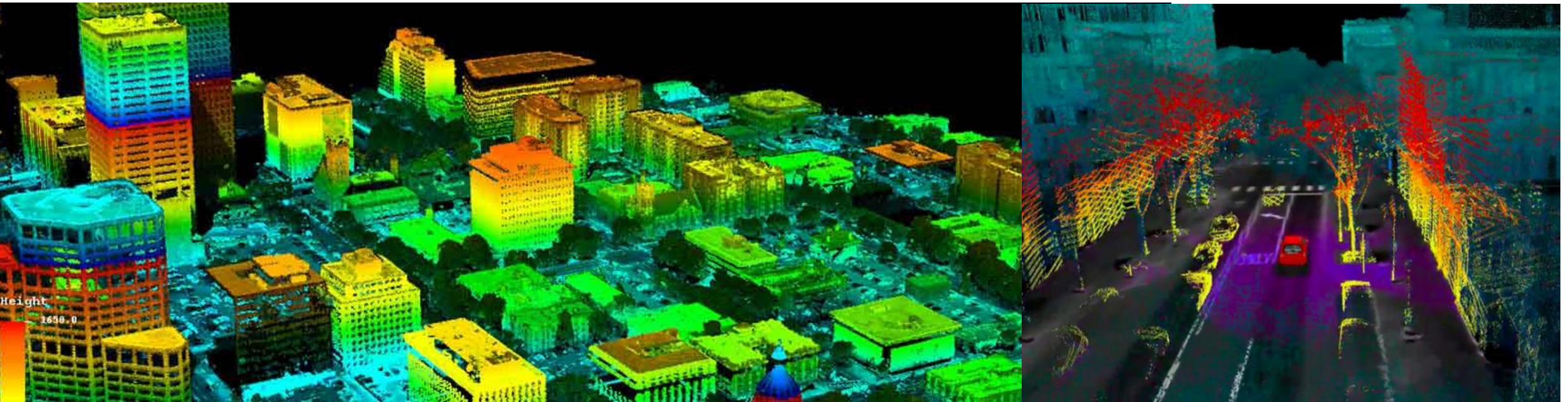
Mnoho dalších

- Řádkové kamery
- Vysokorychlostní kamery
- Hlubkové kamery
- Kamery s vysokým rozlišením
- Vícečipové

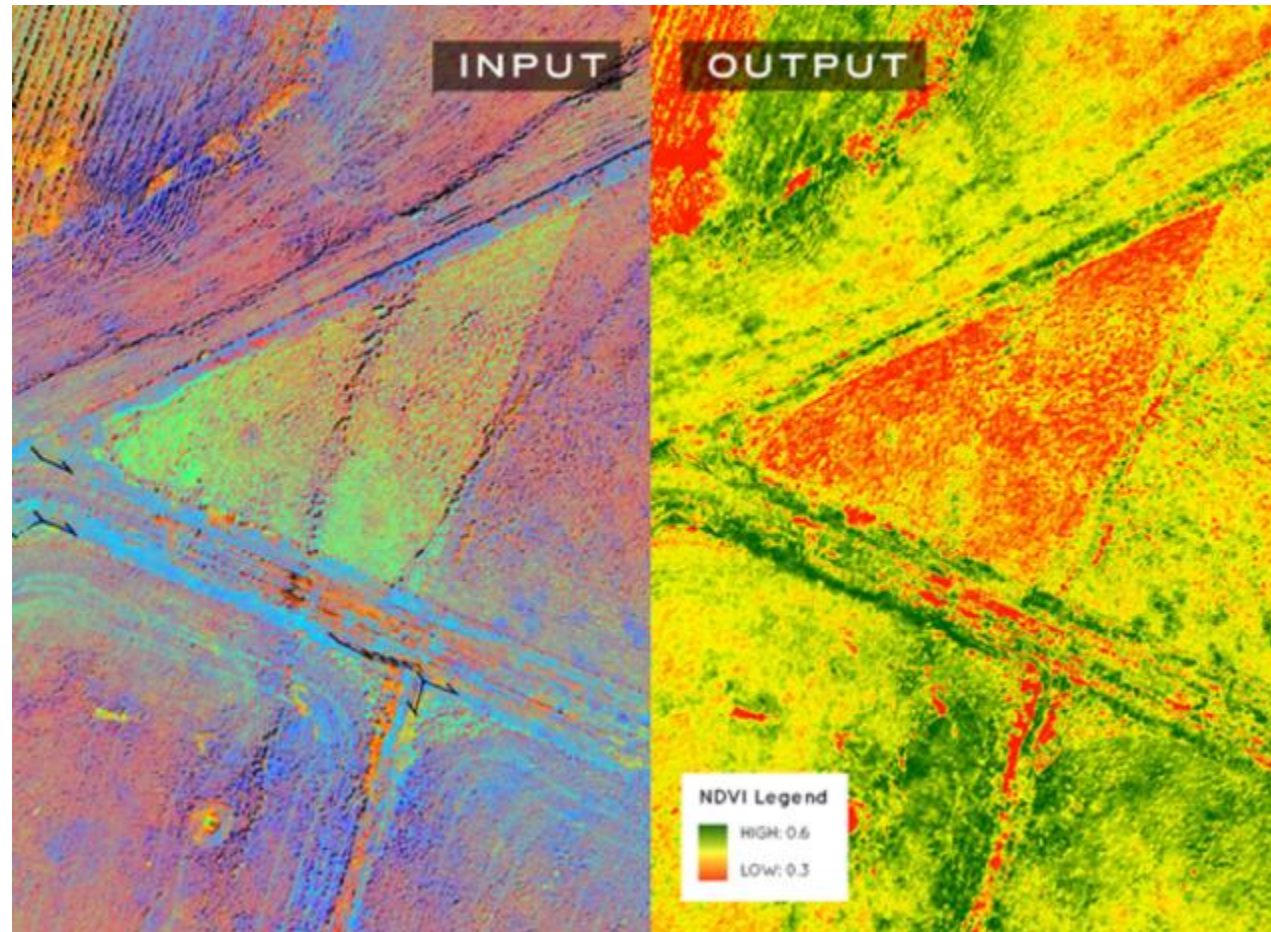


Multispektrální

Druhy kamerových senzorů - LIDAR



Druhy kamerových senzorů - Multispektrální



Druhy kamerových senzorů

- Rozdělení dle snímaného spektra

- Viditelné spektrum: 400 – 1000 nm

- Infračervené:

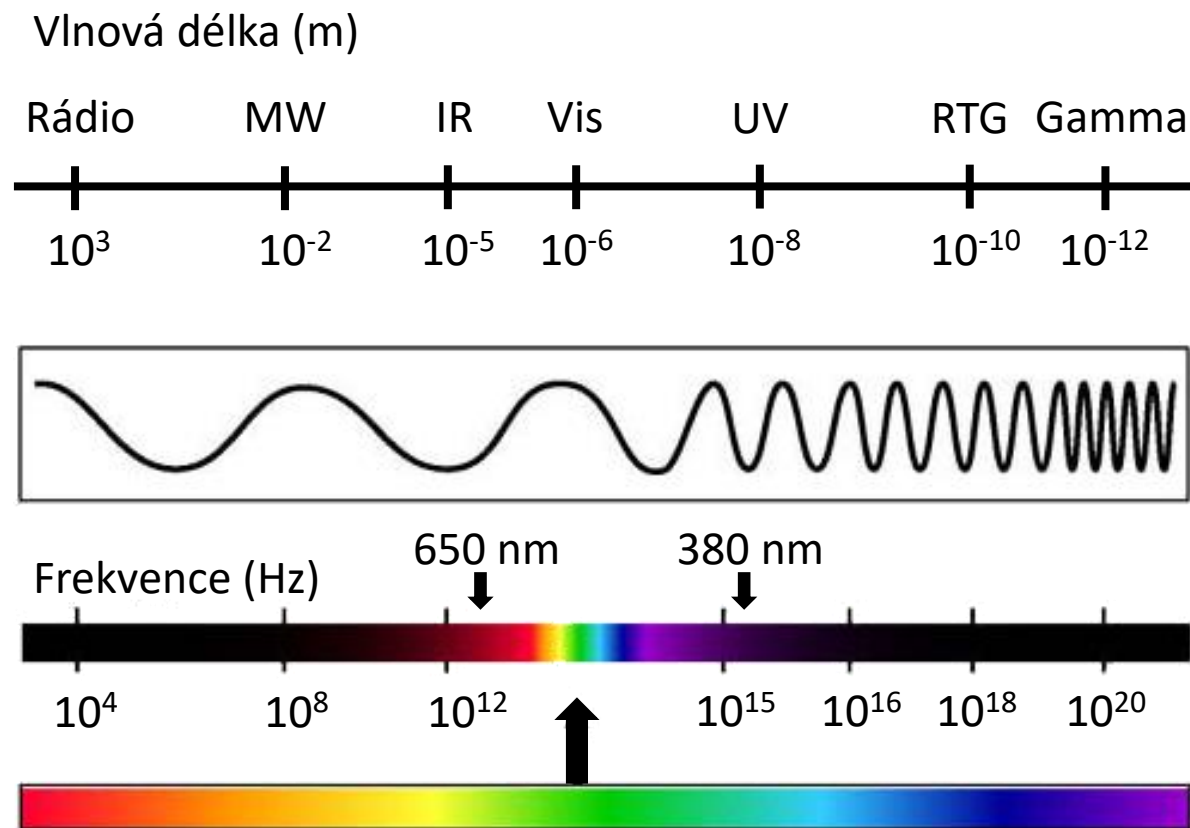
- Vlnová délka: 8 – 12 μm (LWIR)

- Vlnová délka: 3 – 5 μm (MWIR)

- Vlnová délka: 1 – 2 μm (SWIR)

- UV

- LIDAR



Druhy kamerových senzorů

- Rozdělení dle způsobu snímání
 - Běžné kamery (maticové)
 - Obraz je snímáný najednou
 - Řádkové kamery
 - Snímají řádek po řádku vysokou frekvencí, stejně jako skener
- Maticovou kameru použijeme tam, kde potřebujeme najednou zaznamenat celé obrazové pole
- Řádkové kamery jsou využity pro snímání nekonečných pásů či rotujících předmětů

Druhy kamerových senzorů

- Rozdělení dle komunikačního rozhraní

- GigE Vision

- Přenos obrazu i na velké vzdálenosti
 - Více kamer v jedné síti

- USB3 Vision

- Přenos na řádu metrů
 - Snadné připojení

- Camera link

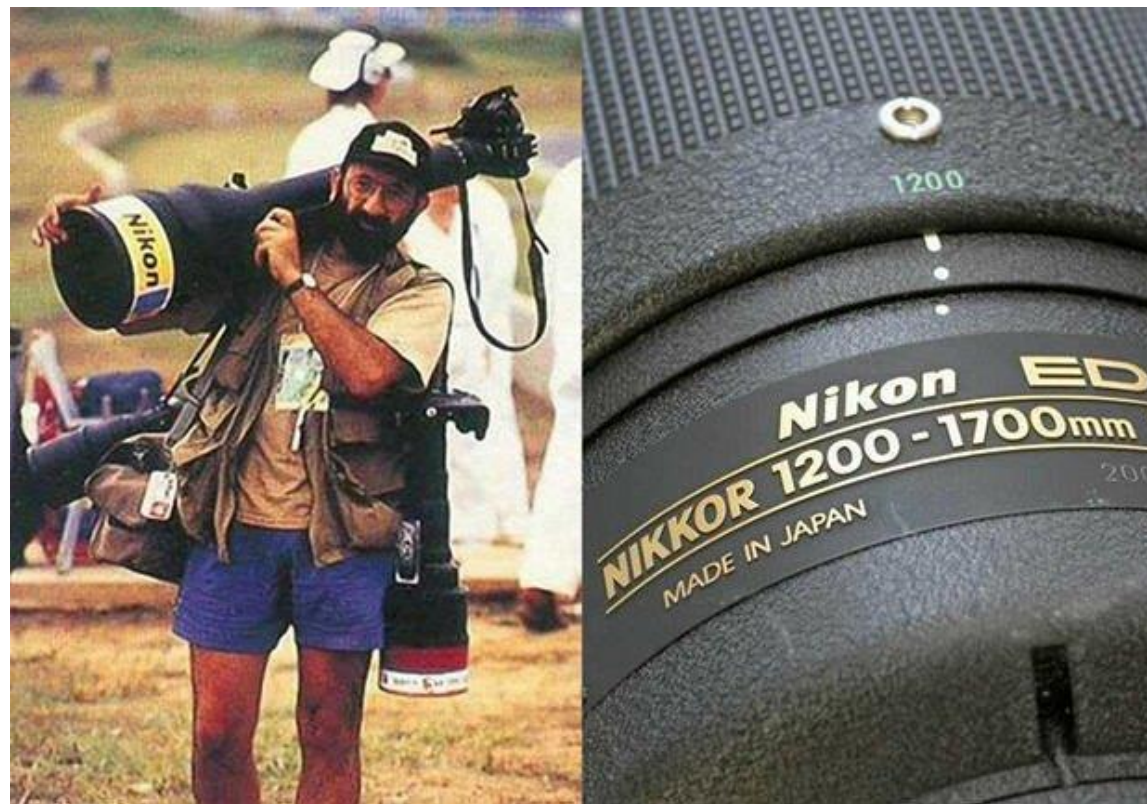
- Nízká latence
 - Nutná přídatná karta v PC



Rozdíl mezi IP a průmyslovou kamerou

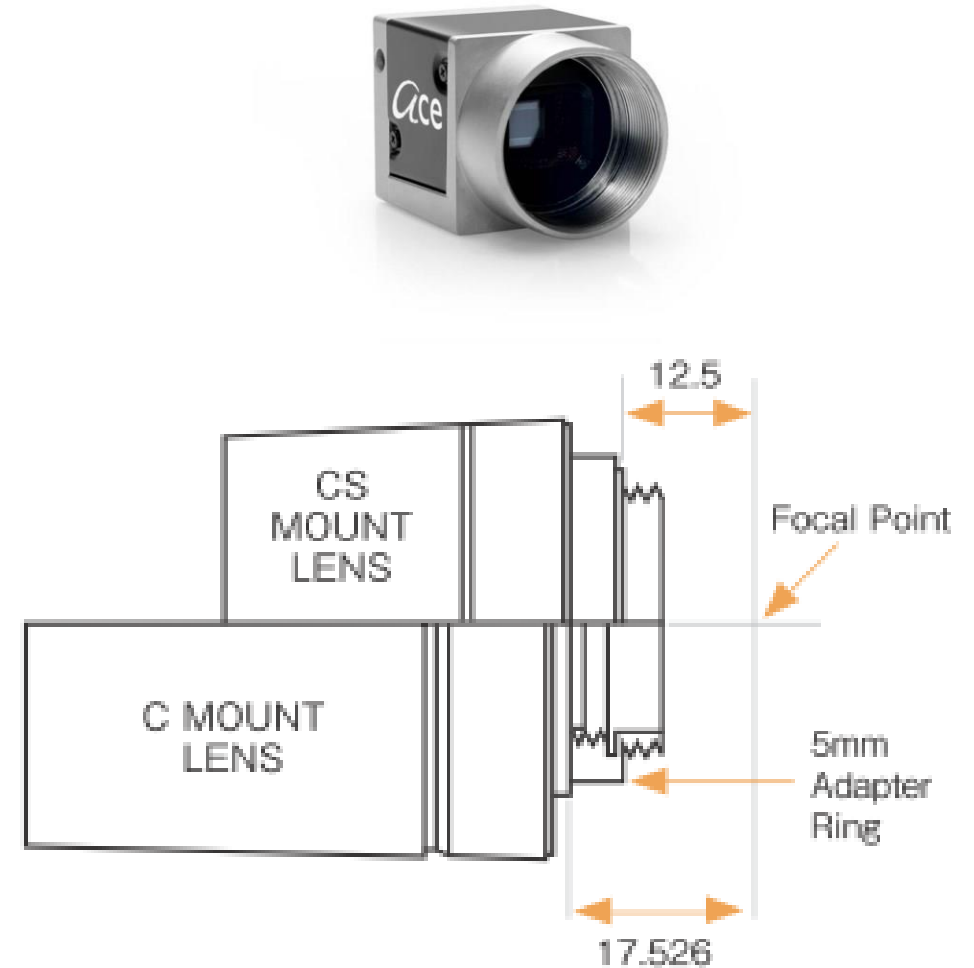
- IP kamera
 - Komprimovaný video záznam -> nízký datový tok
 - Většinou bez důmyslného nastavení
 - Přístup přes webové rozhraní
- Průmyslová kamera
 - Nekomprimovaný video záznam -> cílem je nasnímat co nejvyšší kvalitu data pro pozdější zpracování
 - Nutnost promyslet snímané prostředí a nastavit několik parametrů kamery k získání požadovaných dat
- Oba typy uzpůsobeny k nepřetržitému provozu

Objektivy



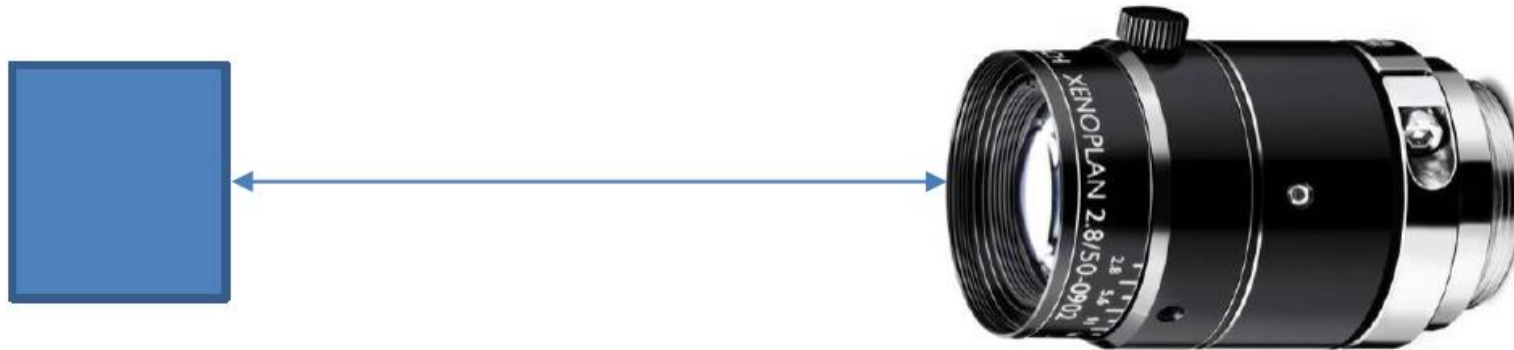
Objektivy – typ závitu na kameře

- C-mount
 - Hloubka 17,5 mm
- CS-mount
 - Hloubka 12,5 mm
- F-mount(Nikon)
 - Hloubka 46,5 mm
- Další závity: M42, V-mount, S-mount



Objektivy – minimální pracovní vzdálenost

- Pracovní vzdálenost se určuje od okraje objektivu
- Objektivy pro průmyslové kamery jsou optimalizovány pro krátké pracovní vzdálenosti



Objektivy – ostření

- Objektivy pro průmyslové kamery mají upravenou stupnici pro přesnější zaostření na krátkou vzdálenost
- Nastavovací prvky jsou obvykle jištěny šroubky proti posunutí
- Objektivy odolné proti otřesům a vibracím mají robustnější zamykací systém



Objektivy – filtry

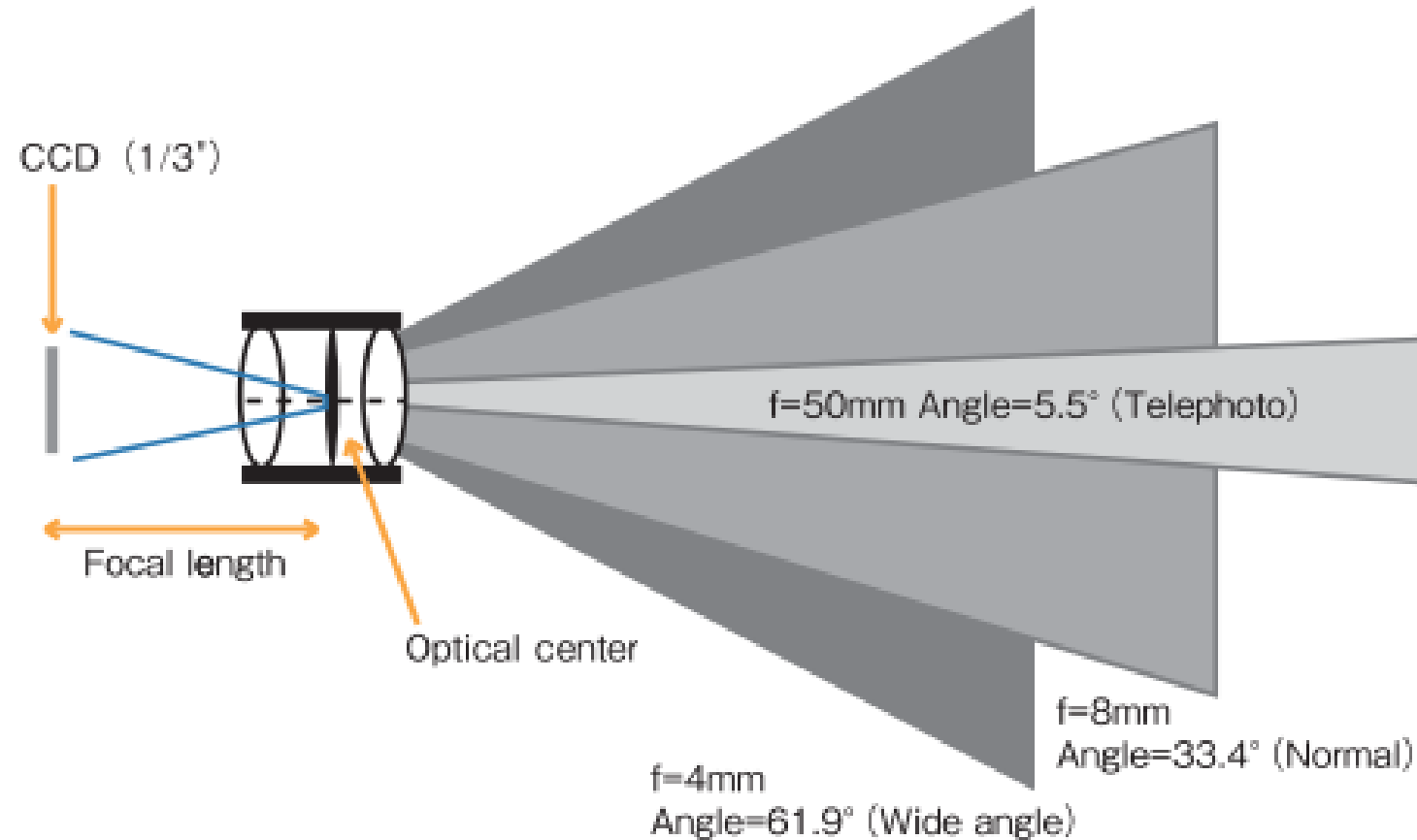
- Objektivy mívají závit pro připojení optického filtru
- Filtry se dají šroubovat na sebe
- Některé širokoúhlé objektivy s vypouklou čočkou nemají filtrový závit (řešeno adaptérem)
- Polarizační, pásmové, ...



Objektivy – ohnisková vzdálenost

- Určuje zorné pole a zvětšení
- Může být pevná nebo proměnlivá
- Objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností mají
 - Jednoduchý design
 - Vysoké rozlišení a lepší optickou kvalitu
 - Možnost kalibrace měření => vysoká přesnost měření

Objektivy – ohnisková vzdálenost

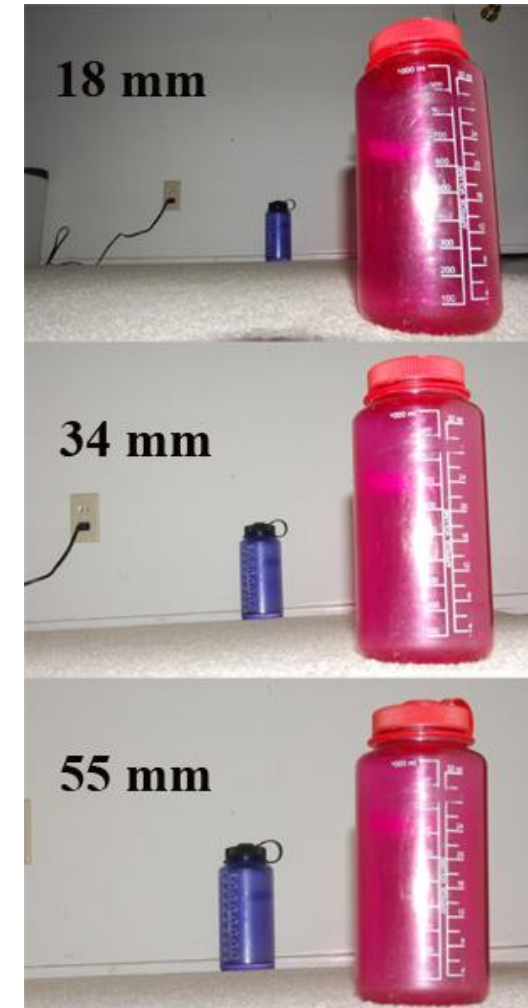


Objektivy – ohnisková vzdálenost

■ COMPARISON OF MONITORING IMAGES

※ Images on 1/3" camera

Object distance Focal length	2m	5m	10m	20m
f=2.8mm				
f=3.5mm				
f=8mm				
f=30mm				
f=50mm				



Objektivy – ohnisková vzdálenost



50 mm



1700 mm

Vady optiky

- Vinětace
- Aberace
- Difrakce
- Zkreslení (distorze)

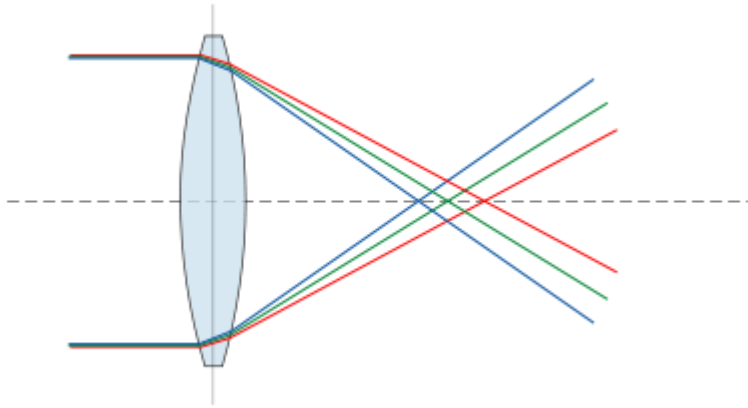
Vady optiky - vinětace

- Efekt způsobený tím, že do středu snímku dopadá více světla než do krajů
- Způsobeno konstrukčními vlastnostmi objektivů
- Vinětaci lze nalézt na libovolně kvalitním objektivu
- Vinětace se zmírňuje zacloněním objektivu
- Jak moc nám efekt vinětace vadí?



Vady optiky – chromatická aberace (barevná vada)

- Projevuje se jako barevné lemování ostrých přechodů mezi světlem a stínem
- Každá barva má jinou vlnovou délku a index lomu je tedy pro každou barvu jiný
- Efekt je zmírněn zacloněním objektivu



Vady optiky - difrakce

- Projevuje se snížením ostrosti obrazu
- Vzniká přílišným zacloněním objektivu (vysoké clonové číslo)
- Každý objektiv má:
 - „sweet spot“ při kterém poskytuje maximální míru hloubky ostrosti a zároveň zanedbatelné množství difrakce
 - Jiné chování průběhu difrakce



f4

f5.6

f8

f11

f16

f22

f32

EF300/4L 300mm infinity focus

Vady optiky - distorze

- Zjednodušeně – objektiv zobrazuje zakřivené čáry, kde by měly být rovné čáry (porušení geometrické podobnosti)
- Lze pozorovat zejména u širokoúhlých objektivů
- Nastavení kamery nemá na distorzi vliv
- Proč je to problém?



Original Photo

Corrected photo

Kalibrace kamery

- Obecně slouží k získání vnitřních a vnějších parametrů kamery (camera intrinsics, extrinsics) a parametrů zkreslení objektivu
- Následně se tyto parametry využívají k odstranění zkreslení nebo k částečné 3D rekonstrukci snímané scény
- Nejčastěji se používá šachovnicový vzor
- Kalibrace se provádí pro konkrétní pár kamery a objektivu
- Přesnost je zvýšená správným zaostřením objektivu

Kalibrace kamery - algoritmus

- Základem kalibrace je správné vyhledání zkreslených přímek nebo jejich úseků v obraze
- Poté nalezení koeficientů degradační funkce, pomocí které dojde k vyrovnaní zkreslených přímek a tedy i celého obrazu
- Přímký se budeme pokoušet vyrovnat pomocí inverzní funkce k funkci, která obraz zkreslila
- K běhu algoritmu je nutné zaznamenat 10 – 30 snímků s šachovnicí při různém naklonění a natočení

Kalibrace kamery - OpenCV

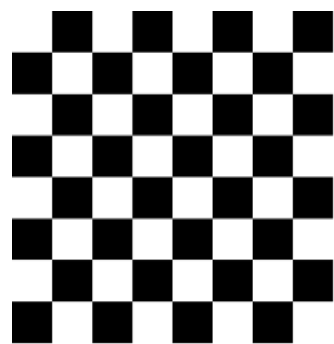
OpenCV odstraňuje 2 druhy distorze:

- Radiální

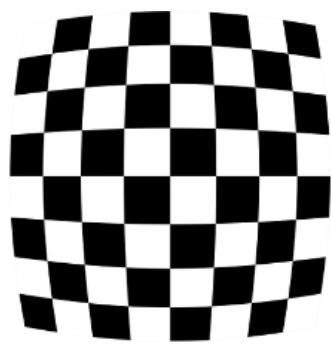
- $x_{\text{distorted}} = x(1 + k_1 * r^2 + k_2 * r^4 + k_3 * r^6)$
- $y_{\text{distorted}} = y(1 + k_1 * r^2 + k_2 * r^4 + k_3 * r^6)$
 - x, y — souřadnice nezkreslených bodů, k_1, k_2, k_3 — koeficienty distorze, $r^2: x^2 + y^2$

- Tangenciální

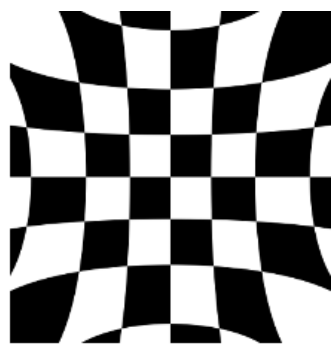
- Způsobeno nepřesnou centrací jednotlivých čoček vůči kamerovému snímači
- $x_{\text{distorted}} = x + [2 * p_1 * x * y + p_2 * (r^2 + 2 * x^2)]$
- $y_{\text{distorted}} = y + [p_1 * (r^2 + 2 * y^2) + 2 * p_2 * x * y]$
 - x, y — souřadnice nezkreslených bodů, p_1, p_2 — koeficienty distorze, $r^2: x^2 + y^2$



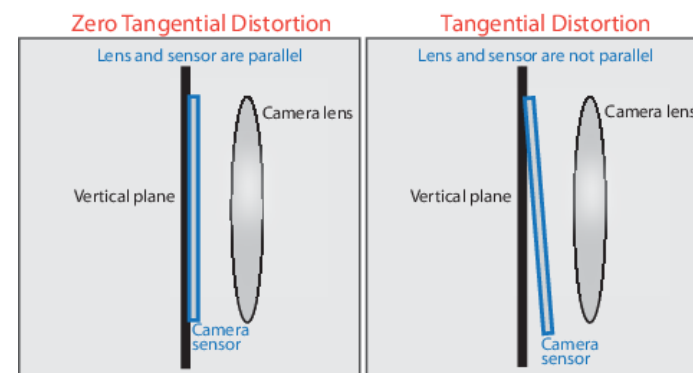
No distortion



Positive radial distortion
(Barrel distortion)



Negative radial distortion
(Pincushion distortion)



Zdroje

- <https://www.the-digital-picture.com/Canon-Lenses/Canon-Lens-Vignetting.aspx>
- <http://www.bobatkins.com/photography/technical/diffraction.html>
- <https://de.mathworks.com/help/vision/ug/camera-calibration.html>
- https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html
- https://docs.opencv.org/3.1.0/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html