



Možnosti kalibrace kamery v simulačním programu

Konference ExFoS 2026

Autoři: Ing. Michal Křížák
Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

23. leden 2026

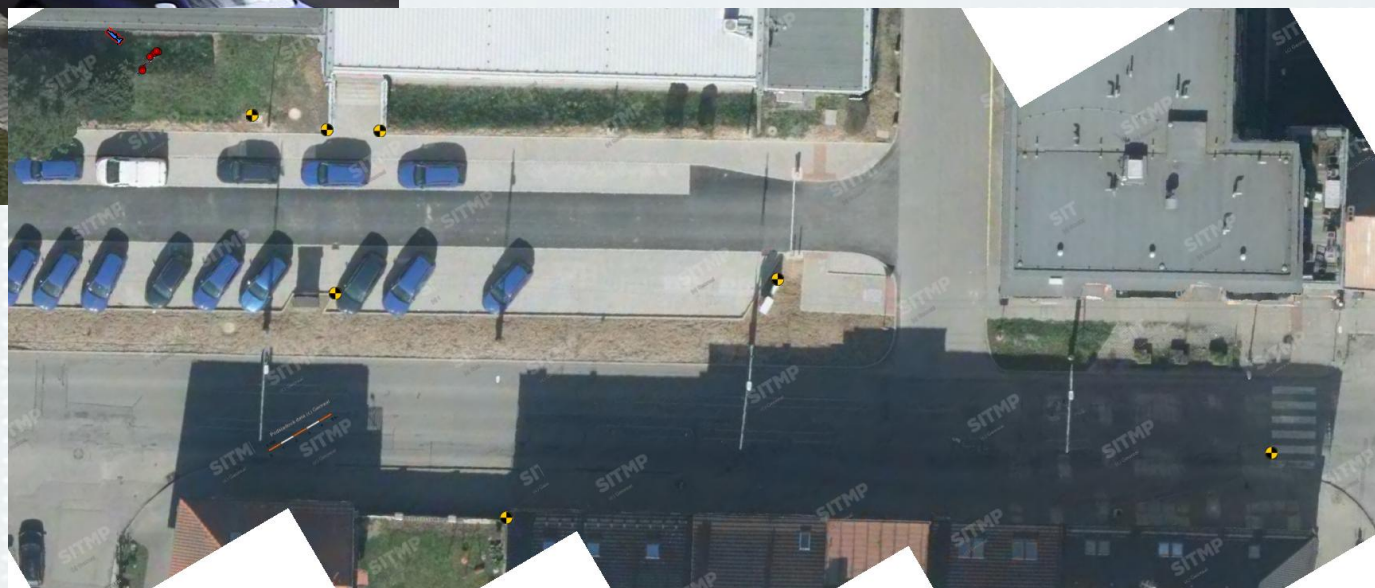
Analýza videozáznamu v simulačním programu

- Většina dostupného simulačního SW disponuje analýzou videozáznamu.
- Postaveno na knihovnách Open Computer Vision Library (Open CV) – funkce i obsluha se mohou lišit.
- Nutnost zkalibrovat kameru:
 - pozici (x, y, z) ,
 - natočení (x, y, z) ,
 - úhel záběru,
 - radiální geometrické zkreslení (k_1, k_2, k_3) ,
 - tangenciální geometrické zkreslení (p_1, p_2)

Kalibrace polohy, natočení a úhlu záběru

- Funkce kalibrace dle zadaných bodů v projektu i ve videu:
 - ortofotomapa
 - přesné 3D zaměření
 - 3D sken
- Počet bodů – teoreticky min. 4 neležící v jedné rovině, může se dle programu lišit, Virtual CRASH min. 7.
- Známe-li polohu kamery, lze ji přesně umístit, ale také ji lze použít pro ověření správnosti kalibrace.

Kalibrace polohy, natočení a úhlu záběru



Kalibrace polohy, natočení a úhlu záběru



Kalibrace geometrického zkreslení

- Radiální zkreslení – soudkovitost/poduškovitost – deformace roste se vzdáleností od osy:
 - k_1 – dominantní
 - k_2 – korekce pro větší vzdálenosti
 - k_3 – korekce extrémních okrajů

$$r^2 = x^2 + y^2$$

$$x_{rad} = x(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6)$$

$$y_{rad} = y(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6)$$



Kalibrace geometrického zkreslení

- Tangenciální zkreslení – nesouosost optických prvků:
 - p_1 – „šikmé“ zkreslení v jednom směru
 - p_2 – dtto v kolmém směru

$$\Delta x_{tan} = 2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)$$

$$\Delta y_{tan} = p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy$$

$$x' = x + \Delta x_{tan}$$

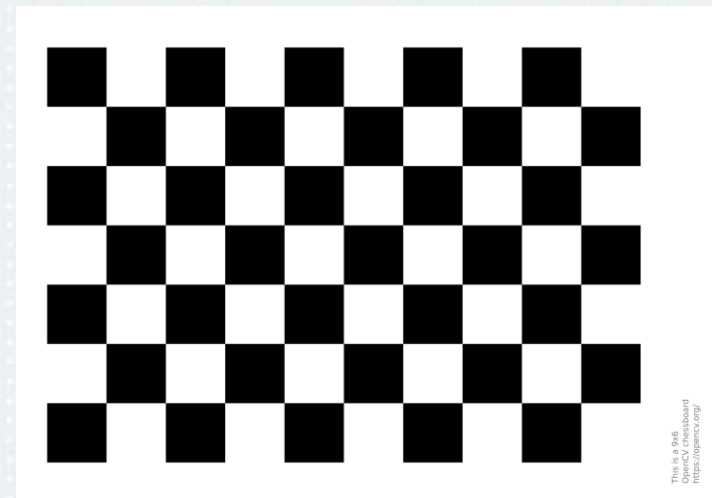
$$y' = y + \Delta y_{tan}$$



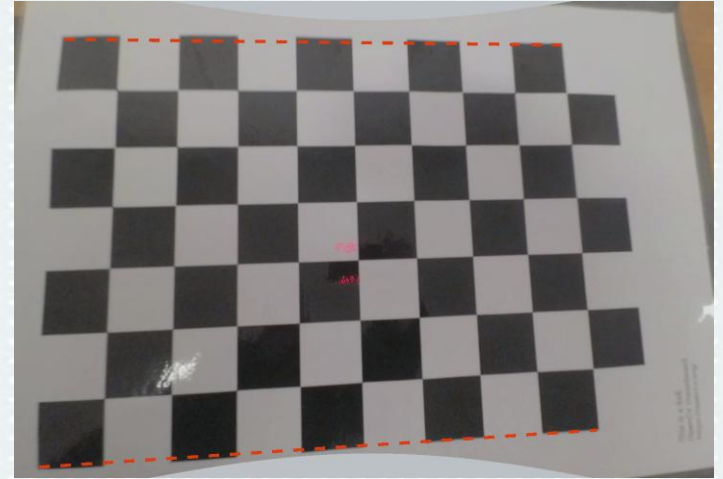
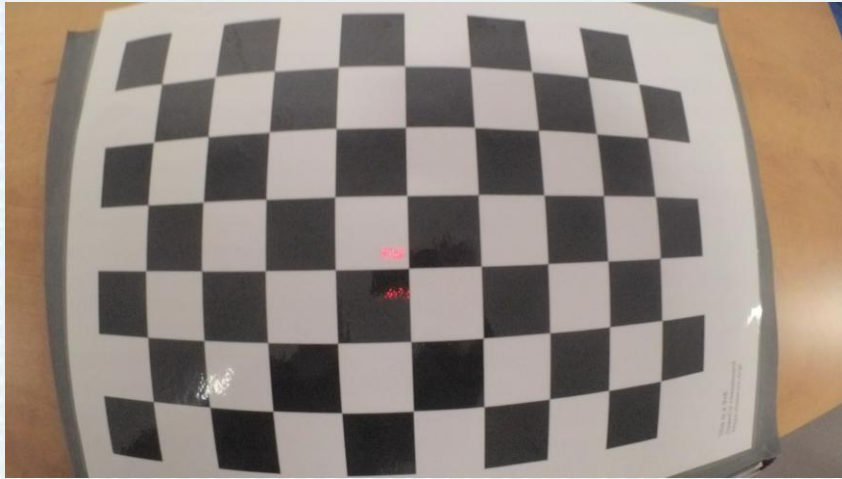
Kalibrace geometrického zkreslení

- Lze také automaticky z bodů, ale body musejí být rozmístěny po celém záběry kamery, vč. rohů – ne vždy proveditelné.
- Open CV umožňuje kalibraci přes šachovnici (pattern) – vyžaduje dodatečný přístup ke kameře.

<https://docs.opencv.org/3.4/pattern.png>

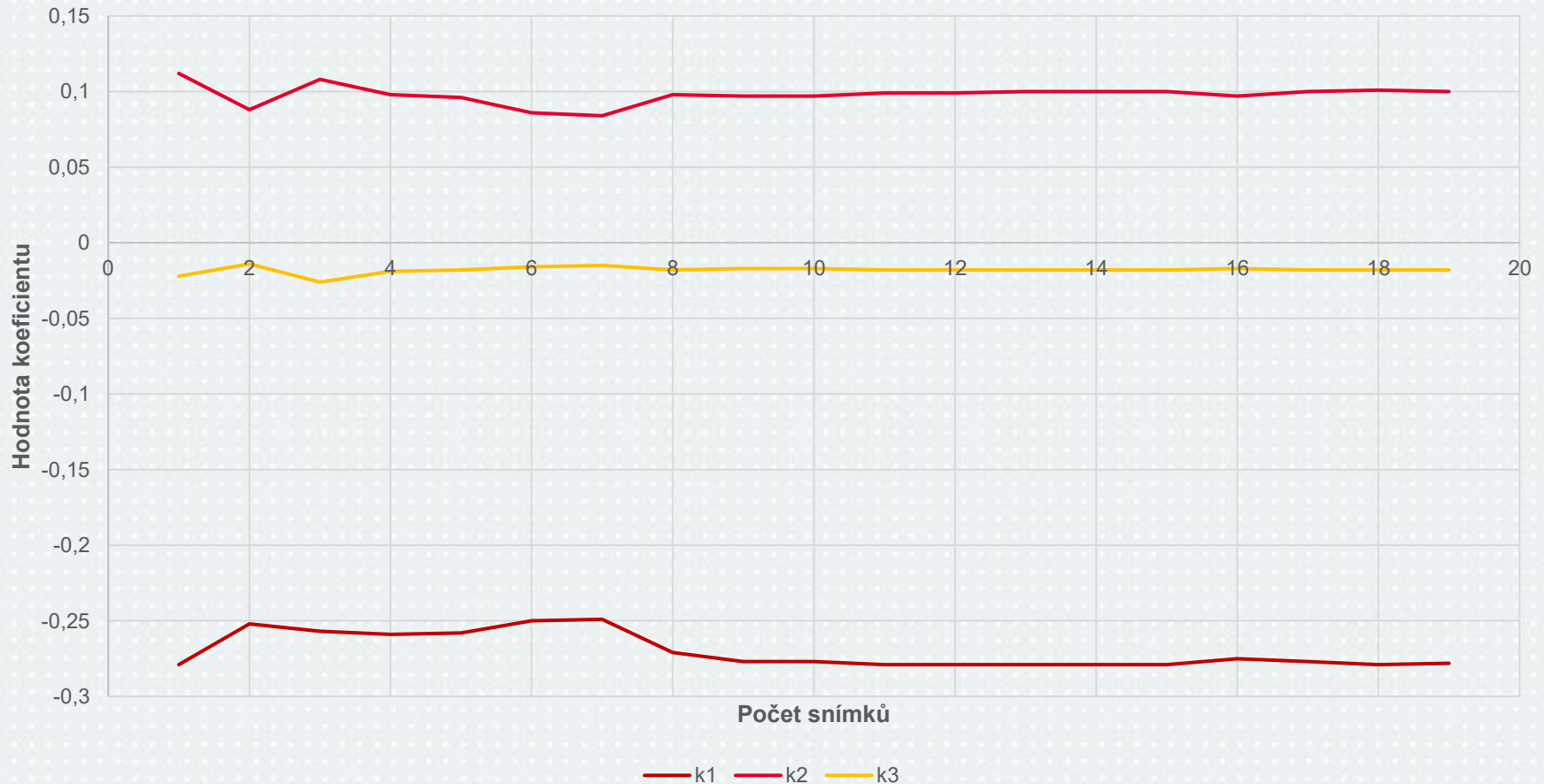


Kalibrace geometrického zkreslení



Kalibrace geometrického zkreslení

Hodnoty koeficientů radiálního zkreslení v závislosti na počtu snímků



Kalibrace geometrického zkreslení



Kalibrace geometrického zkreslení



Kalibrace geometrického zkreslení



23 %



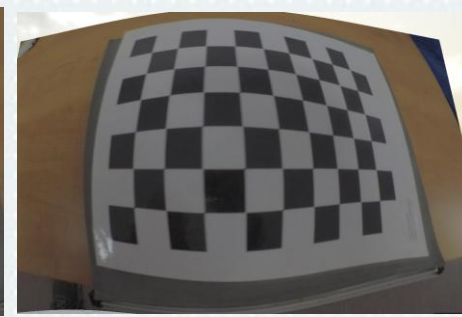
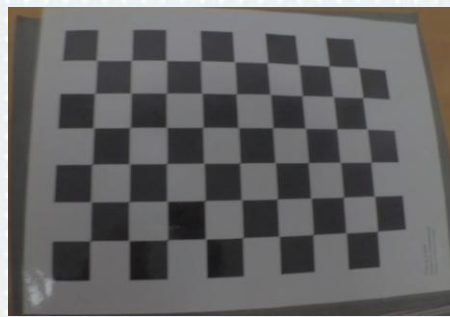
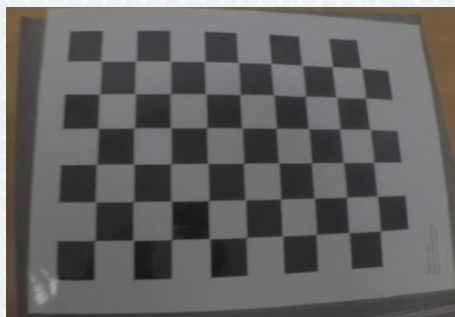
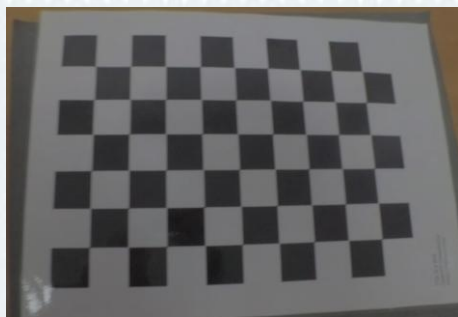
14 %



9 %

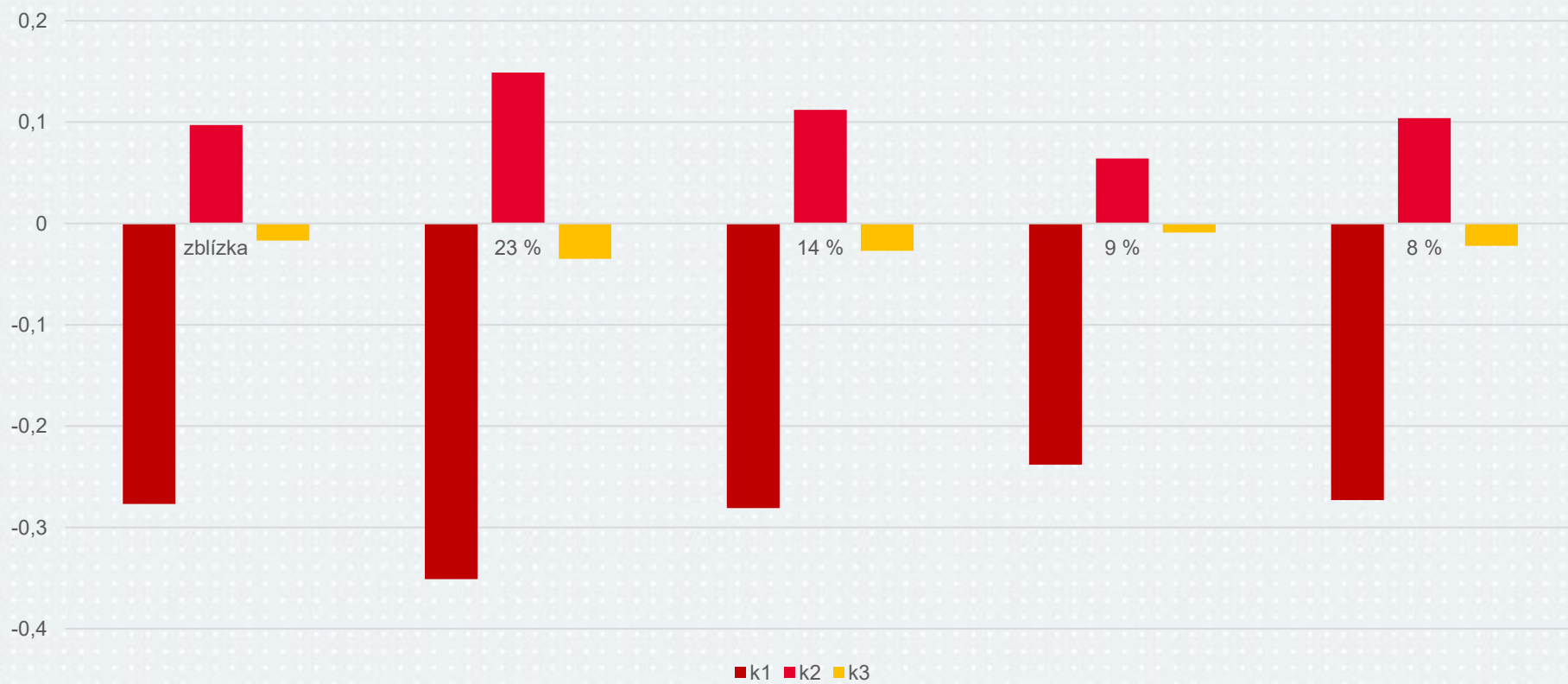


6 %



Kalibrace geometrického zkraslení

Změna koeficientů dle velikosti patternu



Problémy s kalibrací

Díky za pozornost