

LENS DISTORTION CORRECTION

Michal Doležel

Bachelor Degree Programme (1), FIT BUT

E-mail: xdolez40@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Ondřej Šiler

E-mail: siler@fit.vutbr.cz

ABSTRACT

The article deals with methods of removing digital photographs distortions caused by photographic lens distortions. It describes the most frequent lens distortions, deals with their causes, followed by consequences of there distortions on destination pictures and ways of their removing from digital photographs.

1. ÚVOD

Objektivy jsou velmi složitá zařízení, která mohou obsahovat až několik desítek čoček. Sebelepší nepřesnost v umístění nebo vada materiálu se potom projeví na výsledné fotografii. Tento článek pojednává o možnostech odstranění vad objektivů z digitálních fotografií.

2. VADY OBJEKTIVŮ

Barevné vady - barevná vada vzniká nestejným lomem světelných paprsků různé vlnové délky (barvy) na čočce objektivu. Tento jev se nazývá disperze.

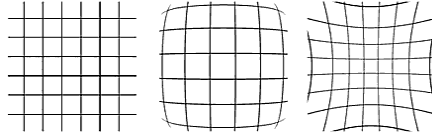
Geometrické vady - geometrické vady se projeví jako geometrické zkreslení či deformace fotografovaného objektu. Příčinou vzniku geometrických vad je např. situace, kdy se světelné paprsky na okraji čočky lámou víc, než by měly.

Ostatní vady - patří sem např. reflexe v protisvětle – tzv. lens flare efekt, který vzniká při fotografování jasného bodového zdroje světla a způsobuje nechtěné odlesky na vnitřní stěně objektivu. Dalším příkladem je např. vinětace (ztmavení rohů fotografie), neschopnost objektivu správně zaostřit nebo tzv. bokeh, kde se jedná o nesprávně rozostřené pozadí.

3. KOREKČNÍ METODY NEJČASTĚJI SE VYSKYTUJÍCÍCH VAD.

3.1. SFÉRICKÁ ABERACE

Sférická aberace je nejčastějším případem geometrické vady. Jedná se o neschopnost objektivu zachytit přímky rovně. Dělí se na soudkovitou a poduškovitou. Na obrázku lze vidět původní fotografovaný objekt, soudkovitou a poduškovitou vadu.



Obrázek 1: Zleva doprava: mřížka bez zkreslení, se soudkovitou a s poduškovitou aberací.

Korekční algoritmus pro korekci sférické aberace jsem převzal z článku P. Bourka [1]. Vychází z předpokladu, že míru prohnutí lze parametrizovat dvěma hodnotami - α_1 pro x-ovou osu a α_2 pro y-ovou osu.

V následujících rovnicích jsou α_1, α_2 korekční koeficienty určující míru prohnutí přímek. x, y jsou souřadnice pixelů na fotografii a width a height jsou rozměry fotografie – šířka a výška. Před použitím algoritmu je nutné normalizovat souřadnice pixelů do čtverce o rozsahu souřadnic $\langle 1, -1 \rangle$ se středem v počátku soustavy souřadnic pomocí rovnice:

$$P_x = \frac{2 \cdot x - width}{width}, P_y = \frac{2 \cdot y - height}{height} \quad (1)$$

Pro výpočet je také nutné znát tzv. skalární součin vektoru sama se sebou pro každý pixel:

$$r = P_x^2 + P_y^2 \quad (2)$$

Nyní pomocí speciální rovnice získáme pro každý pixel fotografie novou normalizovanou souřadnici. V případě soudkovité sférické aberace se jedná o rovnici:

$$P'_x = P_x \cdot (1 - \alpha_1 \cdot r), P'_y = P_y \cdot (1 - \alpha_2 \cdot r), \quad (3)$$

Rovnice pro poduškovitou sférickou aberaci pro P_x (pro P_y analogicky)

$$P'_x = \frac{P_x}{1 - \alpha_1 \cdot \left(\left(\frac{P_x}{1 - \alpha_1 \cdot r} \right)^2 + \left(\frac{P_y}{1 - \alpha_2 \cdot r} \right)^2 \right)} \quad (4)$$

Z nové normalizované souřadnice odvodíme souřadnici pixelu upravené fotografie.

$$x' = \frac{(P_x + 1) \cdot width}{2}, y' = \frac{(P_y + 1) \cdot height}{2} \quad (5)$$

Pomocí algoritmu vypočítáme pro každý bod nového obrazu odpovídající bod v původním obrazu a získáme tak barevné hodnoty pro každý pixel nového obrazu.

3.2. CHROMATICKÁ ABERACE

Chromatická aberace spadá pod barevné vady. Jedná se o výskyt nepříjemných odstínů fialové barvy na přechodu mezi černou a bílou barvou. Předpokládám tedy, že vadu lze minimalizovat nalezením pixelů s „problémovými“ barvami a následnou barevnou úpravou takových pixelů. Pro korekci chromatické aberace jsem odvodil následující vzorec:

$$P_{(R,B)} = \frac{P_{(R,B)}}{1.5}, \text{ pro } P_{(R)} > 30 \wedge P_{(B)} > 30 \wedge \frac{P_{(R)}}{P_{(B)}} \in \langle 0.8, 1.2 \rangle \wedge \left(\frac{P_{(G)}}{P_{(R)}} < 0.8 \vee \frac{P_{(G)}}{P_{(B)}} < 0.8 \right) \quad (6)$$

$$P_{(R,B)} = P_{(R,B)} \text{ pro ostatní případy} \quad (7)$$

kde P označuje hodnotu barevných složek jednotlivých pixelů. Index značí druh barevné složky v RGB modelu. Hodnoty pixelů jsou v rozmezí 0 - 255. Prahové hodnoty byly získány experimentálně na sadě několika testovacích fotografií.

3.3. MONOCHROMATICKÁ VADA

Spadá do kategorie barevných vad. Projeví se jako nepřírozeně barevný nádech celé fotografie. Tento jev lze částečně kompenzovat přidáním aditivních nebo naopak subtraktivních korekčních faktorů x pro každou barevnou složku každého pixelu.

$$P_{(R)} = P_{(R)} + x_R, P_{(G)} = P_{(G)} + x_G, P_{(B)} = P_{(B)} + x_B \quad (8)$$

3.4. VINĚTACE

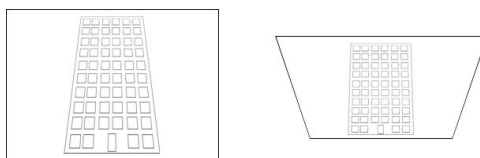
U korekce vinětace vycházím z předpokladu že jsou rohy fotografie ztmavovány exponenciálně. Je třeba stanovit vzdálenost od středu vinětace, od které je vinětace patrná. Korekční metoda poté exponenciálně zesvětluje pixely ležící od dané vzdálenosti dále. Maximální přírůstek zesvětlení jsem na základě experimentů stanovil na 125. Pro korekci jsem odvodil následující vzorec.

$$P_{(R,G,B)} = P_{(R,G,B)} + e^{\frac{(d-border) \cdot \ln(125)}{\max(d)-border}} \quad (9)$$

kde P(rgb) je aktuálně zpracováváný pixel, d je vzdálenost aktuálního pixelu od středu vinětace, max(d) je maximální vzdálenost od středu vinětace a border je vzdálenost od středu vinětace, od které je vinětace patrná.

3.5. PERSPEKTIVNÍ ZKRESLENÍ

Zde se nejedná ani tak o vadu objektivu, jako spíše o přirozenou vlastnost zobrazování.



Obrázek 2: Obrázek s perspektivním zkreslením před a po korekci.

Souřadnice pixelů fotografie jsou převedeny na prostorové. Celá fotografie je tedy promítána na obdélník stejné velikosti v prostoru. Obdélník je pomocí transformační matice natočen kolem příslušné osy za účelem minimalizace perspektivního zkreslení.

4. ZÁVĚR

Výše uvedené metody a algoritmy mohou při zadání ideálních parametrů velmi dobré výsledky. Mezi nedostatky patří zejména vyšší časová náročnost výpočtů.

LITERATURA

- [1] Bourke, P.: Lens Correction And Distortion, <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/projection/lenscorrection/index.html>
- [2] Pihan, R.: Objektivy, jak vybrat a používat 2. Potíže objektivů, http://www.fotografovani.cz/art/tech_vybirame_jak/rom_lenses2.html