

# CAMERA CALIBRATION BY EVOLUTIONARY ALGORITHMS

**Klečka Jan**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xkleck01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Babinec Tomáš

E-mail: xbabin01@stud.feec.vutbr.cz

**Abstract:** This paper describes the possibility of using evolutionary algorithms (specifically the differential evolution) to figure out interior and exterior parameters of camera. It is an easy and an effective way to solve this problem.

**Keywords:** EEICT, camera calibration, evolutionary algorithms, differential evolution

## 1. ÚVOD

Řešení kalibrace kamery analyticky není ani v dnešní době výpočetní techniky snadný úkol, protože u tohoto problému, který by se dal shrnout do jedné maticové rovnice, vystává celá řada problémů, jež musí brát řešitel v potaz. Z těch nejvýznamnějších je to například řešitelnost problému a jednoznačnost řešení. Pokusíme-li se ovšem tento problém řešit využitím evolučních algoritmů, zjistíme, že tyto algoritmy, především svou vlastností hledat optimální řešení problému podle stanoveného kritéria, řešení problému značně zjednodušují. V následujících řádcích se popíšu především, co to samotná kalibrace kamery je a ukážu, jak lze využít evoluční algoritmy k jejímu řešení.

## 2. KALIBRACE KAMERY

Kalibrací kamery nazýváme proces, při kterém zjišťujeme vnitřní a vnější parametry kamery a je velice důležitý pro jakékoliv měření pomocí kamery. Názorně ho lze vysvětlit na některém ze zjednodušených matematických modelů kamery.

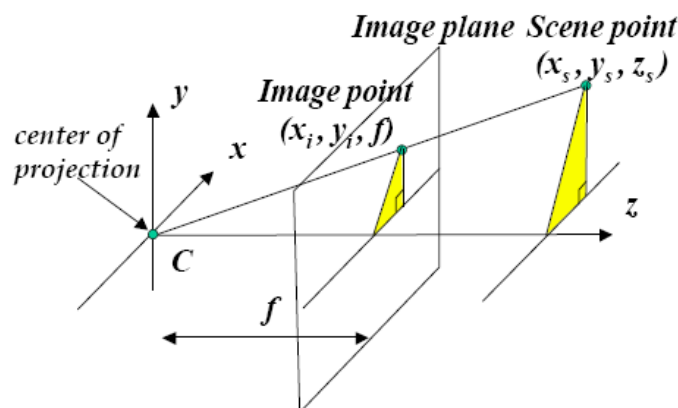
### 2.1. MODEL KAMERY

Nejjednodušší model kamery popisuje zobrazování bodů z prostoru na rovinu obrazu následující rovnicí:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix} \quad \text{potom:} \quad \begin{matrix} x_i = \frac{x}{z} \\ y_i = \frac{y}{z} \end{matrix} \quad (1)$$

Obrázek 1 citovaný z [1] následně názorně ukazuje význam této rovnice.

Tento model, jak je asi zjevné, jen základní a řešení našeho problému se nehodí. Výsledné souřadnice jsou v jednotkách vzdálenosti a udávají vzdálenost bodu od středu promítání, které je v počátku soustavy souřadnic. Proto se používá trošku složitější model, popsany rovnicí (2).



**Obrázek 1:** Grafické znázornění promítání bodu z prostoru do roviny obrazu dostupné z [1]

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{f}{p_x} & 0 & c_x & 0 \\ 0 & \frac{f}{p_y} & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{potom:} \quad \begin{aligned} x_i &= \frac{x}{z} \\ y_i &= \frac{y}{z} \end{aligned} \quad (2)$$

Kde:  $p_x, p_y$  jsou velikosti pixelu, R je matice rotace, T matice translace a  $[c_x, c_y]$  jsou souřadnice středu obrázku.

Samozřejmě existují i složitější modely kamery, které zohledňují i různá zkreslení a jiné méně významné jevy, ale ty jsem ve své práci nepoužil.

Kalibraci kamery tedy rozumíme nastavení parametrů matematického modelu tak, aby když pomocí něj zobrazíme objekt, bude na výsledném obrazu zobrazen stejně jako na obrazu nasnímaném kamerou.

### 3. EVOLUČNÍ ALGORITMY

Evoluční algoritmy, snad není v dnešní době potřeba nějak dlouze představovat. Tímto názvem označujeme skupinu algoritmů, které iterativně pracují se skupinou řešení (tzv. generací), ve snaze dobrat se k jedinci, který ideálně odpovídá požadavkům daného problému. Jak již název napovídá inspiraci pro svou funkci berou tyto algoritmy v přírodě, klasicky v evoluční teorii.

Existuje celá řada různorodých algoritmů, jenž řadíme do této skupiny algoritmů. Mnoho z nich je však již předem předurčeno k řešení úzké množiny řešení (např.: Ant Colony Optimization, který je v podstatě předurčen na řešení problémů s hledáním optimální cesty). [3] Avšak je i část těchto algoritmů, které se dají použít na řešení téměř libovolného optimalizačního problému. Právě z této skupiny jsem vybíral vhodný algoritmus pro kalibraci kamery.

Podrobněji jsem nastudoval dva algoritmy: genetické algoritmy a diferenciální evoluci. Nakonec jsem si vybral diferenciální evoluci pro jednoduchost algoritmu.

## 4. VYUŽITÍ DIFERENCIÁLNÍ EVOLUCE PRO KALIBRACI KAMERY

Vzhledem k rozsahu práce zde nebudu přesně rozebírat funkci diferenciální evoluce, která je podrobně rozebrána v [3]. Nicméně se soustředím spíše na popis účelové funkce (tzv. fitness funkce) a ukázkou reálných výsledků.

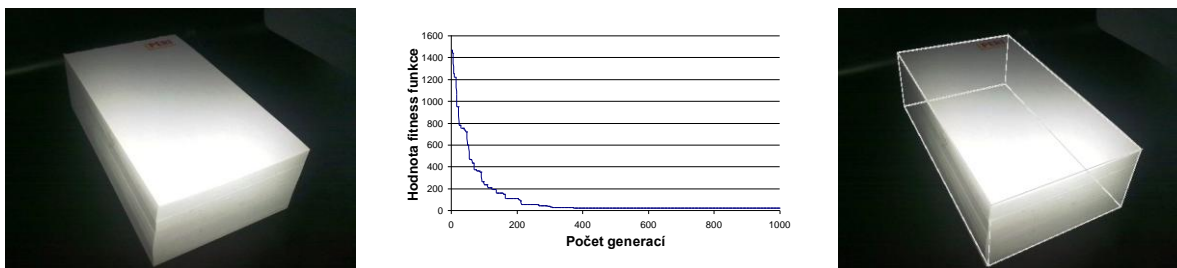
Jak stojí v 2. kapitole, zvolil jsem model kamery popsany rovnicí (2), a tedy každý jedinec bude mít 8 různých parametrů ( $f/p_x$ ,  $f/p_y$ , rotace v osách  $x,y,z$ , posun v osách  $x,y,z$ ).

### 4.1. ÚČELOVÁ FUNKCE

Tato funkce je naprosto kritická pro fungování algoritmu. Jediný úkol této funkce je přiřadit každému jedinci číselnou hodnotu, která hodnotí kvalitu daného jedince. V našem případě jsem zvolil, že hodnota této funkce bude suma odchylek referenčních bodů zobrazených pomocí modelu od jejich polohy v obraze z kamery a dif. evoluce bude hledat globální minimum. Funkce bude matematicky vypadat takto:

$$F = \sqrt{\sum_i (x_{Si} - x_{Zi})^2 + (y_{Si} - y_{Zi})^2} \quad (3)$$

### 4.2. UKÁZKA NA REÁLNÝCH DATECH



**Obrázek 2:** (zleva) Původní obraz, průběh odchylky, zpětně sestavený objekt

Kvadr na obrázku má skutečné rozměry  $a = 87,5$  mm,  $b = 42,2$  mm a  $c = 148,1$  mm a můžeme tedy snadno určit polohu jeho rohů v prostoru. Na obrázku je vidět 7 rohů. Místo zobrazení těchto bodů v obraze jsem snadno zjistil a předal fitness funkci. Následně jsem nechal diferenciální evoluci najít optimální řešení a pomocí získaných dat jsem sestrojil drátový model kvádrů. Ten je pro větší názornost vložen do původního obrázku.

## 5. ZÁVĚR

Touto prací jsem ukázal, že do množiny úkolů, které zvládne řešit diferenciální evoluce, spadá i kalibrace kamery. Všeobecně vzato je v dnešní době numerické řešení optimalizačních problémů pomocí evolučních algoritmů často snadno schůdným řešením problémů, jenž by jsme analyticky řešili jen stěží.

## REFERENCE

- [1] Camera calibration. In: *Camera calibration* [online]. 2.10.2000 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://www.umiacs.umd.edu/~ramani/cmssc828d/lecture9.pdf>
- [2] MAŘÍK V.: Umělá inteligence 3, Praha: Academia, 2001,ISBN: 80-200-0472-6
- [3] MAŘÍK V.: Umělá inteligence 4, Praha: Academia, 2003,ISBN: 80-200-1044-0