

# MOTION-BLURRED IMAGE RESTORATION

**Zdeněk Rajnoch**

Bachelor Degree Programme (4), FIT BUT

E-mail: xrajno04@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: David Bařina

E-mail: ibarina@fit.vutbr.cz

**Abstract:** This article presents several methods of motion blur estimation and their comparison on synthetically blurred image. Motion blur is assumed to be only over a narrow line rotated by any angle to x axis.

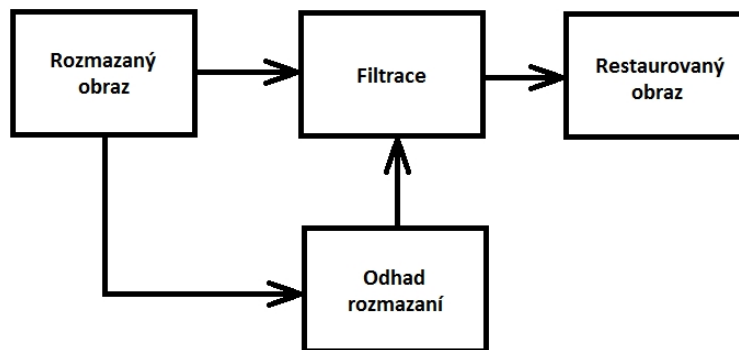
**Keywords:** cepstral method, steerable filters, Wiener filter, motion blur, image restoration, point spread function

## 1 ÚVOD

K rozmazání obrazu dochází pokud dojde v době snímání k relativnímu pohybu mezi kamerou a snímaným objektem. V tomto článku bude uvažováno pouze konstantní rozmazání jedním směrem pod určitým úhlem – úkolem tedy bude odhadnout délku a úhel rozmazání obrazu a s jejich pomocí se pokusit původní obraz zrekonstruovat. Vztah mezi původním a rozmazaným obrazem lze vyjádřit rovnicí

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y), \quad (1)$$

kde  $g(x,y)$  reprezentuje rozmazaný obraz,  $f(x,y)$  původní obraz,  $h(x,y)$  odhad rozmazání obrazu (rozptylová funkce) a  $n(x,y)$  šum v obraze.



**Obrázek 1:** Restaurace rozmazaného obrazu

Postup restaurace původního obrazu je vyobrazen na obrázku 1. Při správném odhadu úhlu a délky rozmazání by se měl výsledný obraz přiblížit (v ideálním případě být totožný) k původnímu nerozmazanému obrazu.

## 2 METODY ODHADU ROZMAZÁNÍ

Metod na odhad funkce rozmazání je několik. Pomocí cepstrální metody [1] lze odhadnout úhel i délku rozmazání, steerable filtrace [1] [2] slouží pouze k odhadu úhlu rozmazání. Mezi další metody

patří například Radonova transformace [1], která slouží taktéž pouze k odhadu úhlu rozmazání.

## 2.1 CEPSTRÁLNÍ METODA

Cepstrum rozmazaného obrazu  $g(x, y)$  je dáno rovnicí

$$C(g(x, y)) = \mathcal{F}^{-1}(\log|\mathcal{F}(g(x, y))|) \quad (2)$$

Důležitou vlastností cepstra je, že je při konvoluci přenosné. Při ignorování šumu dostaneme rovnici

$$C(g(x, y)) = C(f(x, y)) + C(h(x, y)) \quad (3)$$

Rozptylová funkce  $C(h(x, y)) = \mathcal{F}^{-1}(\log|H(x, y)|)$  má velké negativní špičky ve vzdálenosti  $L$  od počátku. Díky přenosnosti cepstra se tyto špičky projevují i do rozmazaného obrazu  $C(g(x, y))$  taktéž ve vzdálenosti  $L$  od počátku. Pokud není obraz ovlivněn velkým množstvím šumu, budou požadovaný úhel a délka rozmazání určeny spojnicí mezi počátkem a první negativní špičkou. Velikost úhlu může být vypočtena pomocí inverzních goniometrických funkcí, délka rozmazání pak pomocí Pythagorovy věty.

## 2.2 STEERABLE FILTRACE

Orientované filtry jsou používány k detekci hran v obraze. Steerable filtr je filtr, kterému můžeme dát libovolnou orientaci zkrze lineární kombinaci setu základních filtrů. V této metodě aplikujeme steerable filtr na power spektrum rozmazaného obrazu abychom odhalili směr rozmazání.

V této metodě budou použity jako filtry druhé derivace Gaussových funkcí dané vztahy

$$G_{2a} = 0,921(2x^2 - 1)e^{-(x^2+y^2)} \quad (4a)$$

$$G_{2b} = 1,843xye^{-(x^2+y^2)} \quad (4b)$$

$$G_{2c} = 0,921(2y^2 - 1)e^{-(x^2+y^2)} \quad (4c)$$

Celková odezva filtru je pak dána při jakémkoli úhlu  $\Theta$  vztahem

$$RG_2^\Theta = \cos^2(\Theta)RG_{2a} - 2\cos(\Theta)\sin(\Theta)RG_{2b} + \sin^2(\Theta)RG_{2c} \quad (5)$$

$RG_{2x}$  zde reprezentuje konvoluci power spektra rozmazaného obrazu a dané Gaussovy funkce. K nalezení hledaného úhlu budeme postupně získávat reakce na jednotlivé úhly  $\Theta$  od 0 do 180 stupňů a pro každý z těchto úhlů bude vypočtena  $L_2$  norma z výsledné matice odezev. Úhel s nejvyšší  $L_2$  normou bude prohlášen za odhad hledaného úhlu.

## 3 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Výše popsané metody byly otestovány na uměle rozmazaném obrázku 2. Provedeno bylo několik testů – byly zvoleny dvě délky rozmazání a pro každou z nich byly odhadovány úhly v rozmezí 15 až 180 stupňů s krokem 15 stupňů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1. V tabulce 2 pak můžeme vidět odhad délky rozmazání pomocí cepstrální metody pro úhel 150 stupňů.

Úhel rozmazání		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Steerable filtrace	Délka 5	1	4	5	5	2	177	171	168	169	173	176	179
	Délka 40	13	42	56	70	81	90	100	111	122	137	161	179
Cepstrální metoda	Délka 5	0	42	90	90	90	90	90	90	138	150	180	14
	Délka 40	16	32	47	61	77	90	103	119	136	151	180	180

**Tabulka 1:** Odhad úhlu rozmazání cepstrální metodou a steerable filtrací pro dvě délky rozmazání.

Délka rozmazání	3	5	8	10	15	20	30	40
Cepstrální metoda	2	6	8	10	15	20	30	40

**Tabulka 2:** Odhad délky rozmazání cepstrální metodou při úhlu rozmazání  $150^\circ$ .

Z výsledků je patrné, že steerable filtrace vykazuje při krátkých délkách rozmazání vysokou chybovost, naopak pro větší délky rozmazání podává dobré výsledky. Nejpřesněji provádí odhad kolem úhlů 0, 90 a 180 stupňů, největší odchylky naopak dosahuje okolo úhlů 45 a 135 stupňů. Cepstrální metoda podává pro větší délky rozmazání velmi dobré výsledky odhadu úhlu, u kratších délek pak vykazuje stejně jako steerable filtrace vysokou chybovost. Pro odhad délky rozmazání má cepstrální metoda velmi dobré výsledky. Na obrázku 2 je obraz restaurovaný Wienerovým filtrem [3] na základě odhadu cepstrální metody.



**Obrázek 2:** Ukázka restaurace obrazu – úhel rozmazání  $150^\circ$ , délka rozmazání 40.

#### 4 ZÁVĚR

Výše popsané metody jsou vhodné především pro rozmazání obrazu po úsečce určité délky a pod určitým úhlem. Při korektním odhadu délky a úhlu rozmazání je možné původní obraz částečně až zcela zrekonstruovat. Při nepřesném odhadu, především pro kratší délky rozmazání, už nemusí podávat tak dobré výsledky a mohou výsledný obraz dokonce ještě více poškodit. Přesnost obou metod roste se zvětšující se délkou rozmazání.

#### REFERENCE

- [1] Felix Kraher, Youzuo Lin, Bonnie McAdoo, et al. *Blind image deconvolution: motion blur estimation*[Online]. Technická zpráva, Institute for mathematics and its applications, University of Minnesota, Srpen 2006 [cit. 04.1.2013]. URL <https://www.ima.umn.edu/preprints/sep2006/2133-5.pdf>
- [2] William T. Freeman, Edward H. Adelson. The design and use of steerable filters. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 1991, roč. 13, č. 9, str. 891-906, ISSN 0162-8828.
- [3] Jiří Jan. *Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration : Concepts and Methods*. Boca Raton, FL, USA : CRC Press, Taylor and Francis Group, první vydání, 2006, ISBN 0-8247-5849-8, str. 730.