

POROVNÁNÍ HRANOVÝCH DETEKTORŮ POUŽITÝCH PŘI PARAMETRIZACI POHYBU Z OBRAZOVÉHO ZÁZNAMU

Jan HAVLÍK

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Abstrakt

Tento článek se zabývá problematikou výběru optimálního hranového detektoru pro parametrizaci pohybu z obrazového záznamu. Obsahuje porovnání pěti hranových detektorů implementovaných v IMAGE PROCESSING TOOLBOXU ve výpočetním systému MATLAB - Robertsova, Prewittové, Sobelova, Laplacian od Gaussian (LOG) a Cannyho detektoru přímo na specifickém problému parametrizace pohybu. Jednotlivé detektory jsou porovnávány na základě definovaných parametrů - průměrné odchylky, relativní chybovosti a průměrné doby trvání hranové detekce. Přesné definice použitých parametrů jsou v článku uvedeny.

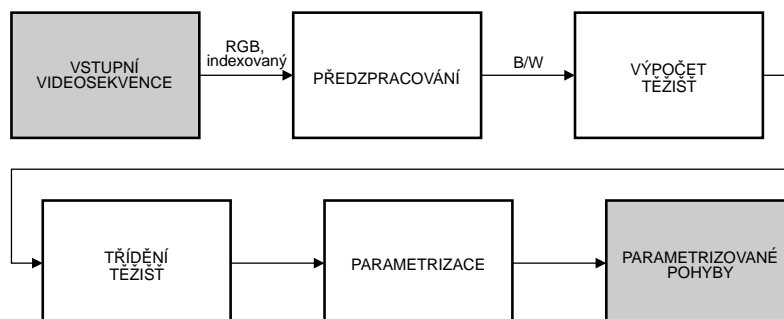
1 ÚVOD

Parametrizace pohybu z obrazového záznamu je často řešenou úlohou v mnoha odvětvích lidské činnosti. Znalost parametrického popisu pohybu umožňuje jeho následnou automatickou klasifikaci a další využití získaných dat při řešení rozsáhlých úloh.

Jednou z velmi zajímavých úloh současné neurologie je analýza vztahu pohybu lidského těla a mozkové aktivity člověka. Vzhledem k tomu, že závislost mezi mozkovou aktivitou reprezentovanou EEG signály a pohyby lidského těla je velmi složitá, je při její analýze nezbytně nutné začít s hledáním EEG odezvy na elementární pohyby lidského těla. Proto byl jako sledovaný pohyb zvolen volný prostorový pohyb ukazováčku ruky.

2 PARAMETRIZACE POHYBU

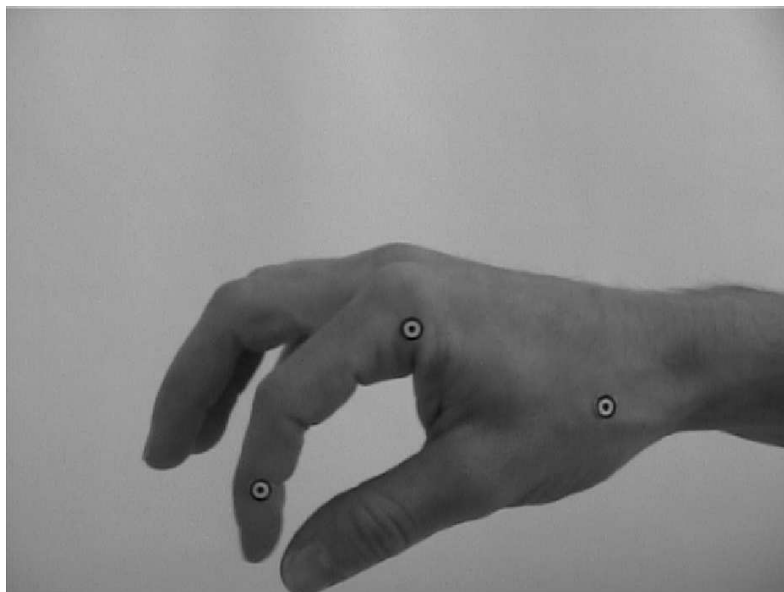
Sledovaný prst je v místech kloubů označen speciálními značkami - soustřednými černými kružnicemi s bílým mezikružím (viz Obrázek 2).



Obrázek 1: Blokové schéma procesu parametrizace

Pohyb prstu je snímán videokamerou. Záznam pohybu je ukládán na videokazetu a následně nahrán do počítače, kde dochází k offline zpracování celého záznamu. Blokové schéma parametrizace pohybu prstu je uvedeno na Obrázku 1.

Uložený záznam je nejprve předzpracován. Jednotlivé vstupní barevné snímky (RGB nebo indexované barvy - závisí na formátu uložených dat) jsou převedeny na černobílé snímky s bílým pozadím a černými oblastmi v místech značek na prstu ruky.



Obrázek 2: Vstupní snímek - značky umístěné na prstu ruky

V dalším kroku jsou spočtena těžiště jednotlivých černých oblastí v každém snímku a poté uložena do matice těžišť. Uložená těžiště jsou potom seříděna tak, aby těžiště na odpovídajících pozicích pro všechny snímky odpovídala stejné značce na prstu ruky.

Závěrem je pohyb parametrizován. Z takto získané matice těžišť je možné vypočítat všechny veličiny popisující pohyb prstu ruky.

3 POROVNÁNÍ HRANOVÝCH DETEKTORŮ

V průběhu práce bylo porovnáváno celkem pět hranových detektorů - detektory Robertsův, Prewittové, Sobelův, Laplacian of Gaussian (LOG) a Cannyho. Pro srovnání byly využity jejich defaultní implementace v IMAGE PROCESSING TOOLBOXU ve výpočetním systému MATLAB. Detektory byly porovnávány na základě tří parametrů - průměrné odchylky, relativní chybovosti a průměrné doby trvání hranové detekce. Definice parametrů jsou uvedeny v kapitole 4.

Všechny detektory byly srovnávány na základě výsledků detekce 1260 značek (420 snímků velikosti 720×526 bodů, průměr jednotlivých značek ve videosekvenci byl zhruba 22 pixelů).

V použité videosekvenci byla nejprve ručně nalezena těžiště všech značek. Jejich souřadnice byly následně použity jako referenční.

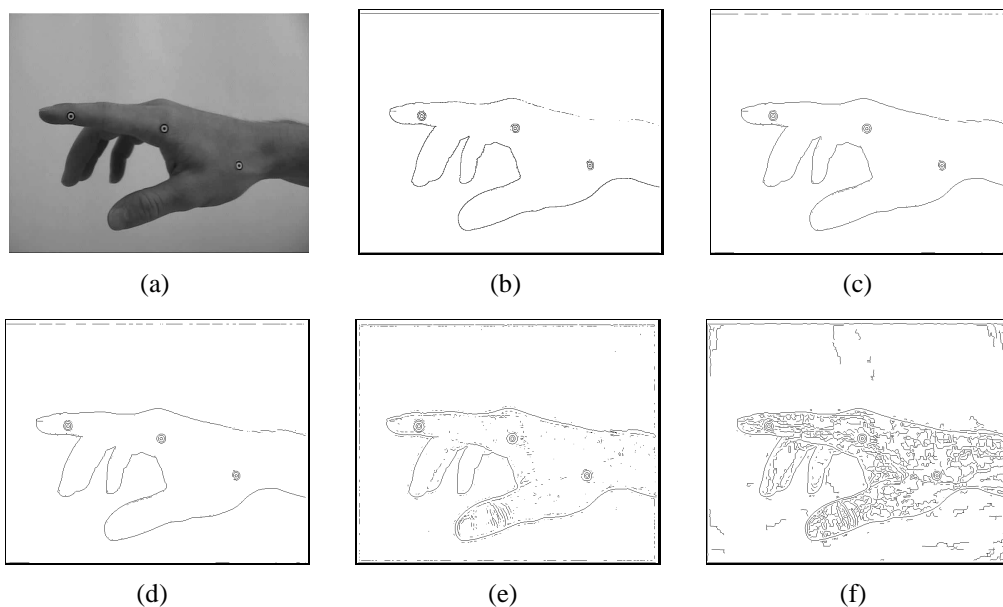
Poté byla videosekvence zpracována počítačem a byla nalezena těžiště jednotlivých značek.

Všechny vstupní plnobarevné snímky byly nejprve převedeny na snímky v šedé škále. Následně byl na snímky aplikován některý z testovaných hranových detektorů (viz Obrázek 3).

Výsledky hranové detekce byly poté filtrovány 2-D filtrem s impulsovou odezvou $h(m, n)$, kde $h_{mn} = 1$ pro $m, n = 1, 2, \dots, 17$. Takto získané obrázky jsou mapami hustoty hran a udávají, kolik pixelů ležících v okolí daného bodu náleží některé z detekovaných hran v původním obrázku.

V dalším kroku byly takto získané mapy přefiltrovány sadou filtrů klouzavých průměrů s impulsovými odezvami rozměru 5×5 (filtr F5), 11×11 (filtr F11) a 19×19 (filtr F19).

Z jednotlivých přefiltrovaných map byla na závěr získána těžiště jednotlivých značek jako maxima hustoty hran.



Obrázek 3: Výsledky hranové detekce:
 (a) vstupní snímek, (b) Robertsův detektor, (c) detektor Prewittové,
 (d) Sobelův detektor, (e) detektor LOG, (f) Cannyho detektor

4 VÝSLEDKY

Parametry, na jejichž základě byly jednotlivé hranové detektory porovnávány, byly definovány následovně:

průměrná odchylka

$$d_{\varepsilon AV} = \frac{1}{M - M_{\varepsilon}} \sum_{m=1}^M d_{\varepsilon m},$$

$$d_{\varepsilon m} = \begin{cases} d_m & \forall d_m < \varepsilon \\ 0 & \text{jinde} \end{cases},$$

$$d_m = \sqrt{(x_m^{aut.} - x_m^{man.})^2 + (y_m^{aut.} - y_m^{man.})^2},$$

relativní chybovost

$$\sigma_{\varepsilon} = \frac{M_{\varepsilon}}{M},$$

průměrná doba trvání výpočtu

$$t_{AV} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n,$$

kde

$x_m^{aut.}$ a $y_m^{aut.}$ jsou souřadnice těžiště značky m spočtené automatickou detekcí,

$x_m^{man.}$ a $y_m^{man.}$ jsou souřadnice těžiště značky m určené ručně,

M_{ε} je počet značek, jejichž $d_m \geq \varepsilon$ (absolutní chybovost),

M je celkový počet zpracovaných značek,

ε je maximální tolerovaná odchylka,

t_n je doba trvání hranové detekce snímku n ,

N je celkový počet zpracovaných snímků.

Takto definované parametry vypočtené pro jednotlivé hranové detektory při zpracování vzorového souboru dat jsou uvedeny v Tabulkách 1 a 2.

V Tabulce 1 jsou uvedeny průměrné odchylky a relativní chybovosti pro jednotlivé detektory a různé filtrace mapy hustoty hran při maximální tolerované odchylce $\varepsilon = 5$ px. Velikost maximální tolerované odchylky ε je zvolena s ohledem na další zpracování videosekvencí.

Hranová detekce	Průměrná odchylka ($\varepsilon = 5$) [px]				Relativní chybovost ($\varepsilon = 5$) [px]			
	WF	F3	F5	F7	WF	F3	F5	F7
Robertsova	1.81	1.73	1.02	1.32	1.19	1.03	0.56	0.71
Prewittové	2.30	1.67	0.74	0.98	4.68	3.81	3.25	3.10
Sobelova	2.29	1.69	0.76	0.98	4.68	4.13	3.10	3.10
LOG	4.06	2.78	2.44	1.64	52.70	67.86	8.73	0.71
Cannyho	3.20	2.35	1.75	2.36	61.75	54.84	41.51	39.37

Tabulka 1: Průměrné odchylky a relativní chybovost (WF označuje zpracování bez filtrace mapy hustoty hran, F3 označuje zpracování s filtrací F3 atd.)

V Tabulce 2 jsou uvedeny průměrné doby trvání hranových detekcí jednoho snímku pro jednotlivé hranové detektory. Doby trvání jsou měřeny při zpracování na počítači s procesorem Pentium Pro 200 MHz a velikostí paměti 128 MB.

Hranová detekce	Průměrná doba trvání [s]
Robertsova	9.79
Prewittové	10.79
Sobelova	11.63
LOG	16.84
Cannyho	40.74

Tabulka 2: Průměrné doby trvání hranové detekce

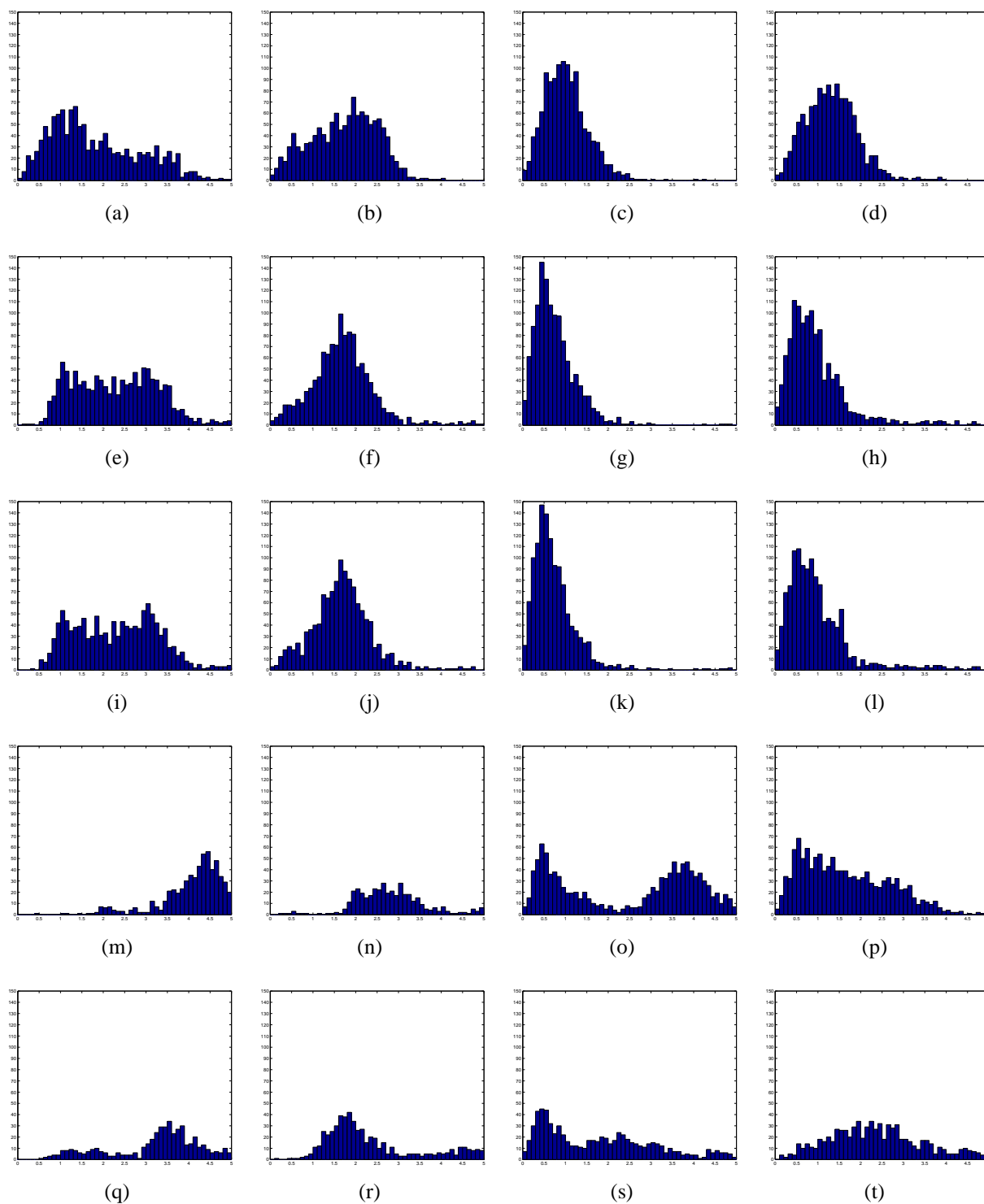
5 POZNÁMKY K IMPLEMENTACI

Všechny použité algoritmy byly implementovány jako funkce ve výpočetním systému MATLAB. Standardní funkce zpracování obrazů použité při implementaci uvedených algoritmů včetně implementací testovaných hranových detektorů byly převzaty z IMAGE PROCESSING TOOLBOXU.

6 ZÁVĚR

Předmětem prezentované práce bylo srovnání hranových detektorů implementovaných ve výpočetním systému MATLAB na specifickém problému parametrizace pohybu z obrazového záznamu.

Jak je uvedeno v kapitole 4, z hlediska průměrné odchylky se jako nejpřesnější při parametrizaci pohybu ukázaly hranové detektory Prewittové a Sobelův, které při maximální tolerované odchylce $\varepsilon = 5$ px dosáhly při zpracování vzorového souboru dat a použité filtraci mapy hustoty hran F5 průměrné odchylky $d_{\varepsilon AV} = 0,74$ px resp. $d_{\varepsilon AV} = 0,76$ px.



Obrázek 4: Histogramy odchylek jednotlivých hranových detektorů:

- (a) - (d) Robertsův hranový detektor (zleva zpracování bez filtrace a s filtracemi F3, F5 a F7),
- (e) - (h) Sobelův hranový detektor (zleva zpracování bez filtrace a s filtracemi F3, F5 a F7),
- (i) - (l) hranový detektor Prewittové (zleva zpracování bez filtrace a s filtracemi F3, F5 a F7),
- (m) - (p) hranový detektor LOG (zleva zpracování bez filtrace a s filtracemi F3, F5 a F7),
- (q) - (t) Cannyho hranový detektor (zleva zpracování bez filtrace a s filtracemi F3, F5 a F7)

Z hlediska relativní chybovosti byl jako nejpřesnější vyhodnocen Robertsův hranový detektor, jehož relativní chybovost při maximální tolerované odchylce $\varepsilon = 5$ px byla při zpracování vzorového souboru dat a použité filtraci mapy hustoty hran F5 $\sigma_\varepsilon = 0,56$ %.

Jako nejrychlejší byl ve srovnání s ostatními hranovými detektory vyhodnocen Robertsův hranový detektor.

Vzhledem k tomu, že s ohledem na další zpracování snímků při řešení specifické úlohy parametrizace a klasifikace pohybu z obrazového záznamu je důležitější dosáhnout u použitého hranového detektoru co nejmenší relativní chybovosti než získat detektor s malou průměrnou odchylkou, z naměřených hodnot vyplývá, že optimálním detektorem pro řešení této problematiky je Robertsův hranový detektor. Tento detektor je navíc nejrychlejším z testovaných detektorů.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce je podporována grantem č. 0305913 "Parametrizace pohybu z obrazového záznamu" (udělen GK ČVUT v Praze) a výzkumným záměrem č. MSM 210000012 (udělen Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky).

LITERATURA

- [1] GONZALEZ, R. C. – WOODS, R. E.: *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.
- [2] HAVLÍK, J.: *Klasifikace pohybů části lidského těla v prostoru*, Odborná studie, 2003.
- [3] HLAVÁČ, V. – SEDLÁČEK, M.: *Zpracování signálů a obrazů*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2001.
- [4] *Image processing fundamentals*.
URL: <<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/frames/fip.html>>, [2003-01-13].
- [5] KLÍMA, M. – ET AL.: *Zpracování obrazové informace*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999.
- [6] The MathWorks, Inc.: *MATLAB Reference Guide*, 1995.
- [7] The MathWorks, Inc.: *Image Processing Toolbox User's Guide*, 2002.

Jan HAVLÍK (Ing.) se narodil v Praze v roce 1975. Titul Ing. získal na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze v roce 2001. V současné době je zaměstnancem Katedry teorie obvodů této fakulty.

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224 352 048, email: xhavlikj@feld.cvut.cz