

# COMPARISON OF FINGERPRINT QUALITY ESTIMATION ALGORITHMS

**Tomáš Korec**

Master Degree Programme (1), FIT BUT

E-mail: xkorec00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Michal Doležel

E-mail: idolezel@fit.vutbr.cz

**Abstract:** This paper deals with fingerprint quality estimation algorithms. The goal is to implement library of fingerprint foreground detection, fingerprint quality estimation algorithms in C++ language and application with graphical user interface built on this library. The application provides an easy way to compare normalized results of algorithms, simply batch process a large quantity of fingerprint images and export results. Possible future extensions are discussed at the end of the paper.

**Keywords:** fingerprint, quality estimation, quality assessment, foreground detection

## 1 ÚVOD

Táto práca sa zaoberá algoritmi na odhad kvality odtlačkov prstov. Kvalita odtlačkov prstov je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim výkonnosť biometrických systémov. Schopnosť určiť kvalitu odtlačku prstu ďalej môže slúžiť aj na vyhodnocovanie kvality snímačov odtlačkov prstov.

Knižnica, ktorá je výstupom tejto práce, okrem algoritmov na odhad kvality odtlačkov implementuje aj niekoľko algoritmov na detekciu popredia odtlačku prstu. Táto detekcia je nevyhnutná a predchádza samotný odhad. Pri návrhu bol kladený dôraz na jednotné rozhranie tak, aby bolo možné ľubovoľne kombinovať algoritmy z týchto dvoch skupín.

Aplikácia s grafickým užívateľským rozhraním slúži nielen na porovnanie algoritmov, ale predovšetkým na dávkové spracovanie väčšieho množstva odtlačkov prstov a export výsledkov. Môže tak byť reálne použitá v praxi.

### 1.1 POUŽITÁ DATABÁZA

Použitá databáza bola získaná od Ing. Michala Doležela, ktorý mi ju poskytol výhradne na použitie v tejto práci. Databáza obsahuje 511 odtlačkov prstov rôznych kvalít a vlastností.

## 2 POUŽITÉ ALGORITMY

Algoritmy potrebné na výpočet kvality odtlačku prstu možno rozdeliť do dvoch kategórií podľa ich funkcie. Prvú kategóriu predstavujú algoritmy určujúce, ktorý blok obrázku odtlačku prstu patrí samotnému odtlačku a ktorý pozadiu. Do druhej kategórie spadajú algoritmy počítajúce samotnú kvalitu, pričom využívajú informácie o obrázku získané algoritmi z prvej kategórie. Všetky popísané algoritmy pracujú so vstupným obrázkom odtlačku v šedej škále.

### 2.1 DETEKCIA POPREDIA

Na určenie popredia odtlačku prstu bolo zvolených niekoľko metód: *Variance Method* [1], *Directional Method* [1] a *Gabor Feature Method* [3]. *Variance Method* počíta variantnosť blokov a využíva toho, že variantnosť bloku pozadia je veľmi nízka. *Directional Method* a *Gabor Feature Method* predstavujú prvé časti metód na odhad kvality s totožným názvom popísané nižšie. U *Directional Method* sa

využíva nominálny smer blokov, ktorý je u popredia vyšší. Gabor Feature Method rozoznáva bloky popredia podľa štandardnej odchylky, ktorá je vyššia než u blokov popredia.

## 2.2 ODHAD KVALITY

### 2.2.1 CHECK RATIO METHOD

Veľmi jednoduchá a pomerne nepresná metóda vychádza z predpokladu, že kvalitné odtlačky majú väčší pomer popredia k pozadiu. Presnosť tejto metódy je závislá na zvolenej metóde detekcie popredia. Ak je metóda detekcie popredia nastavená tak, že veľmi nekvalitné bloky odtlačku na základe prahu priradí k pozadiu, táto metóda sa spresňuje.

### 2.2.2 DIRECTIONAL CONTRAST METHOD

Táto metóda [2] využíva smerový kontrast lokálneho toku orientácie hrebeňov. Pre každý pixel spočítame sumu hodnôt pixelov  $s_i$  pre 8 smerov v susedstve  $9 \times 9$ . Hodnoty  $s_{max}$  a  $s_{min}$  korešpondujú k najpravdepodobnejšiemu smeru bielych pixelov údolí a čiernych pixelov hrebeňov. Následne zpriemerujeme hodnoty podielov  $s_{min}/s_{max}$  pixelov v bloku, a tak získame smerový kontrast jednotlivých blokov. Na koniec je potrebné vizuálnym vyhodnotením stanoviť prah. Ak tento prah hodnota smerového kontrastu bloku prekročí, znamená to, že blok nemá dobrý smerový kontrast.

### 2.2.3 DIRECTIONAL METHOD

Táto metóda využíva nominálne smery blokov obrázku odtlačku. Nominálny smer bloku vypočítame z nominálnych smerov pixelov v danom bloku [1]. Ďalej vypočítame váhy blokov. Spoľahlivosť smerovej informácie dostupnej v obrázku určíme ako podiel sumy váh všetkých blokov a sumy váh blokov popredia. Táto hodnota rastie s kvalitou odtlačku.

### 2.2.4 GABOR FEATURE METHOD

Táto metóda [3] využíva Gaborov filter a Gaborove vlastnosti (*Gabor Features*) blokov. Na výpočet použijeme  $m \times w$  Gaborových matic, kde  $m$  je počet orientácií Gaborovho filtra a  $w$  je veľkosť bloku. Všetky bloky obrázku týmito maticami navzorkujeme a pre každý blok tak získame  $m$  Gaborových vlastností. Po získaní Gaborových vlastností blokov môžeme spočítať štandardnú odchylku pomocou vzorca 1 ( $\theta_k$  je  $k$ -tá orientácia Gaborovho filtra). Hodnota štandardnej odchylky bloku rastie s kvalitou bloku.

$$G = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (g_{\theta_k} - \bar{g\theta})^2}, \quad \bar{g\theta} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m g_{\theta_k} \quad (1)$$

$$Q = 1 - \frac{P}{F} \quad (2)$$

Pre výpočet kvality použijeme vzorec 2, kde  $P$  značí počet nekvalitných blokov určených na základe štandardnej odchylky a  $F$  počet blokov popredia.

## 3 IMPLEMENTÁCIA

Knižnica bola implementovaná v jazyku C++ s využitím knižnice OpenCV 2.1 (Open Computer Vision Library). V knižnici sú implementované algoritmy na detekciu popredia a na odhad kvality. U niekoľkých algoritmov bola pridaná možnosť váhovať výsledok pomerom popredia k pozadiu, čo nám poskytuje ďalšie možnosti výpočtu kvality. Ďalšie výsledky je možné získať zmenou počtu blokov pri segmentácii vstupných obrázkov a úpravou prahu metód, prípadne (váhovaným) priemerom niektorých metód.

Aplikácia s grafickým užívateľským rozhraním je implementovaná pomocou frameworku QT 4.6 a knižnice, ktorá vzišla z tejto práce. Aplikácia dodržiava návrhový vzor Model-View-Controller. Vypočítané výsledky sú normalizované a zobrazené v tabuľke tak, že je možné jednotlivé algoritmy porovnávať. Je možné dávkovo spracovávať väčšie množstvo odtlačkov a výsledky exportovať do formátu xml alebo csv a prípadne ďalej spracovávať.

#### 4 EXPERIMENTÁLNE VÝSLEDKY

Časová náročnosť bola počítaná zmeraním časovej náročnosti jednotlivých metód pre 511 rôznych odtlačkov prstov. Výsledky sú priemerom doby výpočtu týchto 511 odtlačkov.

**Tabuľka 1:** Meranie času výpočtu algoritmov

| Názov metódy                | Nameraný čas [ ms ] |
|-----------------------------|---------------------|
| Check Ratio Method          | 0.444227            |
| Directional Contrast Method | 37.4031             |
| Directional Method          | 134.728             |
| Gabor Feature Method        | 883.178             |

Tabuľka 1 zobrazuje časovú náročnosť výpočtov jednotlivých algoritmov. Ukazuje sa, že výpočet pomocou Gaborovho filtra je časovo najnáročnejší, čo je dôsledkom toho, že na výpočet filtra je nutné počítať časovo pomerne náročný vzorec pre osem rôznych orientácií. Ďalej sa potvrdilo, že jednoduchosť Check Ratio metódy je priamo úmerná s jej časovou zložitou. Metóda je najmenej časovo náročná.

#### 5 ZÁVER

Výsledkom tejto práce je knižnica algoritmov na určenie popredia odtlačku prstu a odhad jeho kvality. Ďalším výstupom tejto práce je aplikácia s grafickým užívateľským rozhraním, v ktorej je možné využívať všetky možnosti knižnice. Využitie samotnej aplikácie je popísané v sekcii 3.

Možným pokračovaním tejto práce by mohlo byť rozširovanie knižnice o ďalšie algoritmy alebo implementovanie ďalších spôsobov vizualizácie výsledkov v aplikácii, ako napríklad zobrazenie grafu z výsledkov a pod.

#### 6 POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol za podpory Výskumného zámeru MSM0021630528 a grantov GD102/09/H083, IT4I - CZ 1.05/1.1.00/02.0070 a FIT-S-11-1.

#### REFERENCE

- [1] Mehtre, B. a Chatterjee, B. Segmentation of fingerprint images – A composite method. In Pattern Recognition. 1989. S. 381 – 385. ISSN 0031-3203.
- [2] Wu, C., Tulyakov, S. a Govindaraju, V. Image Quality Measures for Fingerprint Image Enhancement. In Multimedia Content Representation, Classification and Security. [b.m.]: Springer Berlin / Heidelberg, 2006. S. 215–222. ISBN 978-3-540-39392-4.
- [3] Shen, L., Kot, A. a Koo, W. Quality Measures of Fingerprint Images. In Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication. [b.m.]: Springer Berlin / Heidelberg, 2001. S. 266–271. Lecture Notes in Computer Science, sv. 2091. ISBN 978-3-540-42216-7.