

HAND DETECTION BY COMPARISON FREQUENCY SPECTRUM OF THE CONTOUR

Jan Klečka

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

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

Supervised by: Tomáš Babinec

E-mail: babinec@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper describes possibility to detect hand in digital image. This algorithm can be used to interact with virtual or augmented reality or with similar applications. This method doesn't depend on color of hand which can be not guaranteed by using cheap cams or webcams.

Keywords: hand detection, spectrum compare

1. ÚVOD

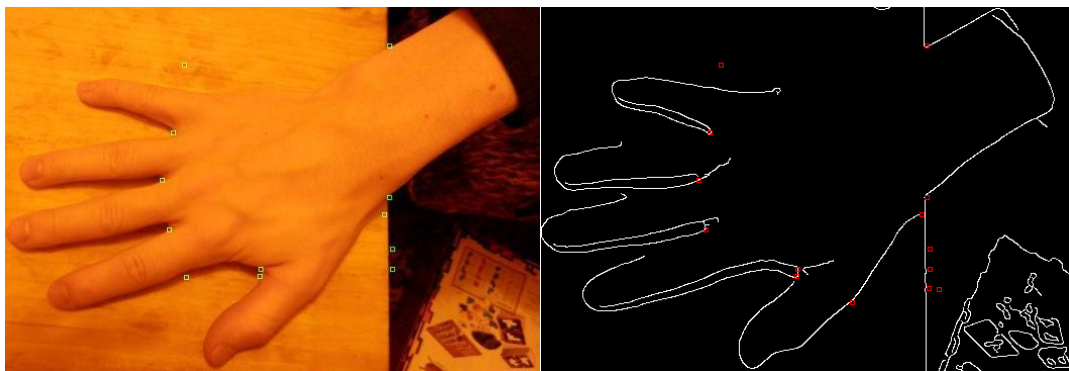
Problematika detekce ruky (či obličeje, nebo jiné části těla) se poměrně často výrazně zjednodušuje segmentací pomocí apriorní informace o barvě kůže. Tohoto bohužel nejde využít vždy, protože u mnoha kamer nemůžeme zaručit, že barva kůže bude za různých světelných podmínek stejná; navíc u miniaturních kamer mnohdy není možné, či vhodné, nastavovat parametry snímání.

Základní myšlenka celého popisovaného algoritmu tkví v tom, že budeme považovat všechny hrany ve vstupním obraze jako funkce komplexní proměnné. Z funkce komplexní proměnné vypočítáme pomocí algoritmu Rychlé Fourierovy transformace frekvenční spektrum. Následně toto spektrum porovnáme se vzorem. Algoritmus není tedy závislý na barvě kůže.

2. DETEKCE HRAN V OBRAZU

Jako první krok je třeba provést detekci hran ve zkoumaném obraze. Existuje celá řada hranových detektorů, nicméně potřeba převést hranu na funkci komplexní proměnné nás vede k tomu, že nejlepší bude použít Cannyho hranový detektor.

Cannyho hranový detektor je optimální vzhledem ke třem kritériím. Detekční kritérium zajišťuje, aby nebyly opomenuty významné hrany. Lokalizační kritérium se snaží, aby rozdíl mezi skutečnou a nalezenou pozicí hrany byl minimální. Třetí kritérium zajišťuje aby detektor nereagoval na jednu hranu v obraze vícekrát [1]. Výsledek tohoto detektoru můžeme vidět na obrázku 1.

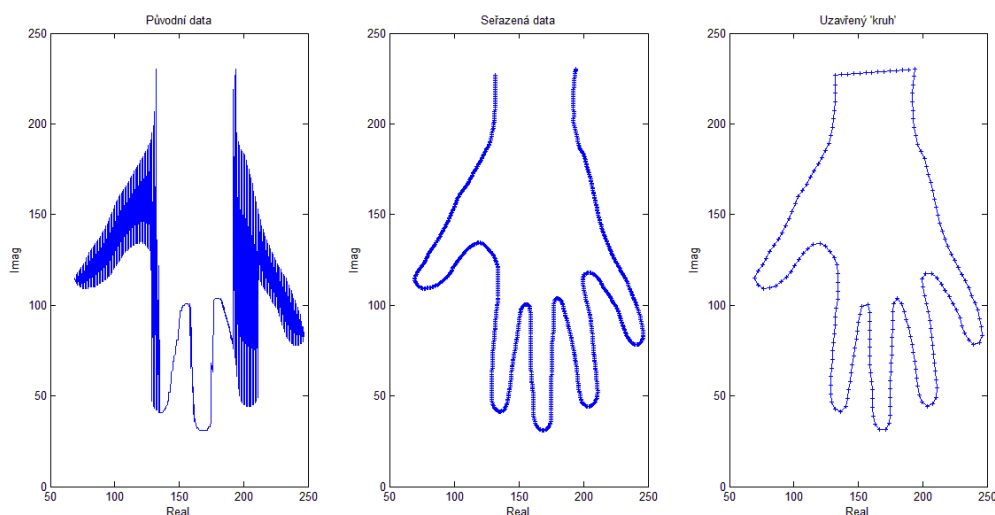


Obrázek 1: Původní obraz a obraz s detekovanými hranami s vyznačenými významnými body

Na obrázcích je vhodné si povšimnout dvou věcí. První je skutečnost, že u ruky na dřevěném pozadí ještě pod žárovkovým osvětlením je velice malý barevný rozdíl mezi rukou a pozadím. Druhou podstatnou věcí je, že vlastnost cannyho detektoru spojovat hrany k sobě spojila i hrany, které k sobě nepatří. Tato skutečnost by mohla působit značné problémy, nicméně můžeme předpokládat, že spojení hran, které spolu nesouvisí (např.: hrana stolu – hrana ruky), bude doprovázet významný roh. Takováto místa tedy můžeme detekovat pomocí detektoru významných bodů. Na obrázku jsou vyznačeny body detekované pomocí Harrisova detektoru. Vidíme, že v místech, kde se spojují dvě nesouvisící hrany, byl vždy významný bod detekován v takovýchto místech. Díky tomu stačí, když hrany přerušíme vynulováním okolí takovýchto bodů v obrazu hran.

3. PŘEVOD HRAN NA FUKCE

V tomto bodu tkví jádro celého problému. Každý segmentovaný pixel hrany převedeme na komplexní číslo s reálnou složkou rovnou x-ové a imaginární složkou rovnou y-ové souřadnici daného pixelu. Samozřejmě nestačí pouze zjistit, které pixely spolu tvoří spojitou hranu, a pro tyto body vypočítat Fourierovu transformaci. V první řadě je třeba pixely postupně seřadit a rozdělit hrany tam, kde se větví. Dále je třeba vybrat z hran ty, které tvoří ruku, resp. mají největší pravděpodobnost toho, že tvoří ruku. Nakonec dochází k normalizaci počtu bodů, která je nutná, jelikož spektrum diskrétního signálu má stejný počet prvků jako zkoumaný signál. Zároveň musíme v tomto bodě z hran uzavřít „kruh“, jelikož pro výpočet spektra předpokládáme, že signál je periodický a při neuzavření „kruhu“ by na spektrum měl značný vliv skok mezi posledním a prvním bodem signálu.



Obrázek 2: Grafické znázornění úpravy dat před použitím FFT

Na takto upravenou řadu komplexních čísel můžeme použít algoritmus FFT (Fast Fourier Transform), jímž získáme frekvenční spektrum daného signálu.

4. POROVNÁNÍ DVOU FREKVENČNÍCH SPEKTER

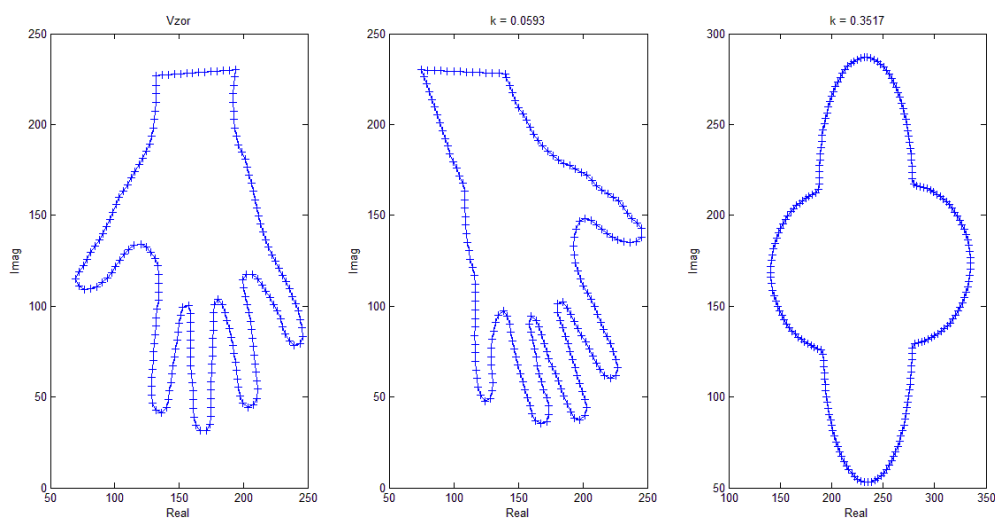
Už v předchozím odstavci bylo zmíněno, že spektra pro porovnávání musí mít stejný počet prvků. Nultou „stejnoseměrnou“ složku nebereme při porovnávání v potaz, tato složka udává pozici těžiště signálu v obrazu. Ze zbylých prvků navíc používáme pouze amplitudové spektrum, neboť fázové je závislé na natočení detekovaného objektu. Poněvadž porovnáváme pouze tvar křivky, a tedy nám nezáleží na skutečných rozměrech, můžeme amplitudové spektrum podělit celkovou energií první až n-té složky signálu. Mezi takto normalizovanými spektry pak vypočítáme euklidovskou vzdálenost. Nakonec nesmíme zapomenout, že spektrum má kladné a záporné kmitočty, a to, které jsou dominantní u komplexního cyklického signálu, záleží na tom, zda jsme body seřadili v kladném či

záporném smyslu. Abychom se zbavili závislosti i na tomto faktoru, vypočítáme vzdálenost vzorového spektra i od spektra zkoumaného signálu indexovaným opačně resp. zrcadlově otočeného. Výsledek je pak menší z obou hodnot. Matematické porovnání nám popsuje rovnice 1.

$$k = \min \left(\sqrt{\sum_{i=1}^N (x(i) - y(i))^2}, \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (x(i+1) - y(N-i))^2} \right) \quad (1)$$

$$\text{Kde: } x(i) = \frac{|F_{vzor}(i)|}{\sum_{k=1}^N |F_{vzor}(k)|}, \quad y(i) = \frac{|F_{test}(i)|}{\sum_{k=1}^N |F_{test}(k)|}$$

Výsledek porovnání frekvenčních spekter můžeme vidět na obrázku 3. Ve všech případech byl zvolen počet bodů signálu roven 200.



Obrázek 3: Výsledek porovnávání frekvenčního spektra obrysu ruky s obrysem jiné ruky a obrysem jiného objektu

Experimentálně jsme zjistili, že dva obrysy můžeme prohlásit za podobné pod podmínkou, že vzdálenost je $k \in \langle 0; 0.1 \rangle$.

5. ZÁVĚR

Tato práce demonstruje způsob detekce ruky odlišný od klasického způsobu používajícího referenční barvy v nejrůznějších barevných modelech či jejich kombinacích. Vzhledem k zadanému rozsahu práce jde spíše o zevrubný popis algoritmu, nicméně základní princip je zřejmý. Tato metoda je citlivá i na gesta ruky, takže za předpokladu většího množství vzorů, by se dala použít i k detekci gest.

REFERENCE

- [1] HLAVÁČ, Václav a Milan ŠONKA. *Počítačové vidění*. Praha: Grada, 1992, 272 s. ISBN 80-854-2467-3.
- [2] JURA, Pavel. *Signály a systémy: Část 3: Diskrétní signály a diskrétní systémy* [online]. 2010 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=33242