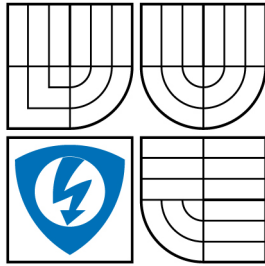


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ROZPOZNÁVÁNÍ OBLIČEJE FACE RECOGNITION

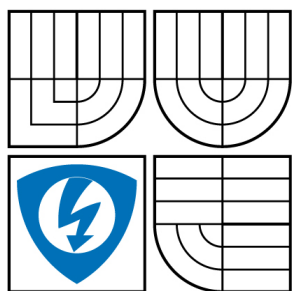
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S PROJECT

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

David Pléha

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Karel Horák Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí
techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Automatizační a měřicí technika

Student: Pléha David

ID: 78393

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Rozpoznávání obličeje

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Nastudujte metody rozpoznávání částí lidského těla ze snímku barevné kamery a zpracujte stručnou rešerši. Na základě získaných znalostí sestavte programové prostředí pro detekci obličejové části ze snímku v uzavřené místnosti.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2>

<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline>

Termín zadání: 1.2.2008

Termín odevzdání: 2.6.2008

Vedoucí práce: Ing. Karel Horák, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práve třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

ANOTACE

Detekce obličeje v komplexním obraze patří k jednomu z klíčových kroků při vytváření softwaru pro rozpoznávání obličeje. V této práci je popsán a rozveden algoritmus, pomocí něhož je možné v obraze s komplexním pozadím detekovat části lidské kůže a také způsoby filtrace detekovaného obrazu. Algoritmus vychází z hodnoty barevného modelu lidské kůže, což je hlavním východiskem pro identifikační proces.

V práci je také probírána problematika týkající se určení obličejové části v detekovaném obraze pomocí různých předpokladů o lidské tváři.

Klíčová slova

Detekce kůže, filtrace, barevný model, excentricita

ANOTACE

Face detection in the complex image is the part of the key steps in creation of the face recognition software. In this work an algorithm, by which means it is possible to detect parts of human skin in the image with a complex background as well as the methods of the detected image filtration, is described and specified. The algorithm appears from the value of the human skin colour model, which is the main basis for the process of identification. In this work also the issue regarding the face part determination within the detected image by various hypotheses on human face is examined.

Keywords

Skin detection, filtration, colour model, excentricity

Bibliografická citace

PLÉHA, D. *Rozpoznávání obličeje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Horák, Ph.D.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Rozpoznávání obličejů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

P o d ě k o v á n í

Děkuji tímto Ing. Karlu Horákovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

V Brně dne :

Podpis:

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. TEORETICKÝ ROZBOR.....	10
2.1 Obličej, zdroj informací	10
2.2 Použití barevného modelu	10
2.2.1 RGB.....	10
2.2.2 YCbCr	11
2.2.3 HSV	12
2.3 Detekce obličeje	13
2.3.1 Znalostní metoda rozpoznávání obličeje.....	13
2.3.2 Invariantní rysy	13
2.3.3 Srovnávání šablon	14
2.3.4 Neutronové sítě pro lokalizaci lidského obličeje	14
2.4 Detekce kůže	14
2.4.1 Výběr vhodného barevného modelu.....	14
2.4.2 Zvolení modelu barvy kůže a jeho přesnost.....	14
2.5 Filtrace obrazu	16
2.5.1 Mediánová filtrace.....	16
2.5.2 Funkce pro nalezení objektů regionprops.....	17
2.5.3 Barevný histogram.....	19
2.6 Postup tvorby programu při detekci kůže	20
3. POSTUP NÁVRHU PROGRAMOVÉHO PROSTŘEDÍ	21
3.1 Načtení šablony námi zvoleného obrazu	21
3.2 Úprava a převod detekovaného snímku.....	22
3.3 Převod do barevného prostoru HSV	23
3.4 Výběr mezí pro rozpoznávání	25
3.5 Filtrace obrazu- funkce Medián.....	25
3.6 Funkce regionprops a její využití v programu	28
3.6.1 Nastavení Eccentricity.....	28
3.6.2 Nastavení FieldImage	29
3.6.3 Nastavení Solidity	30

3.7 Použití funkce Ismember.....	30
3.8 Vykreslení kůže do binárního obrazu.....	31
4. DETEKCE OBLIČEJOVÝCH PŘÍZNAKŮ V OBRAZE.....	32
4.1 Detekce očí v obraze	32
4.2 Detekce úst v obraze	34
5. ZÁVĚR	37
6. LITERATURA	38

SEZNAM OBRÁZKŮ

- obr.č.1 – RGB barevný model
- obr.č.2 – YCbCr barevný model
- obr.č.3 – HSV barevný model
- obr.č.4 – šablona použitá pro detekci kůže
- obr.č.5 – podprostor barvy kůže v modelu RGB a YCbCr
- obr.č.6 – využití mediánové filtrace pro vyčištění obrazu
- obr.č.7 – elipsa
- obr.č.8 – konvexnost
- obr.č.9 – snímek RGB a převedený snímek do YCbCr
- obr.č.10 – snímek YCbCr rozložený na složky Y, Cb a Cr
- obr.č.11 – Rozdíl mezi snímky v barevném prostoru YCbCr a HSV
- obr.č.12 – binární obraz bez filtrace
- obr.č.13 – jednoduchá mediánová filtrace
- obr.č.14 – Mediánová filtrace se zadanými parametry
- obr.č.15 – využití nastavení eccentricity
- obr.č.16 – využití nastavení FieldImage
- obr.č.17 – výstupní snímek po použití lsmember
- obr.č.18 – Výsledný obraz
- obr.č.19 – Obraz po použití masky EYE a vyfiltrované binárního pole
- obr.č.20 – Výsledný obraz s vyznačenými středy očí
- obr.č.21 – Obraz po použití barevné transformace FLDA a převod do binárního pole
- obr.č.22 – Vyfiltrovaný binární obraz, použití funkce Centroid
- obr.č.23 – Výstupní obraz programu

SEZNAM TABULEK

- Tab.č.1 – Minimální a maximální hodnoty složek u barevných prostorů RGB, YCbCr, HSV
- Tab.č.2 – Hlavní meze pro rozpoznávání

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
X		náhodná veličina
\tilde{x}		hledaný medián
a	cm	délka hlavní poloosy
b	cm	délka vedlejší poloosy
F_1, F_2		ohniska
e		excentricita
A	cm ²	obsah oblasti
H		konvexní obal

1. ÚVOD

Cílem této práce je nastudování metody rozpoznávání částí lidského těla ze snímku barevné kamery a na základě získaných znalostí vytvoření programové prostředí pro detekci lidské kůže ze snímku v uzavřené místnosti. Dalším krokem je vytvoření algoritmu, který na detekovaném obličeji nalezne pravděpodobnou polohu očí a úst. Výstupem programu je obraz vykreslující pouze lidskou kůži, nikoliv však pozadí obrázku, oblečení a vlasy a zakreslená poloha očí a úst.

Tvorba programu je zaměřena na lokalizaci lidské kůže pomocí šablony vzorků barvy kůže. Práce je prováděna v barevném modelu YCbCr a HSV, protože jak pro detekci kůže, tak i pro další práci s obrazem je barevný model YCbCr a HSV vhodnější než model RGB. Problematika vhodného barevného modelu je dále rozvedena v teoretickém rozboru. V této práci je hlavním cílem nalezení obličejové části s označením očí a úst. Velká část práce je věnována filtraci obrazu pomocí předpokladů o tvaru lidské tváře, ale také filtraci na vyčištění šumu.

Pro vytvoření programového prostředí je použit program MatLab verze 7.0.1. a pracuje se s databází Georgia Tech face database [9]

2. TEORETICKÝ ROZBOR

2.1 OBLIČEJ, ZDROJ INFORMACÍ

Detekce kůže, ale také detekce obličeje se v dnešní době velmi používá. A to jak v kriminalistice, tak i v elektronice a zabezpečovacích systémech. Již nyní je možné zakoupit fotoaparát, který přesně lokalizuje obličej a dokonce i zjistí, jestli se focený člověk usmívá nebo má zavřené oči. Detekce obličeje je prvním krokem k další práci, například rozpoznávání pohybu rtů na videosnímku nebo pohybu očí. Pomocí různých programů se můžeme na obličej zaměřit jako na zdroj nonverbální komunikace. Z výrazu tváře (přivření očních víček při úsměvu nebo výrazu očí, popř. úst) můžeme určit nálady a chování zkoumaného jedince.

Programy pro rozpoznávání částí lidského těla se již dostávají i do oborů jako je lékařství, zabezpečovací systémy a dokonce i kosmetika, psychologie ale i sociologie.

2.2 POUŽITÍ BAREVNÉHO MODELU

Barevné modely se používají především pro zjednodušení záznamu barevné informace. Pokud bychom chtěli věrně reprodukovat barvy nějakého objektu, pak bychom museli zaznamenat v každém bodu tohoto objektu spektrální křivku.

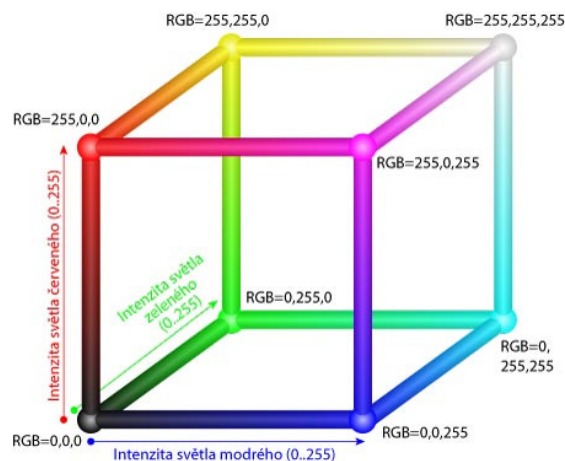
V dnešní době se můžeme setkat se spoustou barevných modelů. Ať už od těch známějších jako jsou RGB, CMYK nebo méně známé HSV, HSB a YCbCr.

2.2.1 RGB

Model RGB vychází z faktu, že lidské oko obsahuje tři základní druhy buněk citlivých na barvu. Tyto buňky jsou citlivé na vlnové délky, které zhruba odpovídají červené (vlnová délka 630 nm), zelené (530 nm) a modré (450 nm) barvě. Kombinací těchto barev lze získat téměř všechny barvy barevného spektra. Informace se v tomto modelu šíří třemi čísly: R(červená),

G(zelená) a B(modrá). Sada 3 čísel RGB potom určuje jak barvu, tak i intenzitu světla.

RGB model lze skvěle zobrazit jako krychli, kde jednotlivé x,y,z osy odpovídají modrému, červenému a zelenému světlu. Na úhlopříčce krychle je potom stav, kdy všechna tři světla svítí na maximum, tedy vytvoří bílou (RGB=255,255,255). Na obrázku č.1 můžeme vidět, jak vypadá barevný model RGB



obr.č.1 – RGB barevný model

2.2.2 YCbCr

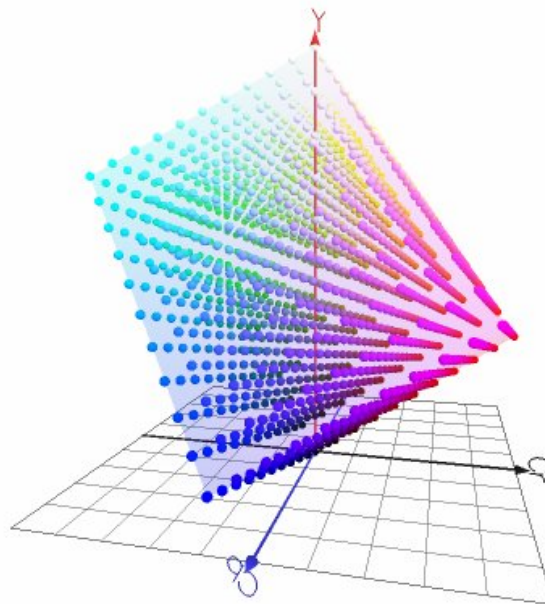
Model používaný pro přenos televizních signálů v normě SECAM. V tomto barevném modelu se také zapisují obrázky ve formátu JPEG. Z modelu YCbCr je kdykoliv možné převést daný obraz do barevného modelu RGB nebo CMYK aniž by se kvalita obrazu zhoršila nebo se obraz deformoval. Y představuje jasovou složku, Cb modrou složku a Cr červenou složku. Tento model je oproti barevnému modelu RGB výhodnější pro práci z toho důvodu, že informaci nesou pouze dvě čísla Cb a Cr, nikoliv tři jako to bylo u RGB modelu.

Přepočítání barevného modelu YCbCr z modelu RGB je velmi jednoduché a provádí se pomocí matice uvedené níže.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65,481 & 128,553 & 24,966 \\ -37,797 & -74,203 & 112 \\ 112 & -93,786 & -18,214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Převodní vztah RGB -> YCbCr

Na obrázku č.2 můžeme vidět barevné rozdělení barev YCbCr v 3D prostoru.

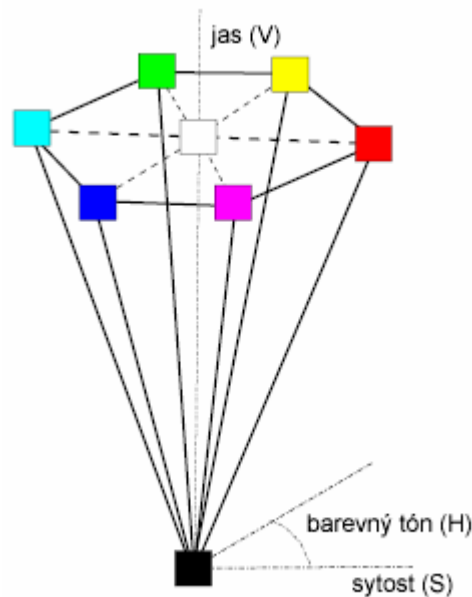


obr.č.2 – YCbCr barevný model

2.2.3 HSV

Model HSV má tři základní parametry: barevný tón (Hue), sytost (Saturation) a jas (Value).

Pro zobrazení barev v modelu HSV, jak je vidět na obrázku č. 3, používáme šestiboký jehlan umístěný do souřadnicového systému tak, že vrchol jehlanu se nachází v počátku a osa jehlanu je shodná se svislou osou, která zároveň znázorňuje změny úrovně jasu.



obr.č.3 – HSV barevný model

2.3 DETEKCE OBLIČEJE

Existuje několik způsobů díky kterým můžeme v barevném obraze rozpoznat obličej popř. lidskou kůži.

Zde je uvedeno několik způsobů rozpoznávání lidského obličeje ze snímků barevné kamery:

2.3.1 Znalostní metoda rozpoznávání obličeje

Tato metoda pracuje s dříve uloženými pravidly. Tyto pravidla popisují typický obličej na základě vzdálenosti a tvaru. Algoritmus je velmi obsáhlý a tato metoda není příliš používaná a oblíbená při detekci.

2.3.2 Invariantní rysy

Obličej v tomto případě detekujeme na základě obecně platných rysů lidské tváře, které nepodléhají změnám podmínkám osvětlení nebo natočení obličeje. jde o barvu kůže, obličejová textura a nebo obličejové příznaky (oči,nos,...)

2.3.3 Srovnávání šablon

Tato metoda je časově velmi náročná, protože musíme mít uložené šablony buď celého, nebo jen části obličeje. Pomocí algoritmů porovnáváme zkoumaný obraz a šablony. Tento způsob se využívá v kriminalistice při vyhledávání osob.

2.3.4 Neutronové sítě pro lokalizaci lidského obličeje

Tato metoda má obecně dobré generalizační schopnosti a proto není nutné sestavovat složité modely analyzovaných dat.

2.4 DETEKCE KŮŽE

V případě detekce kůže z barevného snímku vycházíme z toho faktu, že barva lidské kůže odpovídá určitému prostoru v barevném profilu, ať už RGB nebo YCbCr. Pokud tento model přesně určíme a následně ohraničíme, můžeme přesně identifikovat barvu kůže ze snímku a zanedbat barvy, které do tohoto ohraničeného prostoru nepatří. Metoda rozpoznávání kůže lze rozdělit na několik podkategorií, kterých bychom při této metodě měli držet.

2.4.1 Výběr vhodného barevného modelu

Používá se již zmíněný barevný profil RGB, jelikož tento model explicitně neodděluje jasovou složku od barevné, tak při rozpoznávání není příliš využíván.

Více se využívá barevný model YCbCr nebo HSV, který již v základě odděluje jasovou a barevnou složku.

2.4.2 Zvolení modelu barvy kůže a jeho přesnost

Při detekci lidské kůže nám jde o to, abychom ze snímku vyloučili ty pixely, jejichž barevná složka neodpovídá barvě lidské kůže a zanechaly ty, které do námi zadané šablony spadají. Důležitým faktem je to, aby námi vytvořená šablona vystihla co nejvíce barev lidské kůže. Na obr. 4 [7] můžete vidět typ

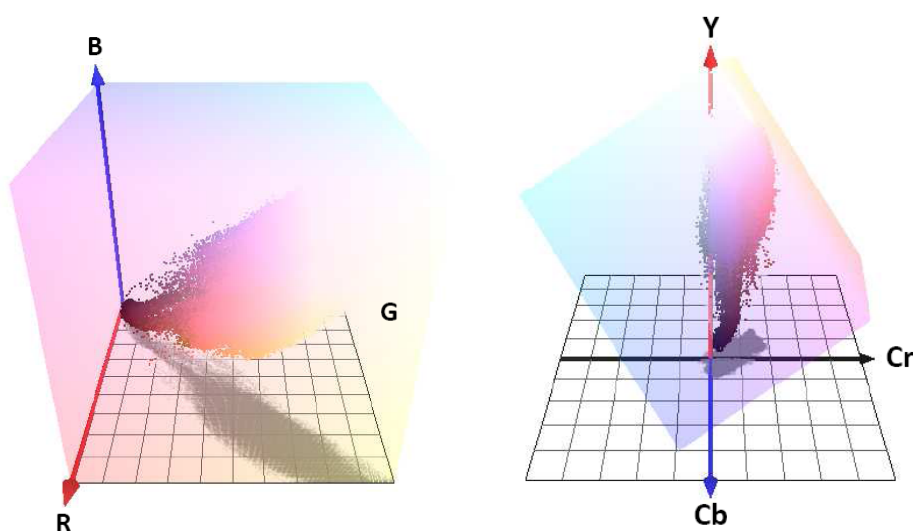
šablony, který byl použit v této práci. Tato šablona obsahuje několik částí lidského obličeje a lidské kůže.

Výhodou je lehká realizovatelnost, kvalita výsledku je však velmi závislá na vybraném modelu a přesnosti pravidel, která je nutno určit experimentálně.



obr.č.4 – šablona použitá pro detekci kůže

Na obr. 5 je vidět podprostor barvy kůže jak pro barevný model RGB, tak i pro model YCbCr. Při bližším porovnání grafů je patrné, že barevný model RGB je rozměrnější a nemá takovou strmost jako model YCbCr. U barevného modelu YCbCr připomíná graf tvar kváдру až hyperelipsoidu.



obr.č.5 – podprostor barvy kůže v modelu RGB a YCbCr

2.5 FILTRACE OBRAZU

Filtrace jakožto celek je hojně využívána jak v elektrotechnice, biomedicíně, grafice a mnoha dalších odvětvích zabývající se práci s obrazy nebo signály. Filtrace obrazu slouží ke zvýraznění určité informace. Můžeme jí potlačit šum, vyhladit obraz, zvýraznit kontrast nebo detekovat hrany.

Předzpracování obrazu pomocí filtrace je lokální nikoli bodová operace. Pracujeme s intenzitou bodu, který je vázán na své okolí. Toto okolí může mít různé tvary, nejčastěji se jedná o čtvercové okolí.

2.5.1 Mediánová filtrace

Tato filtrace patří mezi nelineární filtrace obrazu. Nedochozí k výpočtu střední hodnoty, ale určení mediánu (tj. prostředního členu uspořádané posloupnosti všech hodnot ze zvoleného okolí).

Hlavní nevýhodou filtrace mediánem v obdélníkovém okolí je to, že porušuje tenké čáry a ostré rohy v obraze. Tento nedostatek se dá obejít, když se použije jiný tvar okolí. Aby se snadno určil prostřední prvek, používají se posloupnosti s lichým počtem prvků, např. v obrázcích se používá lokální čtvercové okolí, jehož rozměry jsou 3 x 3; 5 x 5, atd..

Vzorec pro výpočet funkce MEDIAN:

$$P(X < \tilde{x}) \leq \frac{1}{2}$$
$$\lim_{x \rightarrow \tilde{x}} P(X < x) \geq \frac{1}{2}$$

kde X je náhodná veličina a \tilde{x} je hledaný medián

Jestliže vstupní obraz obsahuje pouze celé číselné třídy, potom jsou na výstupu obsaženy tytéž číselné třídy. Pokud je hodnota pixelů ležících vedle sebe (např. $m \cdot n$) rovna, potom některý ze středních hodnot nemusí být celé číslo. V tom případě jsou dílčí části vyřazeny. Logický vstup je ošetřen stejným způsobem.

Na obrázku č.6, můžeme vidět využití mediánové funkce na fotografii. Na obrázek (a) bylo použito zašumění *salt & pepper*. Obrázek (b) je výstupem po využití funkce *medfilt2* na obrázek (a).



(a)



(b)

obr.č.6 – využití mediánové filtrace pro vyčištění obrazu

2.5.2 Funkce pro nalezení objektů regionprops

Funkce *regionprops* měří soubor vlastností pro každou označenou oblast v matici *L*. Přirozená celá čísla v matici *L* odpovídají různým oblastem. Například soubor prvků *L* rovný 1 odpovídá v matici oblasti 1. Pole uspořádané sady označuje různá měření pro každou oblast, jak je specifikováno v nastavení.

Z nastavení (*properties*) si můžeme vybrat z několika možností, podle toho, co přesně potřebujeme s naší maticí udělat, popř. co bude výhodné pro naši další práci. Některé z nich si probereme více podrobně a to varianty '*Eccentricity*', '*Centroid*', '*FilledArea*' a '*FilledImage*' a '*Solidity*'

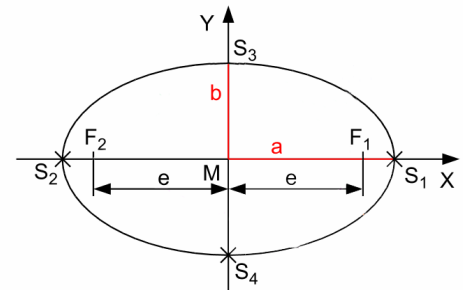
2.5.2.1 Eccentricity

Slovo *Eccentricity* může být do českého jazyka volně přeloženo jako 'výstřednost'. Jde o skalární veličinu. Výstřednost je poměr vzdálenosti mezi ohniskem elipsy a délkou její hlavní osy. Hodnota je mezi 0 a 1. Hodnoty 0 a 1 jsou maximální případy. Elipsa jejíž výstřednost je 0 je ve skutečnosti kruh, zatímco elipsa jejíž výstřednost je, 1 je úsečka. Na obrázku č. 7 je zřetelně vidět hodnota excentricity.

Vzorec pro výpočet excentricity:

$$e = \frac{\varepsilon}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

- a – délka hlavní poloosy
- b – délka vedlejší poloosy
- F_1, F_2 – ohniska
- e – excentricita



obr.č.7 – elipsa

2.5.2.2 Centroid

Jde o nastavení, které v objektu, ve kterém se nachází určité pole prvků určí střed tohoto pole. První prvek *Centroid* je horizontální souřadnice (osa X) hmotného bodu, a druhý prvek je vertikální souřadnice (osa Y).

2.5.2.3 FilledArea a FilledImage

Výstupem této funkce je skalární hodnota, která udává počet pixelů hlavního pole binárního obrazu. Pracuje s hodnotami, které počítá funkce *FilledImage*. Ten po svém spuštění provede v hlavním poli vymazání částí, které mají nulovou binární hodnotu a nahradí je hodnotou 1.

2.5.2.4 Solidity

Výstupem funkce je skalární veličina. Popisuje konvexnost a konkávnost oblasti.

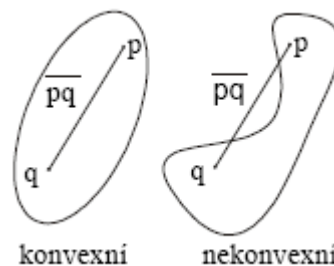
Vzorec pro výpočet konvexnosti(Solidity):

$$Solidity = \frac{A}{H}$$

kde A je obsah oblasti a H je její konvexní obal. Pro konvexní objekt dostaneme hodnotu jedna, se zvyšující se konkávností tato hodnota klesá.

Vysvětlení pojmu konvexnost:

Podmnožina S je konvexní, jestliže pro libovolné dva body $p, q \in S$ platí, že úsečka pq leží celá v množině S



obr.č.8 – konvexnost

Další použité funkce pro filtraci , které byly použity jsou například ismember a stats.Area.

2.5.3 Barevný histogram

V počítačové grafice a digitální fotografii je barevný histogram reprezentací rozložení barev v obrazu, odvozené od počtu pixelů každého z daných barevných rozsahů v buď dvourozměrném (2D) nebo třírozměrném (3D) barevném modelu.

Histogram je měřítkem statistického popisu frekvenčního rozložení ve vztahu k výskytu frekvencí různých tříd barev. Třídy barev jsou určité oblasti v barevném prostoru. Každá třída barev v obrazu má svůj index, kterým se při výpočtu histogramu násobí. Tudiž neznamená, že pokud je v obraze zastoupena nejvíce modrá, výsledný histogram bude odpovídat hlavně hodnotě modré barvy. Hodnoty pro jednotlivé barvy jsou následující:
Červená: 0,299; zelená: 0,587; modrá: 0,114.

Barevné histogramy jsou přizpůsobivé a mohou být použity v různých barevných modelech, ať již v barevném modelu RGB, CMYK nebo jakémkoli jiném barevném modelu.

Histogram se dá použít i při rozeznávání objektů v obraze, zde jsou ale určitá omezení.

Histogram poskytuje celistvý pohled na distribuci dat v obrazu. Barevný histogram obrazu je téměř neměnný při změně nebo rotaci osy pohledu, a

pouze lehce se mění s úhlem pohledu. Porovnáváním histogramových „podpisů“ dvou obrazů a porovnáváním jejich barevných obsahů, se histogram obzvláště hodí k rozpoznávání objektu na neznámé pozici v obrazu a rotaci uvnitř scény. Hlavní nevýhodou histogramu pro katalogizaci je, že reprezentace je závislá na barvě objektu, s kterým se pracuje, a že ignoruje jeho tvar a texturu. Barevný histogram může eventuelně být stejný u dvou obrazů s jinými objekty, ale se stejnou barevnou informací. Naopak, bez prostorovosti nebo informace o tvaru, podobné objekty různé barvy mohou být nerozeznatelné, pokud použijeme k porovnání jejich histogramů.

2.6 POSTUP TVORBY PROGRAMU PŘI DETEKCI KŮŽE

1. Načtení obrazu ze souboru v barevném modelu RGB
2. Ztmavení popřípadě zesvětlení obrazu
3. Převod z barevného souboru RGB do YCbCr(HSV), rozložení na samostatné barevné vektory
4. Určení mezí pro výběr barvy z porovnávacího obrazu index. Výběr pouze těch pixelů, které do těchto mezí zapadají
5. Použití filtrace na odfiltrování nechtěných pixelů (*median, region props*), vykreslení výsledného binárního obrazu
6. Sloučení binárního obrazu a původního snímku, výstup programu, vykreslená pouze část s lidskou kůží

3. POSTUP NÁVRHU PROGRAMOVÉHO PROSTŘEDÍ

Při tvorbě programového prostředí bylo využíváno programu MatLab verze 7.0.1. a výstupem programu jsou snímky zachycující postupné změny převodu obrazu z RGB do YCbCr popř. HSV, ale také vliv filtrace atd.

Návrh programu pro detekci rozpoznávání lidské kůže probíhal postupně od načtení snímku, převodu do jiného barevného modelu a filtrace až k výstupnímu snímku, kde jsou vykresleny pouze pixely s barvou odpovídající barvě kůže.

3.1 NAČTENÍ ŠABLONY NÁMI ZVOLENÉHO OBRAZU

Obrázek č.4 je v této práci používán jako šablona, ze které jsou čerpány data pro rozpoznávání kůže. Tato šablona bude dále v textu uváděna pod názvem index. Index je potřeba v první řadě převést do námi zvoleného barevného modelu a rozložit na samostatné části prostoru (Cb, Cr, Y; R,G,B;atd.).

Pomocí funkcí získáme z těchto částí hodnoty maximálních a minimálních pixelů. S těmito hodnotami dále pracujeme a jsou hlavním bodem pro detekci lidské kůže v obrazu.

V níže uvedené tabulce jsou vypsány maximální a minimální hodnoty složek barevných modelů RGB YCbCr a HSV. Tyto hodnoty jsou čerpány ze šablony index.

	RGB			YCbCr			HSV		
	R	G	B	Y	Cb	Cr	H	S	V
Minimální hodnota	19	3	2	23	95	119	0	0	0,074
Maximální hodnota	255	255	255	234	120	172	0,998	0,903	1
Průměrná hodnota	137	129	128,5	128,5	107,5	145,5	0,499	0,451	0,537

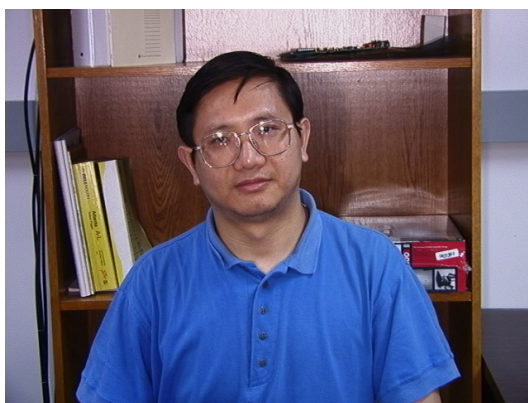
Tab.č.1 – Minimální a maximální hodnoty složek u barevných prostorů RGB, YCbCr, HSV

Hodnoty u barevného modelu RGB, jak je z tabulky patrné pokryly téměř celé spektrum od hodnoty 0-255. Hodnoty u Cb a Cr složky nemají tak velké rozestupy jako R, G a B složky. Z této tabulky je zřejmé, že využití standardního modelu RGB není pro detekci příliš vhodné.

3.2 ÚPRAVA A PŘEVOD DETEKOVANÉHO SNÍMKU

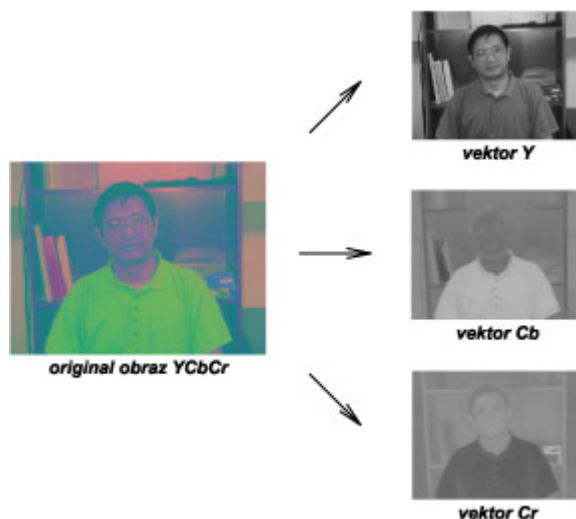
Abychom více zpřesnili detekci, je velmi důležité ztmavit námi vybraný snímek. Důvodem je urychlení výpočtu a také to, že příliš jasné pixely, které jsou způsobené například použitím blesku při fotografování nebo odlesku při osvětlení námi detekovaného obličeje mohou velmi změnit funkčnost porovnávání obrazu z indexu.

Ztmavený snímek je nutné převést do námi zvoleného barevného modelu, ve kterém bude práce pokračovat. Způsob zobrazení v RGB a YCbCr modelu je možné vidět na obrázku č. 9.



obr.č.9 – snímek RGB a převedený snímek do YCbCr

Na obr. č. 10 je zobrazen snímek rozložený na složky barevného modelu. Z obrázku je velmi dobře patrné, jakou obrazovou hodnotu každá složka nese.



obr.č.10 – snímek YCbCr rozložený na složky Y, Cb a Cr

3.3 PŘEVOD DO BAREVNÉHO PROSTORU HSV

Cílem vytvoření rozpoznávání kůže na základě barevného modelu HSV je získání co nejlepších podmínek pro vyhledávání a také zjištění, zda model HSV není při rozpoznávání lepší než YCbCr popř. RGB. Tvorba programu je stejně strukturovaná jako u YCbCr barevného modelu, práce probíhá také se dvěma složkami. Určování mezí je stejné jako u příkladu s YCbCr. Výsledky jsou velmi odlišné, jak je vidět na obrázku č. 9. Obrazy pro tento pokus nejsou nijak ztmaveny a jsou použity stejná kritéria pro oba programy. Jak je vidět, při použití barevného modelu HSV je bráno za barevnou hodnotu pokožky i velká část pozadí, narozdíl od barevného prostoru YCbCr.



YCbCr



HSV

obr.č.11 – Rozdíl mezi snímky v barevném prostoru YCbCr a HSV

Z výše uvedených obrázků (obr.č.11) je zřejmé, že barevný model HSV není až tak přesný pro detekci kůže jako model YCbCr.

3.4 VÝBĚR MEZÍ PRO ROZPOZNÁVÁNÍ

Při porovnání jednotlivých pixelů jejich hodnotu porovnáváme se čtyřmi složkami barevných prostorů. Těmito složkami jsou: jasová složka Y, modrá složka Cb, červená složka Cr a barevný tón H. V tabulce č. 2 jsou vypsány konečné hodnoty, s kterými se v této práci pracuje a které jsou hlavní meze pro rozpoznávání kůže v obraze. Hodnoty H složky jsou určeny neměně, zbylé hodnoty jsou brány jako maxima a minima ze šablony index a tudíž při změně šablony se hodnoty automaticky změní v programu a rozpoznávání pracuje s novými hodnotami.

	YCBCr			HSV
	Y	Cb	Cr	H
Minimální mez	23	95	119	0,01
Maximální mez	234	120	172	0,1

Tab.č.2 –Hlavní meze pro rozpoznávání

3.5 FILTRACE OBRAZU- FUNKCE MEDIÁN

Do této doby se detekovaný obraz nijak nefiltroval, pouze se vybraly ty hodnoty barvy, které spadaly do hodnot barevných mezí. Výstupem se stal binární obraz, kde pixely, které spadaly do výše zmíněných mezí byly nahrazeny logickou jedničkou(true) a ty pixely, kde barva neodpovídala mezím byly nahrazeny logickou nulou(false). Výstupem je obraz, který můžete vidět na obrázku číslo 12. Z tohoto snímku je jasně vidět, že při výběrů pixelů, které odpovídají zadaným mezím byly vybrány i ty místa ve snímku, které nejsou částí těla nebo jde o samostatné pixely.



obr.č.12 – binární obraz bez filtrace

Způsob jak se zbavit v detekovaném snímku těchto chybně eliminovaných polí je využití filtrace. Jednou z variant filtrace je použití mediánu. Pokud se mediánová filtrace použije samostatně bez dalších zadaných parametrů, vyfiltruje nám funkce pouze samostatné pixely, které ve svém nejbližším okolí neobsahují pixel se stejnou binární hodnotou jako pixel filtrovaný a zaoblí hrany. Na obrázku č.13 můžeme vidět použití jednoduché filtrace pomocí mediánu bez další specifikace filtrovaných bodů.



obr.č.13 – jednoduchá mediánová filtrace

Při porovnání obrázku č.12 a č.13 je jasně vidět, že mediánová filtrace odfiltrovala samostatné pixely a odstranila menší část chybně detekovaného pozadí. Dále budeme s mediánovou filtrací pracovat více do hloubky, a to tím způsobem, že funkci zadáme přesnou hodnotu, kterou má odfiltrovat. Hodnoty určíme buď experimentálně nebo pomocí pokusů na několika testovacích snímcích a vybereme tu hodnotu mediánu, která námi snímaný obraz vyfiltruje nejlépe. Pokud změním vlastnosti obrazu (změna osvětlení, přemístění snímaného objektu z místnosti ven), musíme hodnoty pro medián nastavit znovu. Důvodem opětovného nastavení hodnot mediánové filtrace je to, že pokud bude snímaný obličej na fotografii příliš malý, může se stát že nalezený obličej bude detekován jako šum a funkce jej odfiltruje (zadá tomuto poli binární nulu). Z několika pokusů pro určení správných hodnot pro mediánovou filtraci byly vybrány hodnoty [10 10]. Na obrázku číslo 13 je vidět, jak po této filtraci detekovaný obraz vypadá. Byla vyfiltrována velká část pozadí.

Při použití mediánové filtrace v programu pro detekování obličeje velmi záleží na počátečních podmínkách vyhledávání lidského obličeje, aby nedošlo k tomu, že bude obličej vyfiltrován z toho důvodu, že byl považován za šum.



obr.č.14 – Mediánová filtrace se zadanými parametry

Jak je na obrázku č.14 zřetelně vidět, obličejová část má největší plochu, kdežto části v pozadí jsou malé a tvarem nepřipomínají obličej. Proto dalším krokem v programu je využití funkce regionprops.

3.6 FUNKCE REGIONPROPS A JEJÍ VYUŽITÍ V PROGRAMU

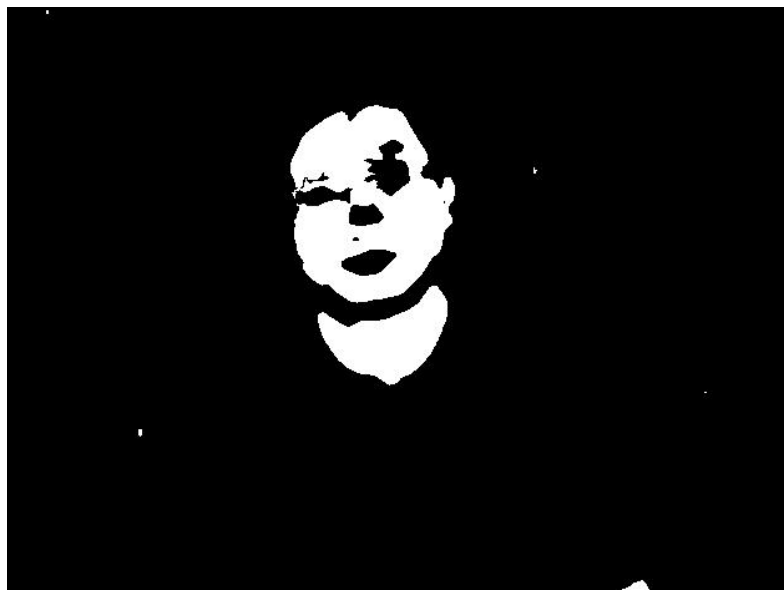
V regionprops funkci je možné vybrat takové nastavení, díky kterému můžeme obraz dále filtrovat

3.6.1 Nastavení Eccentricity

Jak je již v teoretickém rozboru řečeno, v tomto programu pracujeme s nastavením eccentricity.

V matici L je uložený obraz s poli, které jsou očíslovány podle počtu true polí. V používaném snímku (obr. č.14) jsou tyto pole označeny čísly 1 až 12. V datovém poli eccentricity je uložených 12 hodnot excentricity v pořadí podle označených polí v matici L. Hodnoty jsou různé a jejich velikost je v rozmezí od 0,119 po 0,994. Pro obličejovou část se excentricita rovná hodnotě 0,62124.

Hodnotu je možné určit také výpočtem z výše uvedeného vzorce, pokud vezmeme v úvahu že obličej je podobný elipse. Při dosazení teoretických hodnot do vzorce se hodnota excentricity rovná hodnotě blížíící se velikosti 0,7. Po několika cvičných měřeních jsme zvolili velikost rozmezí od 0,4 do velikosti 0,91. Na obrázku č. 15 je možné vidět, jak tato funkce pracuje na zvoleném snímku. Excentricita je měřena na snímku který již prošel mediánovou filtrací



obr.č.15 –využití nastavení eccentricity

3.6.2 Nastavení FieldImage

U tohoto nastavení, jak již bylo výše v teoretickém rozboru popsáno pracujeme s hlavním polem obrazu. Na obrázku č.16 je vidět jak daná funkce pracuje. Při srovnání s obrázkem č.15 je vidět že v poli s obličejem odstraní nulová pole. Při použití této funkce jako samostatné funkce je nutné, aby pole v obraze bylo pouze jedno. Pokud je na binárním snímku více jak jedno pole, tak tato funkce není použitelná samostatně, ale například s použitím funkce for, pomocí níž v cyklu, jehož hodnota bude rovna počtu polí v obraze, odstraníme ze všech jedničkových polí v obraze nulové hodnoty(díry).



obr.č.16 –využití nastavení FieldImage

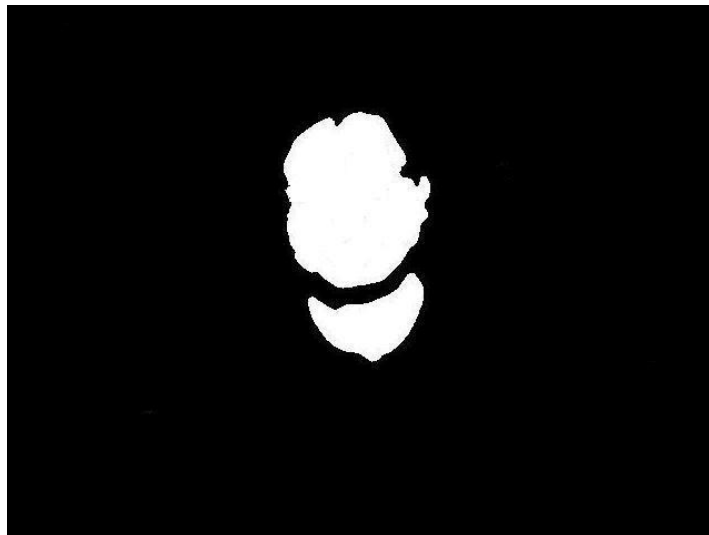
Výstupem této funkce je tudíž x polí, kde hodnota x odpovídá počtů regionů v obraze.

3.6.3 Nastavení Solidity

U tohoto nastavení se filtrace provádí podobným způsobem jako u nastavení eccentricity. Hodnota konvexnosti obličeje se pohybuje v rozmezí od 0,65 až do hodnoty 0,95. Průměrná hodnota konvexnosti obličeje je 0,8. Tyto meze jsou použity i v programu. Pomocí nastavení solidity odstraníme ty části obrazu, které nespádají do mezí nastavení solidity.

3.7 POUŽITÍ FUNKCE ISMEMBER

Pomocí této funkce je možné celý detekovaný vyčistit od samostatných pixelů. Odstraní ty jedničková pole, které nebyly odstraněny výše uvedenými filtracemi. Stejným způsobem je možné v obraze odstranit i ty části, které v obličejové části tvoří díry (nulové plochy). Musíme však obraz invertovat, protože funkce Ismember pracuje pouze s true poli.



obr.č.17 –výstupní snímek po použití Ismember

3.8 VYKRESLENÍ KŮŽE DO BINÁRNÍHO OBRAZU



obr.č.18 –Výsledný obraz

4. DETEKCE OBLIČEJOVÝCH PŘÍZNAKŮ V OBRAZE

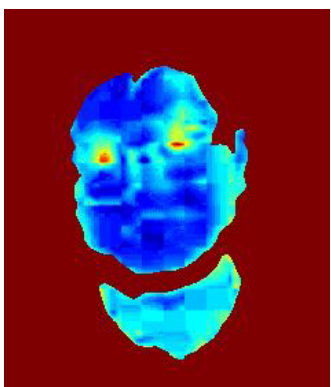
4.1 DETEKCE OČÍ V OBRAZE

Po vykreslení snímku do výstupního binárního pole (na místa v binárním obraze jejichž hodnota odpovídá logické 1 dosadíme hodnoty originálního obrazu a logické 0 nenahrazujeme). Po vykreslení, jak je vidět na obrázku č. 18, máme kompletní obličej bez nulových polí v obličejové části. S tímto snímkem pracujeme při detekci očí a úst v obraze. Na základě předpokladu, že barva bělma a zornice je téměř u všech lidí podobná, tak vyhledávání je stavíme na tomto předpokladu.

Při detekci pracujeme s barevnou mapou [3] pojmenovanou EYE.

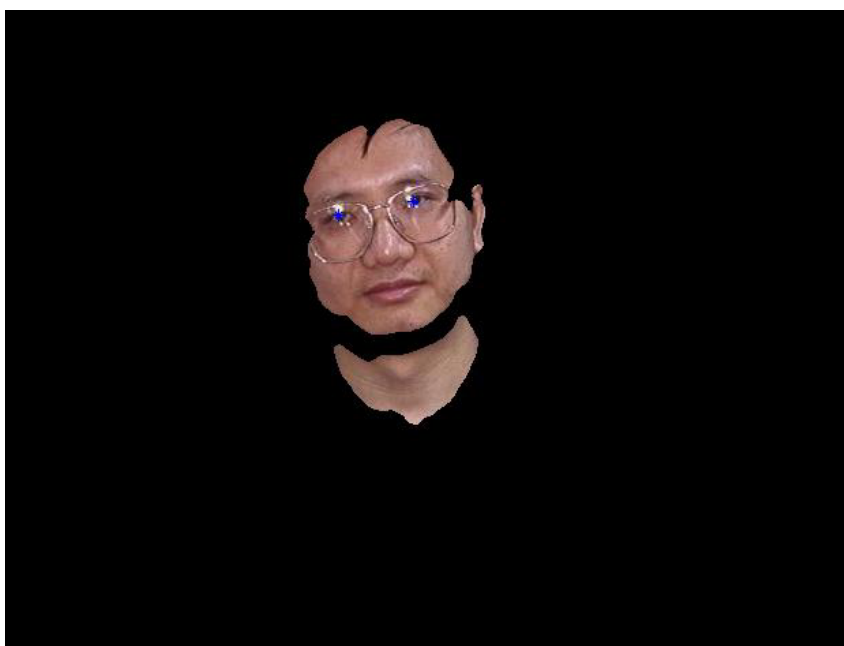
$$EYE = \frac{1}{3} \cdot \{(C_b^2) + (\hat{C}_r^2) + (C_b / C_r)\}$$

kde C_b^2 , \hat{C}_r^2 a C_b/C_r jsou normalizované v rozmezí [0,255] a \hat{C}_r je negativní hodnota C_r (255- C_r). Na obrázku č. 19 je možné vidět obraz po použití masky EYE. Hodnoty prostoru očí jsou v použití masky EYE výrazně červené. Číselná hodnota této výrazné barvy je od hodnoty 19000 výše. Po použití masky je třeba obraz vykreslit do binárního pole abychom jej mohli dále upravovat a filtrovat. Binární obraz vytvoříme pomocí cyklu kde porovnáváme velikosti bodů. Jestliže hodnota bodu je nižší než 19000 je tento pixel nulován, ostatní pixely mají hodnotu logické 1. Výsledek jde vidět na obrázku č. 19. Použijeme opět filtraci eccentricity. Velikost excentricity je udána v rozmezí 0,35 až 0,9. Z toho vyplývá, že pole s jinou excentricitou než je hodnota v rozmezí nejsou ve výsledném obraze vykresleny.



obr.č.19 –Obraz po použití masky EYE a vyfiltrované binárního pole

Přibližné středy očí jsou potom vyznačeny pomocí funkce centroid. Ta určí středy binárních polí v obrazu. Výsledný snímek je zobrazen na obrázku č. 20.



obr.č.20 –Výsledný obraz s vyznačenými středy očí

4.2 DETEKCE ÚST V OBRAZE

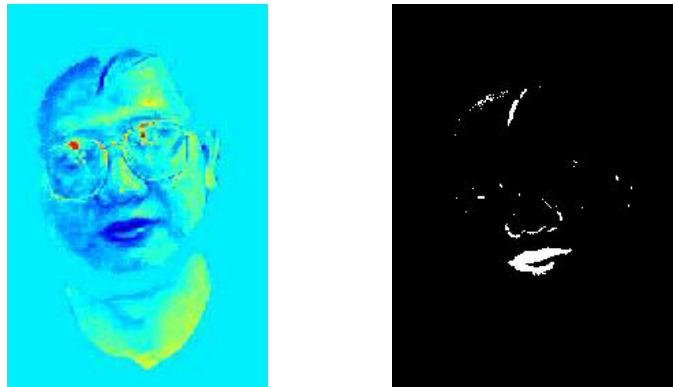
U některých lidí je barevný kontrast mezi rty a kůží velice nízký a vlastní nalezení oblasti rtů je pak více obtížné. Z pohledu nalezení rtů jsou pro rozpoznávání nejvhodnějšími objekty ženy, které si často barvu rtů zvýrazňují rtěnkou, takže následná detekce na základě vyhledání červené barvy je jednoduchá.

I v tomto případě pracujeme se snímkem, který vykresluje pouze výsledný obraz po provedené detekci obličejů, abychom zamezili chybným detekcím rtů (nápis na tričku, sytě červená věc v pozadí snímku). Detekce se tímto způsobem zrychlí, protože při zpracování se nebude pracovat s celým snímkem, ale jen s jeho částí. Při detekci úst je práce prováděna s barevným modelem RGB. Vycházíme z toho, že ústa obsahují velké množství červené barvy, nízkou hodnotu modré a zelené barvy (střední hodnota u barevného histogramu je červené barvy větší než 130, modré a zelené barvy je v rozmezí 70-90).

Pro detekci úst se v programu využívá barevné transformace [4] získané pomocí Fisherovy lineární diskriminační analýzy v této práci pojmenované FLDA.

$$FLDA = [-0,289 \quad 0,379 \quad 0,038] \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Na obrázku č. 21 jsou zobrazeny jak výsledky barevné transformace FLDA, ale i následný převod do binární masky. Hodnota pixelů úst je po transformaci v rozmezí -13 do hodnoty -7. Postup pro tvorbu binární masky je ten, že hodnoty které jsou menší než -7 vykreslíme (log, hodnota 1). Zbylé pixely budou v binární masce nulové.



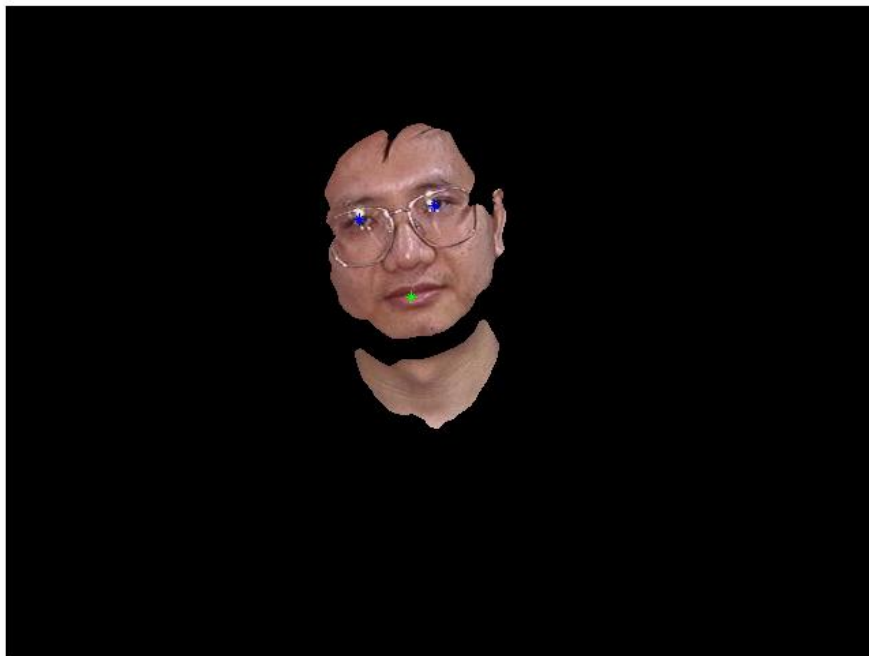
obr.č.21 –Obráz po použití barevné transformace FLDA a převod do binárního pole

Pro filtraci obrazu je použita mediánová filtrace a dvě nastavení funkce regionprops(area a eccentricity). Pomocí těchto funkcí je binární obraz vyfiltrován do výsledné podoby, jak je vidět na obrázku č. 22. Po použití funkce centroid můžeme opět, stejně jako v případě detekce očí, určit přibližný střed úst snímaného člověka(lidí).



obr.č.22 –Vyfiltrovaný binární obraz, použití funkce Centroid

Na výstupním obrazu je vykreslen pouze obličej a vyznačenými pravděpodobnými středy očí a úst. Tento výstupní obraz je možné vidět na obrázku číslo 23.



obr.č.23 –Výstupní obraz programu

5. ZÁVĚR

V této práci jsme se zabývali metodami detekce kůže v komplexním pozadí a metodami následného zpracování obrazu. Detekce kůže v obrazu je prováděna určením maximálních a minimálních hodnot mezí barevných modelů. Mezní hodnoty jsou vybírány ze šablony, která obsahuje pouze části lidského obličeje (v práci pojmenována index). Způsob detekce kůže založený na porovnávání barevných vzorků lidské pokožky je považován za velmi přesný a výpočetně nenáročný. Další věcí, která je v práci popsána je filtrace a vyčištění detekovaného snímku pomocí různých funkcí (excentricita, konvexnost). Cílem použitých funkcí je na základě předpokladů o lidské tváři (elipsovité tvar obličeje, konvexnost obličeje, atd.) nalézt v binárním obraze vzniklém po detekci to pole, jehož tvar velmi připomíná lidskou tvář.

Tato práce navazuje na semestrální projekt, ve kterém byla problematika detekce kůže probrána teoreticky a byl vytvořen jednoduchý program, který detekoval lidskou kůži v obraze. V bakalářské práci je detekce probrána více do hloubky a je zde kladen velký důraz na již zmiňovanou filtraci a detekci jen obličejové části.

Program byl dále doplněn o algoritmus, který v detekovaném obličejí nalezne obličejové příznaky (oči, ústa).

Při testování detekce obličeje bylo dosaženo úspěšnosti 80% a při detekci obličejových příznaků 60%.

Příčinou nízké hodnoty úspěšnosti detekce příznaků bylo např. nenalezení úst z důvodu nízké hodnoty červené u rtů detekovaného jedince a přivřené nebo zavřené oči při detekci očí. Použitím dalších masek pro detekci bychom mohli předejít problémům s nalezením úst a očí.

6. LITERATURA

[1] Face recognition. Internetové stránky: < <http://www.face-rec.org/> >

[2] HUJKA, P. Nová segmentační metoda, principem založená na Gaussově rozdělovací funkci a její aplikace na segmentaci lidské kůže. *Elektrorevue* [online]. 22. 12.2005, Dostupné na WWW:
< <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05054/index.html> >

[3] P. Campadelli, F. Cusmai, and R. Lanzarotti, A Color-Based Method for Face Detection, *Proceedings of the International Symposium on Telecommunications (IST2003)*, August 2003, pp. 186-190

[4] Chaloupka, J., Rozpoznávání akustického signálu řeči s podporou vizuální informace, *disertační práce Technická univerzita v Liberci*, 2005.

[5] Wikipedia. Internetové stránky: < <http://www.wikipedia.com/> >

[6] JAN, J. Číslíková filtrace, analýza a restaurace signálů: VUT Brno

[7] VLACH, J., PŘINOSIL, J. Lokalizace obličeje v obraze s komplexním pozadím. *Elektrorevue* [online]. 11. 04. 2007. Dostupné na WWW:
< <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/zpracovani-signalu/0/lokalizace-obliceje-v-obraze-s-komplexnim/> >

[8] Image Processing Fundamentals

Internetové stránky: <

<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip.html> >

[9] Ara. V. Nefian, Georgia Tech face database

Internetové stránky: < http://www.anefian.com/face_reco.htm >

[10] ZAPLETALÍK, K., DOŇAR, B., Matlab pro začátečníky (2. vydání)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Tabulka hodnot použitých pro filtraci

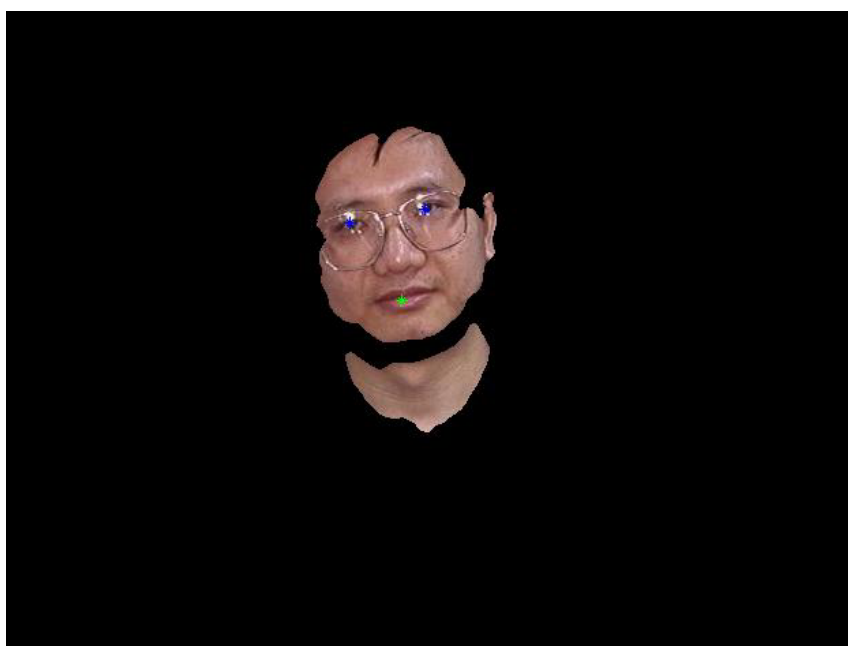
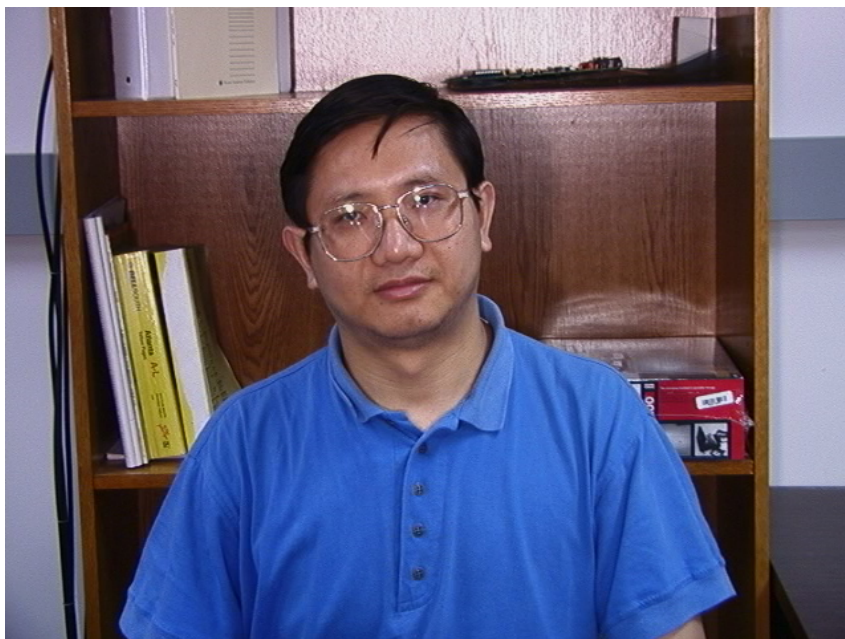
Příloha 2 Vstupní a výstupní snímky

Příloha 1

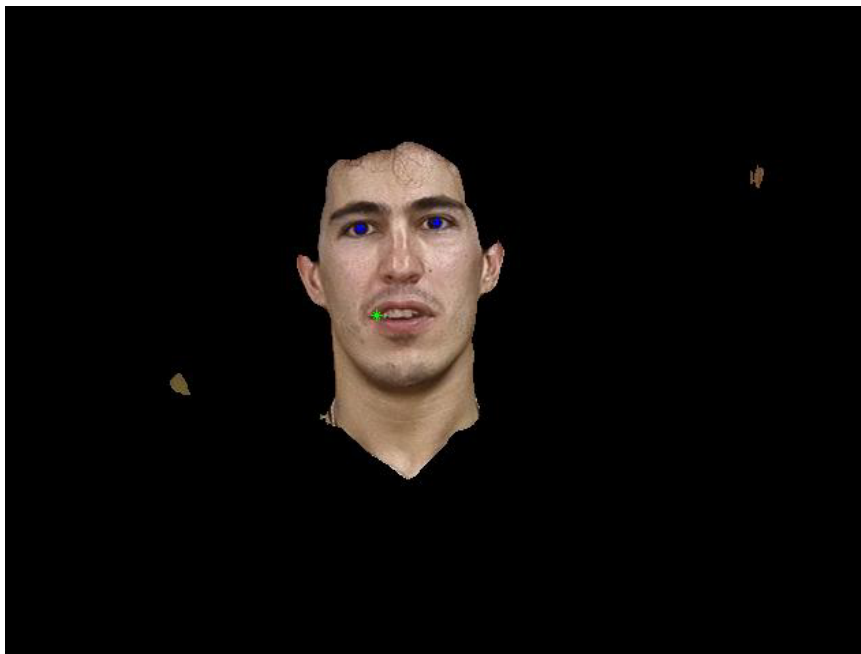
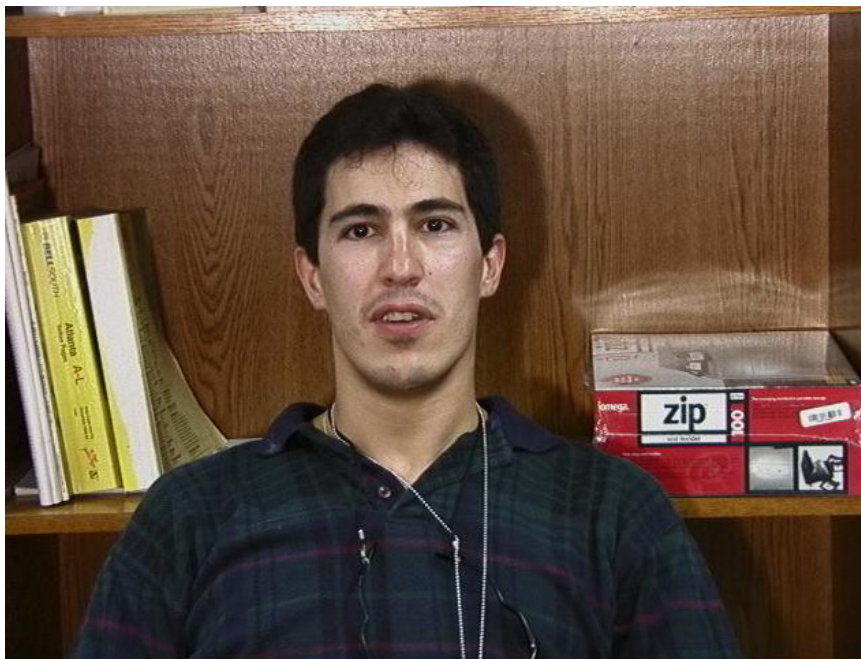
Část	Hodnota	Excentricita	Solidity
Tvář	min. hodnota	0,4	0,65
	max. hodnota	0,91	0,95
	průměr	0,655	0,8
Oči	min. hodnota	0,35	–
	max. hodnota	0,91	
	průměr	0,63	
Ústa	min. hodnota	0,2	–
	max. hodnota	0,935	
	průměr	0,56	

Tabulka hodnot použitých funkcí regionprops pro filtraci

Příloha 2



Vstupní a výstupní snímky



Vstupní a výstupní snímky