

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

VYTVOŘENÍ DATABÁZE GESTIKULACÍ OBLIČEJŮ A  
PROVEDENÍ EXPERIMENTŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

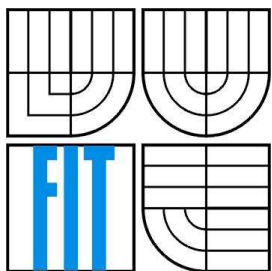
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARCELA MAREŠOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

## VYTVÁŘENÍ DATABÁZE GESTIKULACÍ OBLIČEJŮ A PROVEDENÍ EXPERIMENTŮ

CREATION OF THE DATABASE WITH DIFFERENT FACE GESTURES AND REALIZATION OF  
EXPERIMENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARCELA MAREŠOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN DRAHANSKÝ, PhD.

BRNO 2008

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá metodami používanými v nástrojích pro rozpoznávání osob podle obličejů. Zaměřuje se na faktor změny výrazu obličeje, který tento proces ovlivňuje. Zabývá se tvorbou databáze gestikulací pro testování toho faktoru. Další část práce popisuje tvorbu různých snímků gestikulací obličejů pomocí softwarového nástroje a testování. Z experimentů popsanych v této práci vyplývají závěry, které hodnotí závažnost tohoto problému a navrhují jeho řešení.

## **Klíčová slova**

rozpoznávání obličejů, databáze gestikulací obličejů, FilterFace Xpress, VeriLook, Faint

## **Abstract**

This paper describes methods used in tools for recognition persons by faces. (face recognition). It focuses on change of face expression factor, which influence this process. This paper deals with creation of the database with different face gestures for testing recognition of faces affected by this factor. Next part was creation pictures of different face gestures by the help of software and their tests. Conclusions of the experiment mentioned in this paper reflect weightiness of this problem and suggests possible resolution.

## **Keywords**

face recognition, database with diferent face gestures, FilterFace Xpress, VeriLook, Faint

## **Citace**

Marcela Marešová: Vytvoření databáze gestikulací obličejů a provedení experimentů, bakalářská práce, Brno, FIT VUT, v Brně 2008

# Vytvoření databáze gestikulací obličejů a provedení experimentů

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Drahanského, PhD.

Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

.....  
Marcela Marešová  
9. května 2008

## Poděkování

Děkuji za odbornou pomoc i veškeré rady svému vedoucímu práce, panu Ing. Martinu Drahanskému, PhD. Dále děkuji tatínkovi za pomoc při fotografování a všem, kteří se pro tuto práci nechali vyfotit, a nakonec děkuji Pájovi za jeho obrovskou podporu.

© Marcela Marešová, 2008.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*

# Obsah

Obsah .....	1
1 Úvod .....	3
2 Rozpoznávání lidských obličejů .....	5
2.1 Aplikace technologie .....	5
2.2 Obecný princip .....	5
2.3 Ovlivňující faktory .....	6
2.4 Postup při automatickém rozpoznávání .....	6
2.4.1 Detekce obličeje v obraze .....	7
2.4.2 Identifikace jednotlivých částí obličeje .....	10
2.4.3 Rozpoznávání charakteristických vlastností a proces identifikace .....	11
2.5 Rozpoznávání pomocí termogramu .....	12
3 Metody rozpoznávání výrazu obličeje .....	13
4 Databáze obličejů.....	14
4.1 Databáze barevných snímků FERET, USA .....	14
4.2 Databáze tváří YALE .....	14
4.3 BANCA Database .....	15
5 Fotografování snímků databáze .....	16
5.1 Použitá technika a parametry snímků .....	16
5.1.1 Princip digitální fotografie a důležité faktory, které ji ovlivňují .....	17
5.2 Softwarová úprava snímků .....	18
6 Vytváření nových snímků databáze pomocí nástroje FilterFace Xpress .....	19
6.1 Program FilterFace Xpress .....	19
6.2 Vytváření snímků s novými výrazy obličeje .....	20
6.3 Úprava snímků s gestikulací na snímky s neutrálním výrazem .....	21
7 Provedení experimentů .....	22
7.1 Nástroje pro rozpoznávání osob podle tváří .....	22
7.1.1 Nástroj VeriLook .....	22
7.1.2 Nástroj Faint .....	23
7.2 Testování úspěšnosti rozpoznávání originálních snímků .....	24
7.2.1 Zhodnocení výsledků rozpoznávání originálních výrazů.....	25
7.3 Experimenty se snímky se softwarově vytvořenou gestikulací .....	26
7.3.1 Zhodnocení výsledků testů rozpoznávání snímků se softwarově vytvořenou gestikulací. .	27
7.4 Experimenty s výrazy upravenými na neutrální výraz .....	28

7.4.1 Zhodnocení testů rozpoznávání obličejů s výrazy upravenými na neutrální výraz.....	28
8 Závěr .....	30
Literatura .....	32
Seznam příloh .....	34

# 1 Úvod

Zpracování obrazu lidského obličeje se v posledních letech těší stále větší pozornosti v oblasti výzkumu biometrických systémů. Biometrie je oblast zabývající se metodami rozpoznávání fyzikálních charakteristik živé osoby. Biometrické metody vycházejí z přesvědčení, že určité fyzikální charakteristiky jsou pro každého živého člověka jednoznačné a neměnné. Biometrické systémy pak mají obecně za úkol danou osobu jednoznačně identifikovat, určit její totožnost, nebo verifikovat, ověřit její totožnost.

Rozpoznávání osoby podle obrazu obličeje má oproti ostatním biometrickým metodám obrovskou výhodu v tom, že je pro člověka naprosto přirozené a nevyžaduje žádnou speciální spolupráci s identifikovanou osobou. Jistě i z psychologického hlediska je pro uživatele přijatelnější odevzdat fotografii svého obličeje než např. otisk prstu nebo dokonce vzorek DNA. V některých situacích je také nežádoucí, aby snímaná osoba o existenci biometrického zařízení věděla. Avšak v případech, kdy osoba spolupracuje (nachází se ve vhodné vzdálenosti, dívá se přímo do snímacího zařízení a tváří se neutrálně), bývá dosahováno lepších výsledků.

Výsledky procesu rozpoznávání jsou velmi často závislé na nejrůznějších ovlivňujících faktorech, jako např. způsob osvětlení, natočení obličeje ve scéně, neuniformním pozadí a v neposlední řadě výraz obličeje rozpoznávané osoby. Jak velkou roli právě hrají gestikulace obličeje v těchto biometrických procesech, jaký vliv mají softwarové úpravy výrazu a jaké činnosti by mohly proces rozpoznávání zefektivnit? To jsou otázky, které by se měla snažit tato práce objasnit.

První část práce se zaměřuje na metody rozpoznávání lidských obličejů. V kapitole číslo 2 je popisován obecný princip při automatickém rozpoznávání osoby, jednotlivé části procesu a různé metody, jeho využití v praxi i faktory, které proces ovlivňují nebo znemožňují. Na konci kapitoly je uvedena alternativní metoda fungující na principu termografie.

Ve třetí kapitole se zmiňují o metodách, které umí rozpoznat základní výrazy lidského obličeje buď na základě pohybu jednotlivých svalů v obličeji, nebo statického vyhledávání typických prvků pomocí filtrů.

Kapitola číslo čtyři se zaměřuje na databáze snímků vzniklých za účelem testování algoritmů pro rozpoznávání lidských obličejů. Většinou obsahují snímky osob v různých podmínkách, které mohou nastat, avšak proces rozpoznávání komplikují. V této kapitole jsou představeny 3 databáze, které se dnes řadí mezi standardy pro testování algoritmů.

Následující části této práce se zabývají již samotným vytvářením databáze gestikulací obličejů osob, vznikem nových snímků pomocí nástroje FilterFace Xpress a prováděním experimentů. V kapitole číslo pět je popsán proces fotografování osob a parametry fotografie, které v tomto procesu

hrály důležitou roli. Tato sada snímků měla za úkol prověřit, jaký vliv mají gestikulace obličejů při procesu rozpoznávání osob.

Následující, šestá kapitola si klade za cíl popsat postup při vytváření nových sad snímků s obličejovými výrazy, i snímků s potlačením znaků jednotlivých výrazů tak, aby se co nejvíce přiblížily neutrálnímu výrazu. Dále pak popisuje používaný softwarový nástroj FilterFace Xpress. Testy s těmito snímky by měly ukázat, jakou roli hrají softwarové úpravy výrazu obličeje v procesu rozpoznávání osob podle obličejů a zda jsou tyto změny adekvátní skutečným fyziologickým změnám obličeje. Je zde ověřována i možnost zlepšení výsledku tohoto procesu pomocí softwarové úpravy snímku obličeje na neutrální výraz.

Experimenty s rozpoznáváním osob v jednotlivých skupinách snímků byly prováděny pomocí programů VeriLook a Faint, které jsou popsány na začátku kapitoly sedm. Výsledky těchto testů jsou zhodnoceny v následující části této kapitoly.



## 2 Rozpoznávání lidských obličejů

Rozpoznávání lidských obličejů je z hlediska sociologického nejpřirozenější a nejčastěji používaný způsob identifikace určité osoby. Přestože je rozpoznání obličeje pro lidský mozek triviální úkol, pro počítačové systémy není automatické rozpoznávání obličeje jednoduchá záležitost. Výzkumné aktivity proto v posledních letech v tomto oboru velmi narostly a tato oblast se stala jednou z nejvýznamnějších oblastí biometrie.

Přestože existuje mnoho jiných spolehlivějších metod pro identifikaci osob (např. porovnávání otisků prstů, snímání sítnice), výhodou této metody zůstává její bezkontaktnost s identifikovanou osobou, i to že nevyžaduje spolupráci s uživatelem.

### 2.1 Aplikace technologie

Rozpoznávání lidských obličejů má v dnešní době stále širší využití. Policie využívá řadu metod pro zjištění totožnosti zájmové osoby, a to zejména v případech pohřešovaných osob, nalezených lidských pozůstatků nebo pachatelů trestné činnosti. Dále se ukazuje, že se rozpoznávání obličejů bude řadit mezi běžně používané technologie pro zajištění systémů primárních rizik. Metody je totiž možné využít i v případech, kdy uživatel není ochoten dobrovolně přistoupit ke snímacímu zařízení nebo ani nechceme, aby o jeho existenci věděl. Je tedy možné metody využít při detekci osob na akcích s velkým počtem návštěvníků nebo na letištích.

Do budoucna se počítá i s uplatněním této technologie např. v docházkových systémech do zaměstnání či přístupech do počítačových sítí. V tomto případě se ale nejedná o proces identifikace, ale verifikace dotyčné osoby. Zatím se však tyto systémy vyznačují poměrně velkou chybovostí.

### 2.2 Obecný princip

Prvním úkolem při rozpoznávání lidských obličejů je vyhledání obličeje nebo obličejů ve scéně. Vlastní rozpoznávání obličeje je založeno na srovnání klíčových vlastností obrazu sejmutého kamerou nebo fotoaparátem s charakteristikami obrazu uložených v databázi. K jednoznačné identifikaci většinou slouží tvar obličeje a poloha opticky významných míst ve tváři (oči, nos, ústa, obočí). Obraz pak často nebývá uložen jako matice jasových hodnot, ale většinou je diskriminován nějakou funkcí, která snižuje redundanci dat. Tato funkce je závislá na použité metodě rozpoznávání. Tyto metody bývají nejčastěji založeny na technikách numerického modelování - Fourierův popis, kruhové harmonické expanze, autoregresivní modely a momentové invariance, které využívají globálních obrazových informací [7].

Technologie rozpoznávání obličeje můžeme rozdělit do několika skupin. Jsou to 2D technologie, 3D technologie nebo termogram obličeje. Jiným možným pohledem na danou problematiku může být dělení na strukturální a holistický přístup. Strukturální přístup je metoda, při které se vyhledávají dominantní části obličeje, změří se antropologické veličiny, normalizují se vzhledem k rušivým vlivům a následně se porovnávají s databází pomocí klasifikačních algoritmů. U holistického přístupu dochází k porovnávání pomocí globálních reprezentací obličeje a následnému statistickému vyhodnocování.

## 2.3 Ovlivňující faktory

Lidský obličej je trojrozměrný objekt osvětlený z různých úhlů několika světelnými zdroji, obklopený různými objekty a vzory na pozadí. Mezi faktory, které komplikují zejména automatizovaný proces rozpoznávání lidských tváří, proto patří proměnlivost kvalitativních vlastností obrazu - rozostření, šum, špatná expozice, zkreslení nebo nízké rozlišení obrazu. Dalším důležitým faktorem může být různé osvětlení – čelní nebo boční, různé barvy světla a následné vytváření stínů v obličeji či různé zbarvení lidské pokožky. Dále sledujeme geometrické umístění osoby v obraze - její natočení či přiblížení vůči kameře ve scéně. Další důležitou kategorií ovlivňujících faktorů jsou morfologické změny obličeje - emoční výrazy, mimika obličeje, stárnutí nebo zranění a v neposlední řadě i různá „přestrojení“ - čepice či vousy, zakrývající části obličeje nebo make-up měnící např. barvu pokožky nebo zakrývající vrásky.



Obr. 1: Stíny a mimika v obličeji.

Na obrázku 1 jsou uvedeny příklady faktorů, které mohou ovlivňovat výsledky metod pro identifikaci osoby, a to nerovnoměrné osvětlení obličeje a emoční výrazy, které mění tvar úst a očí.

## 2.4 Postup při automatickém rozpoznávání

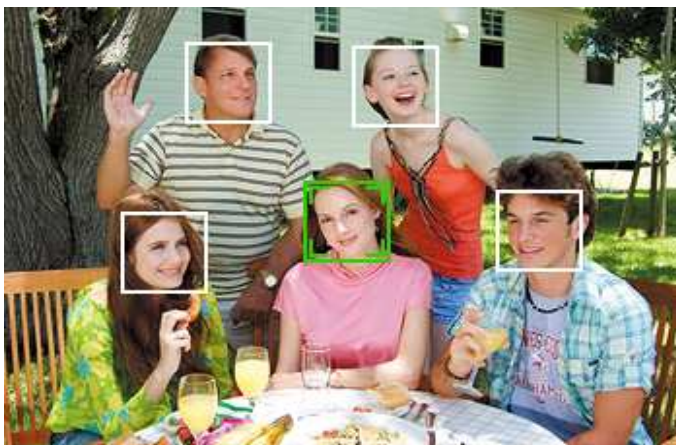
Obecný proces při automatickém rozpoznávání obličejů můžeme rozdělit do tří kroků – detekce obličeje, detekce jednotlivých částí obličeje a vlastní rozpoznávání.

## 2.4.1 Detekce obličeje v obraze

Detekce hranice hlavy bývá zpravidla prvním krokem v systémech rozpoznávání lidských obličejů, slouží k vymezení těch objektů v obraze, které vykazují rysy lidského obličeje, a vyloučení nepotřebných objektů ve scéně. Je to důležitá fáze předzpracování celého automatického systému pro rozpoznávání obličeje. Taková extrakce je nutná, protože většina algoritmů pro rozpoznávání obličeje předpokládá, že umístění obličeje v obraze je známé.

Detekce obličeje je velmi ovlivněna proměnlivým osvětlením, obličej je totiž 3D objekt, na kterém mohou vznikat i velmi výrazné stíny, a proto bývá použití technologií převážně omezeno na vnitřní prostory, kde je osvětlení možno dobře regulovat. Umělé osvětlení však může prozradit přítomnost biometrického systému.

Obrázek č. 2 ukazuje příklad vyhledávání obličejových ploch ve snímku. Takových oblastí se může ve scéně nacházet hned několik. Některé tváře mohou být různě otočeny, osvětleny nebo částečně překryty jiným objektem, to proces vyhledávání značně komplikuje.



Obr. 2: Nalezení obličejových ploch ve snímku.

Konvenční metody pro detekci obličeje můžeme rozdělit do čtyř hlavních tříd: metody založené na znalostech, přístupy invariantní na rysech, porovnávání šablon a metody založené na vzhledu.

### Znalostní metody

Znalostní metody pracují na principu vyhledávání obličeje pomocí předem definovaných pravidel, která popisují lidskou tvář. Pravidla většinou obsahují vztahy mezi jednotlivými částmi obličeje, proto tato metoda často vyžaduje velmi precizní lokalizaci a popis právě těchto příznaků. Příkladem pravidla použitého ve znalostních metodách může být následující tvrzení: „Základ tváře je tvo-

řen objektem tvaru elipsy, v jeho horní polovině se nachází oči, pod nimi nos a pod ním ústa.“ Vztah mezi těmito rysy je pak vyjádřen v rozmezí vzdáleností.

Problém této metody je transformace lidských znalostí do formy pravidel. Musí existovat přiměřená tolerance, aby nebyly zavrhovány některé druhy tváří, ale zároveň nebyly za tvář označovány i neobličejové objekty. Dalším problémem degradujícím výsledky je natočení kamery vůči obličejí. Metoda je proto prakticky použitelná jen u obličejů s čelním pohledem.

Jako příklad metody fungující na těchto zákonitostech můžeme uvést např. hierarchickou „rule-based“ metodu, která nejprve na základě obecnějších pravidel prověří každé místo obrazu a takto vybrané možné „kandidáty“ dále zkoumá pomocí přesnějších pravidel.

### **Přístupy s invariancí rysů**

Přístupy s invariancí rysů hledají takové příznaky, které jsou přítomny dokonce i tehdy, když se mění póza, úhel pohledu nebo osvětlení. Tento přístup vychází z předpokladu, že člověk je schopný rozeznat tvář bez ohledu na natočení, a proto musí takovéto invariantní rysy existovat. Těmito rysy mohou být buď obličejové příznaky (např. oči nebo nos), obličejová textura či barva obličeje. Většina z metod pracujících na těchto principech využívá pro detekci obličejových rysů hranové detektory a následně ověřuje vztahy mezi těmito rysy. Problémem těchto algoritmů může být špatná extrakce rysů vlivem špatného osvětlení, pak je tato metoda dále nepoužitelná.

Mezi metody využívající pouze rysy tváře patří např. metoda hledající obličejové objekty na základě eliptického tvaru, metoda kuliček a proužků pro rozpoznávání očí a rtů z černobílých obrázků. Další využívané techniky jsou například extrakce rysů pomocí Gausiánových filtrů a rozhodování pomocí Bayesiánských sítí.

Jiné metody patřící do skupiny metod s invariancí rysů se zabývají vlastnostmi kůže, a to především její barvou. Barva kůže může mít sice nespočet odstínů, nicméně bylo dokázáno, že pro samotné rozpoznávání je důležitější intenzita barvy kůže než samotná barva.

Tento způsob segmentace vychází z existence souboru vzorů. V případě segmentace lidské kůže obsahuje tento soubor hodnoty obrazových bodů vzorků lidské kůže. Hodnotami obrazových bodů jsou myšleny hodnoty příslušných barevných deskriptorů, tedy například hodnoty intenzit R, G a B pro model RGB [8]. Použitelné jsou i techniky pracující pomocí histogramů obrázků, pravděpodobnostních funkcí nebo fuzzy modelů. To je výhodné z hlediska vyhledávání obličejů při různých úhlech pohledu či jejich částečném překrytí. Nevýhodou však může být neinvariance vůči různému osvětlení.

Metody s přístupy s invariancí rysů bývají snadné na implementaci a dosahují kvalitních výsledků.

## Srovnávání šablon

Srovnávání šablon funguje na základě hledání korelace obrazu s předem danými šablonami celého obličeje, či jeho částmi. Při porovnávání se nezávisle počítá míra korelace všech částí šablony a odpovídající části vstupního obrázku. Přítomnost či nepřítomnost obličeje je tedy posuzována na základě velikosti jednotlivých korelací. Pro tuto metodu je nutné mít předem připraveny a uloženy šablony, jejichž příprava může být pracná a časově náročná. Další nevýhodou je obtížná detekce obličejů různé velikosti a při různém natočení. Výhodou však zůstává jednoduchá implementace metody.

Jako metody patřící do této skupiny můžeme uvést např. metodu podšablon fungující na podobném hierarchickém principu jako „rule-base“, kvalitativní model obličeje (QMT - *Quality Measurement Technology*) založený na parametrickém modelu skládajícím se z více částí, které jsou porovnávány se vstupním obrazem, nebo skupinu metod deformačních šablon, které popisují celkový obrys obličeje i jeho lokální rysy, porovnávání pak probíhá na základě funkce energie odpovídajících si hran, vrcholů a prohlubní. Při porovnávání se mění parametry šablon tak, aby se dosáhlo výsledné energie nižší než je hraniční hodnota, tato oblast je pak prohlášena za obličejovou plochu.

## Metody založené na vzhledu

Poslední skupinou jsou metody založené na vzhledu. Modely obličeje jsou získány z trénovacích množin, které obsahují různé vzory tváří. Selektace pak probíhá na základě srovnávání částí obrazu s tímto modelem. Obecně tyto techniky spoléhají na metody statické analýzy a strojového učení. Naučené charakteristiky bývají uloženy ve formě distribučních modelů nebo funkcí, často založených na pravděpodobnostních modelech. Na obrázek nebo vektor rysů se pak díváme jako na proměnnou, u níž na základě klasifikátorů určujeme, zda patří nebo nepatří do třídy tváří. Jinou možností je hledání tzv. diskriminantů, což jsou funkce, které rozdělují objekty na třídu obličejů a třídu objektů, které nejsou obličejem.

První metodou, kterou můžeme zařadit do této skupiny, je metoda vlastní tváře, při které se obličeje zakódují do několika snímků s různou intenzitou. Po váhování se obrázky spojí do jednoho výsledného snímku, který se následně využívá pro další rozpoznávání. Jinou možností jsou metody založené na distribuci vzorů, pracujících na principu „naučení se“ obličejových a neobličejových vzorů v obraze. Třetí metodou jsou pak neuronové sítě, které jsou obecně úspěšně používány pro rozpoznávání objektů či vzorů v obraze. Výsledkem klasifikace neuronovými sítěmi je dvoutřídní rozhodování, zda obraz patří nebo nepatří do třídy obličejů. Neuronové sítě dokáží postihnout velkou množinu i odlišných vzorů. Jako poslední metodu této skupiny můžeme uvést tzv. skryté Markovovy modely (HMM – *Hidden Markov Model*), které předpokládají, že vzory mohou být definovány jako parametrické náhodné procesy, jejichž parametry mohou být přesně popsány. Model je pak formován ze skrytých stavů a následně učen pro pravděpodobnosti přechodu mezi třídami.

Všechny metody této skupiny jsou sice náročnější, protože vyžadují manuální spolupráci při učení, jsou však velmi výkonné a dosahují dobrých výsledků [15].

## 2.4.2 Identifikace jednotlivých částí obličeje

Identifikace jednotlivých částí obličeje je proces vhodný jak pro strukturální metody k dalšímu použití v biometrických metodách měření částí obličeje, tak v holistických metodách pro určení referenčního bodu v obraze.

### Detekce hranic obličeje

Detekce hranice obličeje můžeme charakterizovat jako proces zpracování ohraničeného prostoru v obraze definovaného jako objekt třídy obličej (hlava).

### Detekce očí

Obrysy očí jsou určovány pomocí poměrného umístění vzhledem k hranicím hlavy. Oči mají obecně stabilní strukturu a tvar skládající se z duhovky a víčka. Tento fakt nabízí možnost jejich modelování pomocí pevného vzoru (šablony), podobně jako u modelu hlavy. To se provádí skenováním. Pomocí rastru obličeje se provede prohledávací fáze v celém obraze.

Na obrázku číslo 3 můžeme vidět některé faktory jako např. nehomogenní pozadí, které komplikují proces detekce jednotlivých částí obličeje.



Obr.3: Chyby při detekci očí v obličeji.

## **Detekce úst**

Ústa mají velmi proměnnou formu, která určuje emoční vyjádření jednotlivce. Proto je pro vygenerování modelu úst zpravidla použit deformační model s hierarchickým adaptivním algoritmem. Běžné detektory hran nejsou schopny nalézt hrany takových přirozených útvarů, jako jsou např. ústa. Deformační modely jsou pro takové úlohy vhodné, protože mohou být specifikovány nastavením parametrů z apriorní znalosti tvaru objektu. Globální informace lokálních hran může být uspořádána do globálního vjemu, který spolehlivě určí umístění obrysu.

## **2.4.3 Rozpoznávání charakteristických vlastností a proces identifikace**

Rozpoznávání obličeje zahrnuje úlohy jak identifikace, tak verifikace. Identifikace osoby podle obličeje je využitelná např. pro zjištění totožnosti dané osoby, verifikace pak pro přístup do chráněného objektu, počítačové sítě či pro docházkový systém do zaměstnání. Rozpoznávání obličeje zahrnuje porovnávání rysů na základě databází a metrik pro zjišťování podobnosti. Obrazy obličejů jsou často reprezentovány jako vektory rysů v určitém prostoru (tzn. obraz může být reprezentován jako bod ve vícerozměrném prostoru).

### **Metody využívající geometrické rysy obličeje**

První skupinou splňující tyto požadavky jsou algoritmy založené na normalizaci a měření biometrických veličin. Jsou to metody využívající rysy, které detekují geometrické vlastnosti obličeje (hraniční body očí a úst, poloha nosu, hraniční body obočí apod.). Při rozpoznávání obličejů se pak jako deskriptory používají vzdálenosti a úhly mezi body daného rysu, tyto vlastnosti se nazývají antropologické rysy. Výkonnost těchto metod je závislá na přesnosti algoritmu lokalizující rysy. Nelze však jednoznačně určit při jakém množství porovnávaných rysů dosahuje algoritmus nejlepších výsledků. Nelze ani jednoznačně říci, které rysy jsou nejvíce důležité. Výhodou této metody je použitelnost i u obrazů s velmi malým rozlišením (např. 8×6 pixelů).

### **Metody založené na vzhledu**

Novější metody, vznikající v devadesátých letech, jsou založeny na vzhledu a patří do skupiny holistických metod. Pro stanovení globálních reprezentací obličeje se využívají buď momenty obrazové funkce nebo častěji Bavorovův filtr a wavelety ke zkoumání okolí množiny vybraných bodů obličeje a normalizaci globálních reprezentací vůči rušivým vlivům.

## **Proces identifikace**

Proces identifikace se provádí porovnáním se vzorem známých fotografií. První možností jsou statistické metody pravděpodobnosti za použití klasifikačních algoritmů. Jiným přístupem je vyhodnocování významných reprezentací zkoumaného obrazu pro přiřazení nebo seřídění množiny fotografií známých osob. Nalezené záznamy v databázi bývají řazeny v pořadí od záznamu s největší pravděpodobnosti shody k nejmenší. Tyto algoritmy projektují obraz do podprostoru a hledají nejbližší vzor.

Jako výsledek procesu je pak určena jedna vyhovující osoba nebo skupina více osob, u kterých se udávají pravděpodobnostní shody.

## **2.5 Rozpoznávání pomocí termogramu**

Identifikace na základě termogramu eliminuje některé problémy výše uvedených metod, jako je například špatné osvětlení, stíny, šum a podobně. Metoda je však naopak závislá na vzdálenosti od kamery, vlhkosti vzduchu a na teplotě okolí.

U termogramu obličeje se pak podobně jako u klasických metod zpracování identifikují pozice charakteristických částí obličeje jako je nos, ústa a oči. Snímek se pak následně transformuje tak, aby se charakteristické prvky překrývaly se vzorem a porovná se, jak spolu korespondují tepelná záření jednotlivých ploch. Tepelné vyzařování je pro člověka charakteristické a je dáno strukturou krevního oběhu, prokrvením jednotlivých částí obličeje, dále silou a typem kůže.



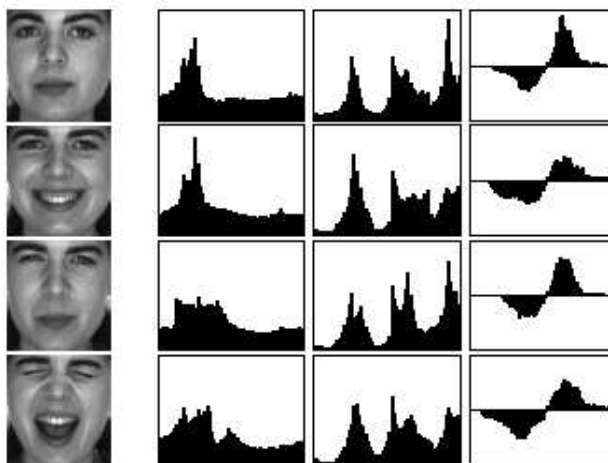
### 3 Metody rozpoznávání výrazu obličeje

Cílem metod zaměřujících se na rozpoznávání výrazu lidského obličeje bylo nejprve vytvořit vhodné kódování, které bude více odpovídat detailům a citlivosti na dynamiku obličeje a kategorizovat použití šablon pro změny výrazu. Výrazy nejsou v obličeji zpravidla lokální záležitostí, ale postihují celý obličej. Některé oblasti jako ústa nebo oči však vykazují větší změny než např. líce nebo nos.

První skupinou metod jsou metody pracující s videosekvencí a tedy i časovými změnami výrazu obličeje. Používá se zaznamenaný časový průběh pohybu svalů během výrazu. Metody nejdříve vyhledají oči, ústa a nos a vytvoří obličejovou síť. Jakmile je nalezena obličejová síť, může dojít k vytvoření svalových oblastí, pro 36 svalových modelů je to 80 svalových oblastí. Pro parametrizaci výrazů tváře se používá tzv. Kalmanův filtr [9]. Prostorové šablonování může zachytit současně pohyb přes celou tvář a reprezentovat detailní čas trvání svalové aktivace.

Jako příklad můžeme uvést metody „*Facial muscle actuation templates*“ (Ovládání šablony svaly obličeje) a „*Motion energy templates*“ (Šablona energie pohybu) [2].

Ovládání šablony obličeje pracuje tak, že normalizuje časový interval výrazu. Pro každý sval měří vrcholovou hodnotu po dobu od aktivace po uvolnění, výsledek použije jako šablonu pro rozpoznávání. Šablony energie pohybu rozdělují tvář na určité oblasti, u nichž sledují míru pohybu v čase pro jednotlivé výrazy.



Obr. 4: Metoda pracující pomocí funkce Gausianových derivací a s Graberových waveltů [12].

Na obrázku 4 je ukázána další metoda, která pracuje na základě funkcí Gausianových derivací a Graberových waveltů. Příklad ukazuje čtyři výrazy lidské tváře, ve druhém a třetím sloupci je zobrazen standardizovaný tvarový index a orientační histogram. V posledním sloupci je odezva distribuce Gaborova filtru [5].

## 4 Databáze obličejů

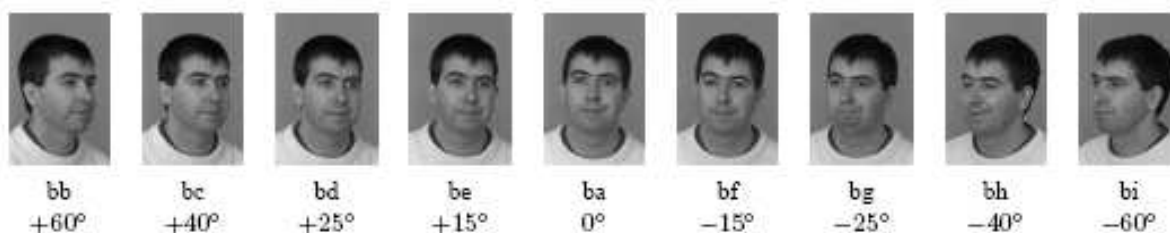
Pro vytvořené algoritmy se doporučuje použít k testování standardně vytvořený set, aby bylo možné následně porovnávat výsledky, přitom je vhodné vybrat databázi v závislosti na tom, jakou úlohu chceme u algoritmu testovat. Na základě toho je pak vhodné vybrat soubor dat specifických vlastností a sledovat např. jak se algoritmus chová při různých změnách osvětlení nebo s obrazy různých obličejových výrazů.

Jiný případ však nastává, pokud chceme použít databázi jako třídu obrázků pro učení algoritmu, jako např. metoda LDA *Linear Discriminant Analysis* [1], pak je vhodnější použít databázi s obrázky ne jednostranně specifických vlastností.

V následujících kapitolách budou jako příklad popsány některé databáze používané k testování ve výzkumech.

### 4.1 Databáze barevných snímků FERET, USA

Databáze FERET [14] je de-facto standard pro hodnocení systémů rozpoznávání obličejů. *The Face Recognition Technology* (FERET) je řízen *Defense Advanced Research Agency* (DARPA) a *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Program FERET měl za cíl vytvořit velkou databázi obličejových obrazů, které byly shromážděny od nezávislých vývojářů algoritmů. Vedením projektu sbírání snímků databáze byl pověřen Dr. Harry Wechsler z George Maron University. Kolekce obrázků vznikala mezi prosincem 1993 a srpnem 1996. V roce 2003 byla vydána 24-bitová barevná verze těchto obrázků. Testovací soubor obsahuje 2 413 snímků obličejů 856 jedinců.

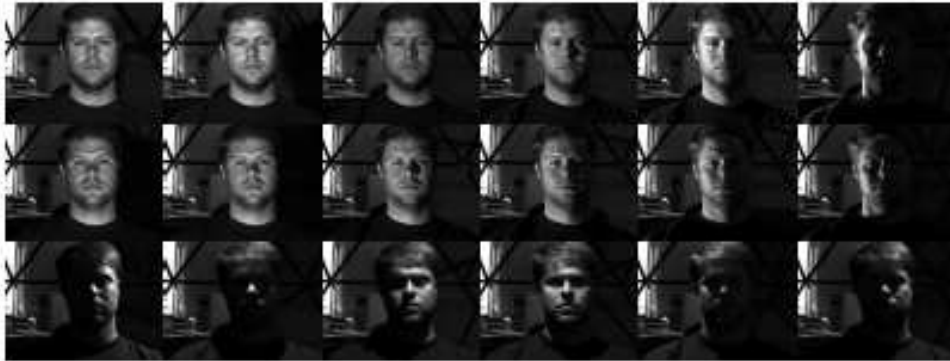


Obr.5: Ukázka z databáze FERET demonstrující změny pólů [6].

### 4.2 Databáze tváří YALE

*Yale Face Database* [16] obsahuje 165 černobílých obrázků 15 lidí ve formátu GIF. Jedná se o 11 snímků každé osoby s různými výrazy tváře nebo umístěním ve snímku.

*Yale Face Database B* [17] byla vytvořena pro systematické testování metod pro rozpoznávání tváří při velkých změnách osvětlení a pózy. Osoby byly foceny uvnitř geodetické koule 64 krát počítačem řízeným snímáním. Snímky deseti osob byly zaznamenány v 64 světelných podmínkách v devíti směrech. Protože všech 64 snímků bylo sejmuto v rozmezí asi 2 s, jsou změny v pózách a výrazech osob minimální. Ukazatel na umístění očí a střed úst je distribuován s databází. Na obrázku 6 je 18 příkladů snímků ze souboru 64 snímků různých světelných podmínek [6].



Obr. 6: Ukázka snímků z Yale Face Database B [6].

### 4.3 BANCA Database

*Banca multi-modal database* [13] byla soustředěna jako součást evropského projektu BANCA, který má za cíl vyvíjet a implementovat bezpečnostní systém s lepšími metodami identifikace, autentizace a schémat kontrolovaného přístupu přes Internet. Databáze byla navržena k tomu, aby testovala verifikaci osob při režimech z různých zdrojových zařízení (vysoká a nízká kvalita kamery, mikrofону). Databáze obsahuje nahrávky 52 osob (26 mužů a 26 žen).

## 5 Fotografování snímků databáze

Jedním z cílů této práce bylo vytvoření databáze obličejů s různými, předem definovanými výrazy obličeje tak, aby výraz obličeje byl jediným měnícím se faktorem snímku. Bylo tedy nutné zajistit uniformní pozadí, jednotné osvětlení, správnou velikost obličeje v obraze i délku expozice, clonu a ohniskovou vzdálenost. Jedinou výjimku tvoří sada snímků, při kterých jsou záměrně měněny světelné podmínky tak, aby část tváře byla osvětlena, zatímco druhá polovina je zakryta stínem.

V konečné fázi databáze obsahuje fotografie 41 osob, každá z nich je zachycena na pěti snímcích s následujícími výrazy (Obr. 7): neutrální výraz (adresář č. 1), úsměv (adresář č. 2), otevřená ústa (adresář č. 3), zamračení (adresář č. 4) a osvětlení tváře z jedné strany (adresář č. 5). Sady těchto, i dále vytvořených snímků, jsou uspořádány do jednotlivých adresářů, každý snímek je označen identifikačním číslem zobrazené osoby a číslem skupiny snímků (číslem adresáře) v podobě např. 05\_3 – osoba číslo 5, skupina snímků otevřená ústa (adresář č. 3). Adresáře se všemi snímky vzniklých v rámci této práce jsou na přiloženém médiu, jejich seznam a přehled je uveden v příloze 1.



Obr. 7: Ukázka sady snímků vytvořených pro jednu osobu.

### 5.1 Použitá technika a parametry snímku

#### **Použitá technika:**

Digitální zrcadlovka Olympus E-330 s 8 Mpix MOS senzorem

Objektiv ZUIKODIGITAL 14-54 mm 1:2.8-3.5

Stativ HAMA STAR 62

#### **Nastavené parametry:**

Čas: 1/25 s, clona: F3,5, citlivost: ISO 400

Ohnisková vzdálenost:  $f = 50 \text{ mm}$  (EQ 35 mm:  $f = 100 \text{ mm}$ )

Kompenzace expozice +0,7, vyrovnaní bílé ruční – žárovka

Všechny fotografie byly pořízeny za stejných světelných podmínek v domácím ateliéru. K osvětlení bylo použito intenzivní osvětlení klasickými žárovkami (3x 150W) a odrazová deska pro zeslabení spodních stínů.

### **5.1.1 Princip digitální fotografie a důležité faktory, které ji ovlivňují**

Denní nebo umělé světlo osvětluje fotografovanou scénu a ta část dopadajícího světla odráží. Část odraženého světla dopadá do objektivu, kde projde kruhovým otvorem - clonou ve středu objektivu a dopadne na senzor, skládající se z milionů fotobuněk - pixelů. Každý pixel senzoru sbírá fotony na něj dopadajícího světla a tím měří intenzitu světla. Takto shromážděný náboj je potom ve formě elektrického napětí zesílen zesilovačem a převeden A/D převodníkem na digitální číslo k dalšímu zpracování až po výsledný digitální obraz.

Celkové množství světla, které dopadne na senzor ovlivňují dva faktory - expoziční čas a průměr clony v objektivu. Expoziční čas je doba, kterou světlo působí na senzor, udává se v sekundách (1/2, 1/4, 1/10, 1/60 ...). Clona je pak průměr kruhového otvoru ve středu objektivu. Čím větší je průměr clony, tím více světla projde objektivem a dopadne na senzor. V praxi se udává tzv. clonovým číslem F (čím nižší clonové číslo, tím větší průměr otvoru). Třetím faktorem, který ovlivní expozici, je elektronické řízení citlivosti senzoru na světlo. Čím vyšší bude toto zesílení (čím vyšší bude ISO citlivost), tím se elektronika spokojí se slabším signálem. Při zvyšování citlivosti však klesá kvalita snímku. Udává se v hodnotách ISO (ISO 100, 200, 400 ...) [11].

Správné nastavení kombinace těchto faktorů jsem provedla v programovém režimu „P“ pomocí několika testovacích snímků.

#### **Barva světla, vyvážení bílé**

Světlo, při kterém fotografujeme, může mít různou barvu podle svého zdroje. Bílá plocha potom má ve skutečnosti barvu světla, které na ni dopadá. Pokud fotografujeme při osvětlení odlišeném od denního světla (cca 6000 K) a zároveň chceme mít na fotografii bílé plochy zobrazeny správně, musíme použít funkci vyvážení bílé, která provede příslušnou barevnou korekci.

Protože mé fotografie vznikaly při žárovkovém osvětlení (cca 3000 K), bylo nutné využít funkci vyvážení bílé pro osvětlení žárovkou.

#### **Ohnisková vzdálenost**

Udává vzdálenost měřenou od optického středu objektivu k rovině snímacího senzoru, udává se v *mm*. Čím menší hodnota ohniskové vzdálenosti, tím širší úhel záběru fotografie a naopak. Pro fotografování jsem použila střední ohniskovou vzdálenost  $f = 50 \text{ mm}$  vhodnou pro portréty, kratší ohnis-

ková vzdálenost (do 30 mm) by způsobila zkreslení obličeje, delší by vyžadovala velký odstup od fotografovaného objektu.

## 5.2 Softwarová úprava snímků

Aby snímky mohly co nejlépe splnit svůj účel, je nutné aby největší část prostoru zabíral fotografovaný obličej z čelního pohledu a pozadí by mělo být tvořeno pouze bílou barvou, bez jakýchkoliv dalších předmětů ve scéně. Tento záměr jsem se snažila dodržet již při samotném fotografování, i přesto však bylo u snímků nutno provést ořez a přepočítání na jednotné rozlišení. Pro tyto softwarové úpravy jsem použila program Zoner Photo Studio [18]. Jako formát pro výslednou podobu snímků byl zvolen čtverec (dosaženo pomocí funkce „Ořez“ s pevným poměrem stran), který byl nadále přepočítáván na rozměry 1600×1600 pix (funkce „Změna velikosti obrazu“), to odpovídá rozlišení 2,56 Mpix.

# 6 Vytváření nových snímků databáze pomocí nástroje FaceFilter Xpress

Původní kolekce snímků (5 snímků každé osoby) byla nadále rozšiřována o další sady snímků za využití komerčního nástroje FaceFilter Xpress [4], tyto snímky můžeme rozdělit do dvou oblastí. První skupina nových snímků vznikla úpravou fotografií neutrálních výrazů (adresář č. 1) na jiné obličejové grimasy. Jejich následné testování bude mít za cíl ověřit úspěšnost rozpoznávání používaných programů i u jiných výrazů, případné porovnání s odpovídajícími originálními snímky stejných výrazů. Druhá skupina snímků vznikla naopak ze snímků s výrazem „úsměv“ (adresář č. 2), „zamračení“ (adresář č. 4) a „otevřená ústa“ (adresář č. 3), u kterých jsem se pomocí nástroje snažila co nejvíce přiblížit neutrálnímu výrazu. Testováním těchto snímků by se mělo prokázat, zda je možno tímto způsobem zvýšit úspěšnost nástrojů pro rozpoznávání osob podle obličejů.

## 6.1 Program FaceFilter Xpress

Program FaceFilter Xpress je komerční software firmy Reallusion pro úpravu výrazů lidských obličejů na digitálních snímcích. FaceFilter umožňuje úpravy skupinových fotografií stejně jako fotografie jedinců.

Úprava fotografií probíhá ve čtyřech krocích. V první fázi je fotografie načítána ze souboru, po té je možné pomocí menu v levé části obrazovky obraz natočit tak, aby měl obličej ve scéně svislou polohu nebo provést úpravu barev pokožky (světlost, kontrast, odstín, saturace).

Následuje fáze aplikace obličejové masky zadáním čtyř orientačních bodů na vnějších stranách očí a v koutcích úst, nástroj pak automaticky doplní další řídicí body pro ústa a obočí, které je možno označit a korigovat jejich správnou polohu v obličejí. Pomocí těchto bodů program později modeluje jednotlivé části obličeje.

Třetí krok představuje již provedení vlastních úprav výrazu obličeje. K tomu nabízí program FaceFilter Xpress dvě varianty. Buď je možné použít jednu z nabízených obličejových masek nebo provést úpravu výrazu v manuálním režimu, obě varianty lze kombinovat. Předpřipravené šablony jsou rozděleny do dvou kategorií - „Attractive“ a „Fun“, u všech šablon je pak možné zvolit sílu výrazu. V manuálním režimu můžeme měnit celkový vzhled (proporce a šířku) nebo jednotlivé části obličeje (ústa, nos, oči, obočí).

Poslední fází úpravy fotografií je export. Upravený snímek je možné buď uložit bez dalších změn, vybrat pouze jeho část nebo ho uložit do schránky.

Program FilterFace Xpress umožňuje jak velmi jednoduchou práci s obličejovými šablonami, tak možnost složitých úprav pomocí manuálního režimu. Volně dostupná verze, kterou jsem použila pro tuto práci, však umožňuje pouze úpravu snímků o maximální velikosti 1Mpx a má i omezené některé funkce v režimu manuální modelace obličeje.

## 6.2 Vytváření snímků s novými výrazy obličeje

Pro porovnání toho, jakým způsobem softwarově vytvořené změny ve výrazech obličejů odpovídají skutečným fyziologickým změnám, pokusila jsem se vytvořit sety snímků s novými výrazy obličeje. Jako snímky, ze kterých se tyto nové sady vytvářely, jsem použila originální fotografie obličejů s neutrálními výrazy (adresář č. 1).

Pomocí nástroje FilterFace Xpress bylo možno na snímky obličejů aplikovat předpřipravené masky, které mění výraz tváře. Pro většinu výrazů je nabízeno hned několik variant vzorů, to umožňuje vybrat nejvhodnější možnost pro daný typ obličeje. Vzhledem k tomu, že každý lidský obličej je zcela odlišný, bylo k dosažení (nebo alespoň přiblížení se) přirozeného vzhledu nutno korigovat sílu efektu, popřípadě provést manuální změny. V režimu manuálních úprav tato volně dostupná verze umožňuje jednak měnit celkový tvar obličeje, dále pak parametry očí a úst – posun v osách  $x$  a  $y$ , změny rozměrů v obou těchto osách a dále rotaci.

Na obrázku 8 jsou zobrazeny ukázky nově vzniklých snímků v porovnání s původním snímkem neutrálního výrazu, ze kterého tyto nové snímky vznikly, a originálním snímkem daného výrazu. Je patrné, že pomocí tohoto nástroje nelze dosáhnout takové síly výrazu jako v případě originálních fotografií. Lze totiž např. upravit rozměr úst, nelze je však již např. pootevřít. Ze stejného důvodu nebylo možné vytvořit sadu snímků tváří s otevřenými ústy pro porovnání s originálními snímky tohoto výrazu.



Obr. 8: Ukázka vytváření obličejových výrazů pomocí nástroje FilterFace Xpress, zleva: původní neutrální výraz, úsměv vytvořený programem FilterFace Xpress, originální úsměv.



V této etapě tedy vznikly tři nové sady snímků: adresář č. 6 – snímky se softwarově vytvořeným úsměvem, adresář č. 7 – snímky se softwarově vytvořeným zamračeným výrazem, adresář č. 8 – snímky se softwarově vytvořeným smutným výrazem.

## 6.3 Úprava snímků s gestikulací obličejů na snímky s neutrálními výrazy

Druhá skupina úprav snímků (obr. č. 9) na rozdíl od předcházející skupiny vychází ze snímků, na kterých osoby nemají neutrální výraz (adresáře č. 2 - 4), a cílem prováděných úprav je naopak se neutrálnímu výrazu přiblížit.

Pro tento účel nebylo možné použít v programu FilterFace Xpress předem připravené šablony, které tento program nabízí. Těžiště této práce proto spočívalo v manuálních úpravách. Zaměřila jsem se především na zmírnění typických znaků jednotlivých výrazů. Například u výrazu „otevřená ústa“ bylo nutné ústa zúžit, to samé u výrazu „úsměv“. Výraz „zamračení“ vyžadoval ve většině případů rozšíření očí a úpravu tvaru úst. Tyto změny však vedou k vytváření nepříjemných struktur okolo upravovaných objektů, jako jsou nepřírodně tvarované vrásky nebo nepřírodné zbarvení kůže. To je patrné i na obrázku 9. Předpřipravené šablony bylo vhodné použít v případech, kdy bylo nutno tvarovat obličejové objekty tak, že např. ústa při úsměvu byla „narovnána“ pomocí šablony reverzního výrazu „sad“.

Pro každý snímek byly provedeny dvě úrovně úprav – mírné úpravy a velké úpravy, výsledky jejichž testování budou následně srovnávány s výsledky testů původních snímků.



Obr. 9: Ukázka úprav snímků s výrazem „otevřená ústa“ na neutrální výraz ve dvou úrovních, zleva: původní výraz, nižší úroveň úprav, vyšší úroveň úprav.

# 7 Provedení experimentů

Pro provádění experimentů jsem vybrala dva nástroje pro identifikaci osob podle snímku obličeje: VeriLook 3.1 Algorithm Demo [10] a program Faint [3]. Výsledky všech experimentů s jednotlivými sadami snímků obličejů pomocí obou nástrojů byly zaznamenány a zhodnoceny ve druhé části této kapitoly.

## 7.1 Nástroje pro rozpoznávání osob podle tváří

Nástroj VeriLook i Faint jsou nástroje pro rozpoznávání osob podle snímků obličejů, na základě manuálního zadání tohoto snímku programu. Oba nástroje umí ve snímku identifikovat i větší počet osob, pokud se ve scéně nachází.

### 7.1.1 Nástroj VeriLook

Nástroj VeriLook 3.1 Algorithm Demo (obr. 10) [10] je založen na počítačové VeriLook technologii pro rozpoznávání tváří a je určen pro biometrické systémy. Technologie VeriLook umožňuje využívání knihoven pro rychlý vývoj aplikací určených pro rozpoznávání lidských tváří. Může být použit pro více kamer, webových kamer nebo databází jak pro operační systém MS Windows, tak i pro operační systém Linux. Nástroj VeriLook umožňuje současné vícenásobné identifikace a rozpoznání více tváří v obraze. Obsahuje rozhraní pro vstup obrazu z webové kamery nebo umožňuje načíst snímek ze souboru, tuto variantu jsem využila pro svou práci.

Referenční snímky se do databáze vkládají pomocí funkce „Enroll“ (registrovat). Pro tento účel jsem použila snímky s neutrálními výrazy bez jakýchkoliv úprav (adresář č. 1), tyto snímky byly použity jako referenční pro všechny testy. Rozpoznávání se provádí pomocí příkazu „Match“ (srovnat). Výsledky rozpoznávání se zobrazují v pravé dolní části obrazovky takto: názvy nalezených snímků z referenční databáze a míra shodnosti znaků s tímto snímkem. Práce s tímto nástrojem je velmi jednoduchá a intuitivní.



Obr. 10: Použití nástroje Verilook.

## 7.1.2 Nástroj Faint

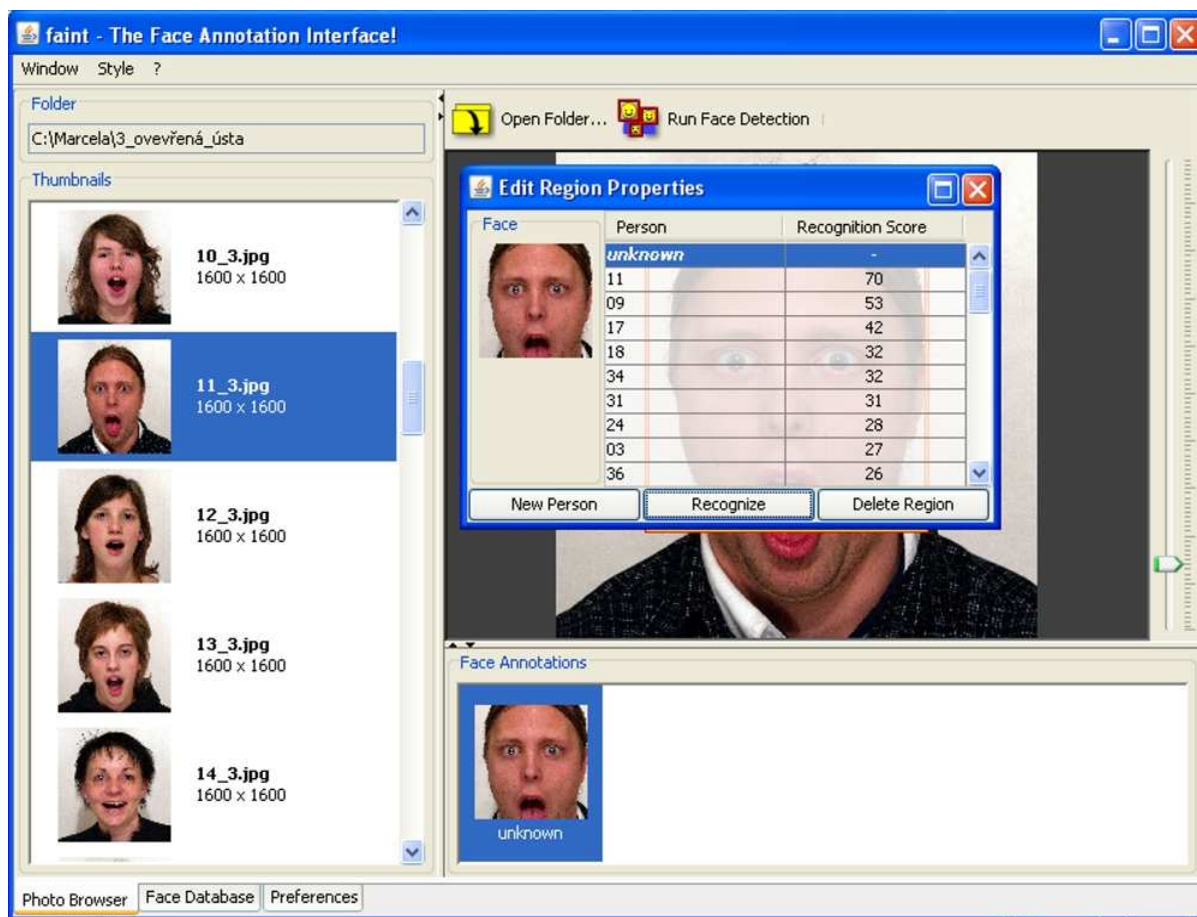
Program Faint - The Face Annotation Interface (obr. 11) [3] je Java framework pro detekci a identifikaci tváří založený na spojení různých modulů a filtrů. Obsahuje uživatelské rozhraní v Javě, OpenCV (knihovna pro analýzu obrazu) detekci přes JNI (*Java Native Interface*), integraci webové služby Betaface.com a filtr barvy pleti.

Na začátku práce je nutné vybrat adresář s fotografiemi referenční databáze, je potřeba program tyto snímky „naučit“. Pro každou takovou fotografii je proto nutno použít funkci „Run Face Detection“. Po nalezení obličejové oblasti ji můžeme uložit do lokální databáze pomocí tlačítka „New Person“, tato databáze může být později manuálně modifikována.

Vlastní rozpoznávání pak probíhá obdobně, nejprve je rozpoznávána obličejová oblast v obraze. Místo ukládání tohoto vzoru do databáze však použijeme funkci „Recogniton“. Výsledky se objeví v tabulce, která udává míru shody testovaného snímku s jednotlivými vzory v databázi.

Rozpoznané obličeje jsou uloženy v lokální databázi, která může být ručně modifikována v rámci aplikace. K jednotlivým obličejům mohou být uloženy různé poznámky v obrazových souborech ve formátu Adobe XMP.

Výhoda tohoto nástroje oproti programu VeriLook je v prohlížeči fotografií s náhledy snímků, kam lze najednou načíst celý adresář. Uživatel si také může prohlížet referenční databázi. Při používání programu VeriLook naopak uživateli stačí provést daleko méně kroků, aby se dozvěděl výsledek.



Obr. 11: Použití nástroje Faint.

## 7.2 Testování úspěšnosti rozpoznávání originálních snímků

První skupinou provedených testů by mělo být testování originálních fotografií s různými výrazy obličeje. Tyto testy si kladly za cíl jednak ověřit úspěšnost rozpoznávání používaných nástrojů a dále pak vytipovat, které obličejové gestikulace jsou z hlediska procesu rozpoznávání a identifikace lidských tváří nejvíce problematické.

Jak již bylo uvedeno výše, jako referenční databáze, se kterou budou jednotlivé snímky ztotožňovány, byly použity fotografie neutrálních výrazů (adresář č. 1). Postupně byly testovány snímky s následujícími výrazy: úsměv (adresář č. 2), otevřená ústa (adresář č. 3), zamračení (adresář č. 4) a snímky se stínem ve tváři (adresář č. 5), a to jak nástrojem VeriLook, tak programem Faint.

Při testech jsem pro každý snímek zaznamenávala dvouhodnotový stav výsledku: rozpoznáno-nerozpoznáno, v případě rozpoznání pak průměrnou shodu porovnávaných znaků se vzorem. Program VeriLook tuto hodnotu udával v rozsahu 0 až 1. Program Faint tyto hodnoty měřil ve škále 0 až 100, proto jsem provedla korekci těchto údajů na stejnou stupnici s nástrojem VeriLook, také v rozsahu 0 až 1. U nástroje VeriLook je možné nastavit minimální skóre proto, aby ověřovaná osoba mohla být prohlášena za shodnou s osobou z databáze. V případě provádění těchto testů byl celkový práh nastaven na hodnotu 0,5. U programu Faint taková volba možná není, udává totiž míru shody se všemi možnými kandidáty uloženými v databázi, proto bylo nutno určit tuto mez manuálně. Opět byly za rozpoznané osoby určeny ty, které přesáhly hranici 0,5.

Dalšími údaji, které sledujeme, byla chybovost rozpoznávání v těchto kategoriích: nerozpoznáno, ztotožnění s jinou osobou a nenalezení tváře v obraze. Výsledky testů byly nakonec ještě zvlášť vyhodnoceny pro skupinu žen a mužů.

## 7.2.1 Zhodnocení výsledků testů originálních výrazů

Výsledky tohoto testu jsou uvedeny v tabulce číslo 1. Jak je zde patrné, větší úspěšnost při procesu rozpoznávání lidských tváří prokázal nástroj VeriLook, a to jak v absolutním počtu rozpoznávaných osob, tak i v parametru měřící shodu znaků se vzorovou fotografií.

Co se týče porovnání úspěšnosti rozpoznávání jednotlivých výrazů, nástroj VeriLook prokázal největší úspěšnost – 97,6% v rozpoznávání osob s výrazem „otevřená ústa“ (adresář č. 3) a s téměř stejnou úspěšností – 95,1 % s výrazem „úsměv“ (adresář č. 2). To může být pochopitelné, protože tyto dva výrazy vykazují jisté známky podobnosti (tj. zřetelné rozšíření úst bez výrazných změn v oblasti očí) zatímco u výrazu „zamračení“ (adresář č. 4) dochází většinou k silným změnám v oblasti očí a obočí. Vlastnosti očí jsou přitom při rozpoznávání tváří jedním z nejdůležitějších parametrů. To jednoznačně potvrzuje právě menší úspěšnost rozpoznávání obličejů s výrazem zamračení, u obou testovaných nástrojů. Dále se toto projevovalo neúspěšností u rozpoznávání osob, které měly v různých výrazech přivřeně, nebo dokonce zavřené oči.

Program Faint si nejlépe poradil také s fotografiemi osob s výrazem „úsměv“ - 80,5%, úspěšnost při rozpoznávání „výrazu otevřená“ ústa má však 20% odstup – 58,5%.

Absolutně nejslabší výsledky vykazovaly nástroje při pokusech o rozpoznání snímků se stínem ve tváři (adresář č. 5). To pravděpodobně způsobuje rozdílná barva pokožky v každé ze dvou částí obličeje, případně nenalezení důležitých částí (např. očí) v zastíněné části obličeje. Program pak

nemusí obličej vůbec v obraze identifikovat, to se stalo ve 26,8% případech u nástroje VeriLook a ve 41,5% případech u nástroje Faint. V případě, že byl obličej v obraze detekován, neidentifikoval program Faint úspěšně žádnou osobu a i program VeriLook měl pouze 61% úspěšnost.

Tab 1: Úspěšnost při rozpoznávání snímků s originálními výrazy.

	Úsměv		Otevřená ústa		Zamračení		Stín	
	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint
<b>Správně rozpoznáno:</b>	39 (95,1%)	33 (80,5%)	40 (97,6%)	24 (58,5%)	28 (68,3%)	25 (61,0%)	25 (61,0%)	0 (0%)
Průměrná shoda se vzorem	0,79	0,67	0,85	0,62	0,77	0,62	0,72	0
Ženy	22 (95,7%)	21 (91,3%)	23 (100%)	14 (60,9%)	16 (69,6%)	14 (60,9%)	13 (56,5%)	0 (0%)
Muži	17 (94,4%)	12 (66,7%)	17 (94,4%)	10 (55,6%)	12 (66,7%)	11 (61,1%)	12 (66,7%)	0 (0%)
<b>Nerozpoznáno:</b>	2 (4,9%)	8 (19,5%)	1 (2,4%)	17 (41,5%)	13 (31,7%)	16 (39,0%)	5 (12,2%)	24 (58,5%)
Ženy	1 (4,3%)	2 (8,7%)	0 (0%)	9 (39,1%)	7 (30,4%)	9 (39,1%)	3 (13,0%)	10 (43,5%)
Muži	1 (5,6%)	6 (33,3%)	1 (5,6%)	8 (44,4%)	6 (33,3%)	7 (38,9%)	2 (11,1%)	14 (77,8%)
<b>Ztotožnění s jinou osobou:</b>	0 (0%)	12 (29,3%)	2 (4,9%)	8 (19,5%)	0 (0%)	7 (17,1%)	1 (2,4%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	11 (47,8%)	2 (8,7%)	7 (30,4%)	0 (0%)	7 (30,4%)	1 (4,3%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	1 (5,6%)	0 (0%)	1 (5,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>Nenalezení tváře v obraze:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (26,8%)	17 (41,5%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (30,4%)	13 (56,5%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (22,2%)	4 (22,2%)

Co se týče porovnání výsledků rozpoznávání tváří mužů a žen, tak si lépe poradí oba nástroje, až na výraz „zamračení“, s ženskými obličejí. U žen však dochází k častějšímu ztotožnění s nesprávnou osobou. Ztotožnění s jinou osobou však obecně bylo více typické pro nástroj Faint.

## 7.3 Experimenty se snímky se softwarově vytvořenou gestikulací

Cílem provedení těchto testů by mělo být prověření vlivů úprav nástrojem FilterFace Xpress na úspěšnost rozpoznávání osob podle obličeje. Výsledky by měly být porovnávány především s výsledky snímků originálních výrazů, další pak mají ověřit vlastní úspěšnost nástrojů.

Postupně byly testovány snímky s výrazy uměle vytvořeného úsměvu (adresář č. 6), zamračení (adresář č. 7) a smutku (adresář č. 8). Referenční databází byl soubor původních fotografií osob s neutrálním výrazem (adresář č.1). Při těchto testech byly sledovány stejné parametry a hodnoty jako u testů originálních výrazů (viz Kapitola 7.2).

### 7.3.1 Zhodnocení výsledků testů rozpoznávání snímků se softwarově vytvořenou gestikulací

Pokud porovnáme výsledky rozpoznávání snímků s originálními výrazy (tab. č. 1) s výsledky rozpoznávání snímků se softwarově vytvořenými výrazy (tab. č. 2), zjistíme, že úspěšnost rozpoznávání snímků softwarově vytvořených výrazů je mnohem vyšší. Můžeme tedy říci, že změny vytvořené softwarovým nástrojem nejsou analogické s fyziologickými změnami obličeje při gestikulaci.

Tab. 2: Úspěšnost při rozpoznávání snímků se softwarově vytvořenou gestikulací.

Softwarově vytvořené gestikulace	Úsměv		Zamračení		Smutný výraz	
	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint
<b>Správně rozpoznáno:</b>	41 (100%)	41 (100%)	41 (100%)	41 (100%)	41 (100%)	41 (100%)
Průměrná shoda se vzorem	1,00	0,78	1,00	0,75	1,00	0,74
Ženy	23 (100%)	23 (100%)	23 (100%)	23 (100%)	23 (100%)	23 (100%)
Muži	18 (100%)	18 (100%)	18 (100%)	18 (100%)	18 (100%)	18 (100%)
<b>Nerozpoznáno:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>Ztotožnění s jinou osobou:</b>	4 (9,8%)	10 (24,4%)	4 (9,8%)	7 (17,1%)	2 (4,9%)	11 (26,8%)
Ženy	2 (8,7%)	7 (30,4%)	3 (13,0%)	7 (30,4%)	1 (4,3%)	9 (39,1%)
Muži	2 (11,1%)	3 (16,6%)	1 (5,6%)	0 (0%)	1 (5,6%)	2 (11,1%)
<b>Nenalezení tváře v obraze:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Pro program VeriLook uměle vytvořené změny výrazů neznamenal žádnou změnu těch znaků, které používá k procesu rozpoznávání osob, protože udal nejen 100% úspěšnost v identifikaci osob, ale dokonce 100% shodu znaků u všech snímků ve všech kategoriích.

Program Faint dosáhl také 100% úspěšnost v identifikaci testovaných osob, ovšem shodnost porovnávaných znaků již 100% nebyla. Softwarové úpravy obličeje tedy mění ty znaky používané programem Faint při procesu rozpoznávání osob.

Pokud z tohoto pohledu srovnáme jednotlivé skupiny výrazů, tak nejvíce se porovnávané znaky s originálem shodovaly u výrazu „úsměv“. Rozdíly s dalšími dvěma kategoriemi však nebyly významné.

Ztotožnění rozpoznávané osoby s jinou osobou je opět výraznější u programu Faint. Vzhledem k originálním snímkům gestikulací obličeje je hodnota tohoto parametru zhruba stejná.

Vzhledem ke 100% úspěšnosti v identifikaci osob je bezpředmětné srovnávat úspěšnost rozpoznávání mužů a žen.

## **7.4 Experimenty s výrazy upravenými na neutrální výraz**

Testy skupiny snímků, u kterých byly výrazy obličeje měněny na neutrální výrazy, měly za úkol ověřit předpoklad, zda takovéto změny mohou zvýšit úspěšnost rozpoznávání osob s různými gestikulacemi ve tváři.

Byly provedeny testy jak pro snímky s nižší úrovní změn (adresáře č. 9 - 11), tak i pro snímky s velmi výraznými změnami výrazu (adresáře č. 12 - 14). Tyto výsledky byly porovnány jednak vzájemně mezi sebou, jednak s výsledky testů rozpoznávání původních výrazů. Referenční databázi tvořily snímky neutrálních výrazů (adresář č. 1).

### **7.4.1 Zhodnocení testů rozpoznávání obličejů s výrazy upravenými na neutrální výraz**

Výsledky této skupiny testů (tabulky č. 3 – 5) potvrzují domněnku, že úprava gestulací obličejů na neutrální výraz může zvýšit úspěšnost nástrojů pro rozpoznávání lidských obličejů, to můžeme říci obecně. Překvapivý je ovšem fakt, že míra zlepšení výsledků není závislá na velikosti úprav snímku. Zatímco úspěšnost u snímků s mírnými úpravami oproti snímkům s původními výrazy vzrostla asi o 10%, při velkých změnách obličeje míra úspěšnosti již dále nevrostla, ba dokonce v některých případech mírně klesla. Tento jev ukazuje na skutečnost, že přílišné úpravy mohou porušit některé původní důležité rysy, které nemohou být provedenou úpravou vykompenzovány.

Zajímavá je také skutečnost, že u jednotlivých fotografií zlepšení úspěšnosti v programu VeriLook neznamenal vždy nutně zlepšení úspěšnost programu Faint a naopak.

Nicméně celková míra zlepšení byla dostatečně velká na to, aby se o této metodě mohlo uvažovat jako o jedné z možností jak zlepšit úspěšnost metod pro rozpoznávání osob podle tváří. Zřejmě by však muselo dojít k zautomatizování a standardizaci těchto úprav, protože úpravy snímků použitých v tomto testu byly prováděny intuitivně v závislosti na obličejí i výrazu. Nicméně i zde byly některé prováděné úpravy velmi typické pro daný druh výrazu.



Tab. 3: Výsledky testů snímků s výrazem „úsměv“ upraveným na neutrální.

	Original		Malé změny		Velké změny	
	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint
<b>Správně rozpoznáno:</b>	39 (95,1%)	33 (80,5%)	41 (100%)	37 (90,2%)	41 (100%)	38 (92,7%)
Průměrná shoda se vzorem	0,79	0,67	0,82	0,67	0,82	0,67
Ženy	22 (95,7%)	21 (91,3%)	23 (100%)	22 (95,7%)	23 (100%)	22 (95,7%)
Muži	17 (94,4%)	12 (66,7%)	18 (100%)	15 (83,3%)	18 (100%)	16 (88,9%)
<b>Nerozpoznáno:</b>	2 (4,9%)	8 (19,5%)	0 (0%)	4 (12,9%)	0 (0%)	3 (7,3%)
Ženy	1 (4,3%)	2 (8,7%)	0 (0%)	1 (4,3%)	0 (0%)	1 (4,3%)
Muži	1 (5,6%)	6 (33,3%)	0 (0%)	3 (16,7%)	0 (0%)	2 (11,1%)
<b>Ztotožnění s jinou osobou:</b>	0 (0%)	12 (29,3%)	2 (4,9%)	12 (29,3%)	1 (2,4%)	13 (31,7%)
Ženy	0 (0%)	11 (47,8%)	1 (4,3%)	8 (38,1%)	1 (4,3%)	10 (43,5%)
Muži	0 (0%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)	3 (16,7%)	1 (5,6%)	3 (16,7%)
<b>Nenalezení tváře v obraze:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Tab. 4: Výsledky testů snímků s výrazem „otevřená ústa“ upraveným na neutrální.

	Original		Malé změny		Velké změny	
	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint
<b>Správně rozpoznáno:</b>	40 (97,6%)	24 (58,5%)	41 (100%)	28 (68,3%)	41 (100%)	28 (68,3%)
Průměrná shoda se vzorem	0,85	0,62	0,87	0,63	0,88	0,65
Ženy	23 (100%)	14 (60,9%)	23 (100%)	18 (78,3%)	23 (100%)	18 (78,3%)
Muži	17 (94,4%)	10 (55,6%)	18 (100%)	10 (55,6%)	18 (100%)	10 (55,6%)
<b>Nerozpoznáno:</b>	1 (2,4%)	17 (41,5%)	0 (0%)	13 (31,7%)	0 (0%)	13 (31,7%)
Ženy	0 (0%)	9 (39,1%)	0 (0%)	5 (21,7%)	0 (0%)	5 (21,7%)
Muži	1 (5,6%)	8 (44,4%)	0 (0%)	8 (44,4%)	0 (0%)	8 (44,4%)
<b>Ztotožnění s jinou osobou:</b>	2 (4,9%)	8 (19,5%)	2 (4,9%)	9 (22,0%)	2 (4,9%)	11 (26,8%)
Ženy	2 (8,7%)	7 (30,4%)	1 (4,3%)	7 (30,4%)	2 (8,7%)	7 (30,4%)
Muži	0 (0%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)	2 (11,1%)	0 (0%)	4 (22,2%)
<b>Nenalezení tváře v obraze:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Tab. 5: Výsledky testů snímků s výrazem zamračení“ upraveným na neutrální.

	Original		Malé změny		Velké změny	
	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint	VeriLook	Faint
<b>Správně rozpoznáno:</b>	28 (68,3%)	25 (61,0%)	33 (80,5%)	29 (70,7%)	31 (75,6%)	30 (73,2%)
Průměrná shoda se vzorem	0,77	0,62	0,61	0,61	0,79	0,61
Ženy	16 (69,6%)	14 (60,9%)	19 (82,6%)	16 (69,6%)	18 (78,3%)	17 (73,9%)
Muži	12 (66,7%)	11 (61,1%)	14 (77,8%)	13 (72,2%)	13 (72,2%)	13 (72,2%)
<b>Nerozpoznáno:</b>	13 (31,7%)	16 (39,0%)	8 (19,5%)	12 (29,3%)	10 (24,4%)	11 (26,8%)
Ženy	7 (30,4%)	9 (39,1%)	4 (17,4%)	7 (30,4%)	5 (21,7%)	6 (26,1%)
Muži	6 (33,3%)	7 (38,9%)	4 (22,2%)	5 (27,7%)	5 (27,8%)	5 (27,7%)
<b>Ztotožnění s jinou osobou:</b>	0 (0%)	7 (17,1%)	2 (4,9%)	4 (9,8%)	1 (2,4%)	6 (14,6%)
Ženy	0 (0%)	7 (30,4%)	0 (0%)	3 (13,1%)	0 (0%)	5 (21,7%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	2 (11,1%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)
<b>Nenalezení tváře v obraze:</b>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Ženy	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Muži	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

## 8 Závěr

Úvodní část této práce měla za cíl zmapovat současné možnosti a techniky pro systémy rozpoznávání lidských tváří. Představuje jednak obecný postup při automatickém zpracovávání obrazů obličejů, snaží se však u jednotlivých metod uvádět podmínky, pro které je výhodné tu či onu metodu používat. Důležité jsou faktory, které mohou celý průběh procesu nepříznivě ovlivnit, nebo dokonce znemožnit. Patří sem především kvalita obrazu, osvětlení, mimika tváře či úhel pohledu. Některé metody jsou vůči jistým faktorům různě invariantní.

Některé metody zpracování obrazu lidské tváře se nezabývají identifikací osoby, ale rozpoznáním výrazu obličeje. Tyto algoritmy sledují buď pohyb jednotlivých částí obličeje nebo vyhledávají charakteristické prvky a sledují jejich tvar a postavení.

Vzhledem k tomu, že tato bakalářská práce má za cíl vytvořit databázi gestikulací obličejů pro následné testování programů, zaměřila jsem se na ve světě již vytvořené testovací databáze. Tyto databáze se často zaměřují na určitý problém, který se snaží algoritmy vyřešit. Vznikají tak snímky osob vyfocené pod různým úhlem, s různým nasvícením nebo různými výrazy.

Výzkum metod zpracování obrazu lidské tváře se v současnosti soustředí na zpřesnění výsledků identifikace a validace osob a na eliminaci rušivých faktorů těchto procesů. V oblasti biometrie lidských obličejů se počítá do budoucna s velkým rozšířením především v oblasti sledování pohybu určitých osob, primární prevence nebo zabezpečených přístupů.

K testování úspěšnosti algoritmů pro faktor změny obličejového výrazu byla v rámci této práce vytvořena databáze snímků 41 osob, každá osoba je zachycena na 5 fotografiích. Tyto sady snímků byly použity pro testování úspěšnosti současných programů. Ukázalo se, že nejhůře rozpoznatelné jsou výrazy měnicí především oblast očí, popř. snímky s úplně zavřenými očima. V budoucnu může tato databáze sloužit jako testovací sada při tvorbě nových metod a programů.

V dalších experimentech bylo mým cílem zhodnotit, jaký vliv na proces identifikace mají softwarové úpravy výrazu obličeje, v tomto případě pomocí nástroje FilterFace Xpress, a to jak v pozitivním, tak negativním slova smyslu. Testy se snímky uměle vytvořených výrazů ukázaly, že softwarově vytvořené změny nejsou adekvátní ke změnám rysů při skutečné gestikulaci obličeje. Úspěšnost rozpoznávání takto vytvořených snímků, byla na rozdíl od originálních snímků výrazů stoprocentní.

Experimenty, ve kterých byl ověřován opačný postup úpravy snímků, ze snímků s gestikulacemi byly vytvořeny snímky s neutrálním výrazem, se snažily prověřit, zda by takovýto způsob korekce snímků mohl zvýšit úspěšnost nástrojů pro rozpoznávání osob podle obličeje. Testy snímků se dvěma úrovněmi takovýchto úprav ukázaly, že zlepšení úspěšnosti nástrojů opravdu

nastalo, nebylo však úměrné míře úprav. U větší míry úprav totiž zřejmě docházelo ke změnám jiných důležitých znaků.

I přestože byly tyto úpravy prováděny manuálně, ukázalo se, že některé druhy úprav pro dosažení neutrálního výrazu jsou typické pro daný výraz. To ukazuje na jistou možnost automatické provádění úpravy obličejových výrazů. Tento fakt, společně se zjištěným zvýšením úspěšnosti nástrojů pro rozpoznávání osob podle obličeje, nabízí další možnosti využití ve způsobech zefektivňování a zkvalitňování práce nástrojů pro biometrii lidských obličejů.

# Literatura

- [1] Etemad K., Chellappa R., *Discriminant Analysis for Recognition of Human Face Images*, Journal of the Optical Society of America A, Vol. 14, No. 8, August 1997, pp. 1724-1733.
- [2] Essa I., Pentland A.: *Facial Expression Recognition using a Dynamic Model and Motion Energy*, [online] [cit 2008-1-20]  
URL: <<http://people.csail.mit.edu/paulfitz/present/review-essa-pentland-95.pdf>>
- [3] *Faint – The Face Annotation Interface* [online] [cit. 2008-4-15]  
URL: <<http://faint.sourceforge.net/>>
- [4] *Filter Face Xpress* [online] [cit 2008-4-15]  
URL: <[http://www.reallusion.com/press/event/FaceFilterXpress/ff\\_promo.asp](http://www.reallusion.com/press/event/FaceFilterXpress/ff_promo.asp)>
- [5] *Gabor Filter*, [online] [cit 2008-1-20]  
URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Gabor\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Gabor_filter)>
- [6] Gross, R., *Face Databases*, *Handbook of Face Recognition*, In S. Li, A. Jain, ed., Springer, New York, February, 2005.
- [7] Hinner J., *Detekce a rozpoznávání obličejů osob a jejich identifikační význam*, Kriminální čtvrtletník pro kriminologickou teorii a praxi, ročník 36, 1/2003 [online] [cit. 2007-12-10]  
URL: <[http://www.mvcr.cz/casopisy/kriminologie/2003/03\\_01/hinner.html](http://www.mvcr.cz/casopisy/kriminologie/2003/03_01/hinner.html)>
- [8] Hujka P., *Nová segmentační metoda, principem založená na Gaussově rozdělovací funkci, její aplikace na segmentaci lidské kůže*, Elektrovue, 2005/54
- [9] *Kalman Filter* [online] [cit. 2008-2-20]  
URL: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Kalman\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter)>
- [10] *Neurotechnology* [online] [cit 2008-4-10]  
URL: <<http://www.neurotechnology.com/face-biometrics.html>>
- [11] Pihan R., *FotoRoman* [online] [cit 2008-3-28]  
URL: <<http://www.fotoroman.cz/>>
- [12] Piyanuch S., Deepak R. K., Allen R. H., *Feature Selection Using Adaboost for Face Expression Recognition*, [online] [cit. 2007-12-22]  
URL: <[ftp://vis-ftp.cs.umass.edu/Papers/silapachote/silapachote04feature.pdf](http://vis-ftp.cs.umass.edu/Papers/silapachote/silapachote04feature.pdf)>
- [13] *The BANCA Database* [online] [cit. 2008-4-30]  
URL: <<http://www.ee.surrey.ac.uk/CVSSP/banca/>>
- [14] *The Color FERET Database*, [online] [cit 2008-4-30]  
URL: <<http://face.nist.gov/colorferet>>
- [15] Vlach J., Přinosil J., *Lokalizace obličejů v obraze s komplexním obrazem*, Elektrovue, 11.4.2007, 2007/12, ISSN 1213 – 1539

- [16] *Yale Face Database* [online] [cit. 2008-4-30]  
URL: <<http://cvc.yale.edu/projects/yalefaces/yalefaces.html>>
- [17] *Yale Face Database B* [online] [cit. 2008-4-30]  
URL: <<http://cvc.yale.edu/projects/yalefacesB/yalefacesB.html>>
- [18] *Zoner Photo Studio 10* [online] [cit. 2008-5-3]  
URL: <<http://www.zoner.cz/photo-studio/>>

# Seznam příloh

Příloha 1. Seznam a popis adresářů databáze fotografií používaných v této práci.

Příloha 2. DVD s textem technické zprávy, databází snímků gestikulací obličejů a programy použitými v práci.

# Příloha 1

Tato příloha obsahuje seznam a popis adresářů databáze fotografií používaných v této práci.

## **Skupina adresářů originálních fotografií:**

adresář č. 1	1_neutralni_vyraz	neutrální výraz
adresář č. 2	2_usmev	úsměv
adresář č. 3	3_otevrena_usta	otevřená ústa
adresář č. 4	4_zamraceni	zamračený výraz
adresář č. 5	5_stin	levá část obličeje ve stínu

## **Skupina adresářů snímků se softwarově vytvořenou gestikulací:**

adresář č. 6	6_usmev_FFX	softwarově vytvořený úsměv
adresář č. 7	7_zamraceni_FFX	softwarově vytvořený výraz zamračení
adresář č. 8	8_smutny_FFX	softwarově vytvořený smutný výraz

## **Skupina adresářů snímků s neutrálním výrazem softwarově vytvořeným z gestikulací obličeje:**

adresář č. 9	9_usmev_na_neutralni_1	úsměv upravený na neutrální výraz, nižší úroveň úprav
adresář č. 10	10_ot_usta_na_neutralni_1	výraz otevřená ústa upravený na neutrální, nižší úroveň úprav
adresář č. 11	11_zamraceni_na_neutralni_1	výraz zamračení upravený na neutrální, nižší úroveň úprav
adresář č. 12	12_usmev_na_neutralni_2	úsměv upravený na neutrální výraz, vyšší úroveň úprav
adresář č. 13	13_ot_usta_na_neutralni_2	výraz otevřená ústa upravený na neutrální, vyšší úroveň úprav
adresář č. 14	14_zamraceni_na_neutralni_2	výraz zamračení upravený na neutrální, vyšší úroveň úprav