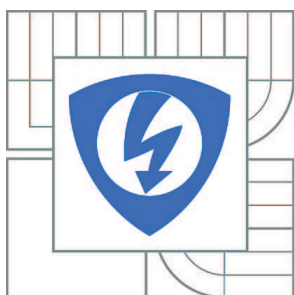


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VYUŽITÍ BIOMETRICKÝCH ÚDAJŮ OBLIČEJE PŘI IDENTIFIKACI OSOB

APPLICATION OF FACIAL BIOMETRIC DATA IN RECOGNITION OF PERSONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

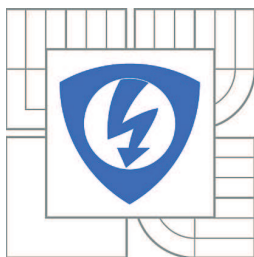
LUKÁŠ BAZALA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM BURGET, Ph.D.

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Lukáš Bazala

ID: 111022

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Využití biometrických údajů obličeje při identifikaci osob

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principy identifikace obličeje v obraze. Nastudujte problematiku detekce a identifikace lidského obličeje v obraze. Vytvořte databázi snímků, které budou používány pro porovnání úspěšnosti metod. Navrhněte a realizujte metodu rozpoznání klíčových bodů obličeje s pomocí metody Viola-Jones. Na vytvořené databázi proveďte otestování metody detekce klíčových bodů a zhodnoťte přesnost.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Šonka, M.; Hlaváč, V.: Počítačové vidění, Grada, Praha 1992, ISBN 80-85424-67-3
- [2] Žára, J.; Beneš, B.; Felkel, P.: Moderní počítačová grafika, Computer press, 1998, ISBN 80-7226-049-9
- [3] Gong, S.; McKenna, S.: Dynamic Vision: From Images to Face Recognition, Imperial College Press, 2000, ISBN 1-86094-181-8

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 31.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Radim Burget, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva 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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Práce se zabývá tematikou detekce a identifikace lidského obličeje v obraze. Popsány jsou jednotlivé biometrické metody a práce s biometrickými systémy. Dále se práce věnuje problematice zpracování obrazu a realizaci Viola-Jones detektoru při rozpoznávání klíčových bodů v obličeji.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biometrie, biometrické metody, zpracování obrazu, detekce obličeje, Viola-Jones, AdaBoost

ABSTRACTS

The work deals with themes of detection and identification of human faces in an image. Described are the different biometric methods and work with biometric systems. Further, a problem of image processing is described and proposed a method for locating faces in an image and implementation of Viola-Jones detector in identifying key points in the face

KEYWORDS

Biometrics, biometric methods, image processing, detections of human face, Viola-Jones, AdaBoost

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BAZALA, L. Využití biometrických údajů obličeje při identifikaci osob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Burget, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Využití biometrických údajů obličeje při identifikaci osob“ 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/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujícího zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

V Brně dne 29.května 2012

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. RADIMU BURGETOVI, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Bc. Janu Maškovi za pomoc při zpracování bakalářské práce.

V Brně dne 29. května 2012

.....

Podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. BIOMETRIE A ZÁKLADNÍ POJMY	9
2.1. Pojem biometrie.....	9
2.2. Historie a současnost biometrie	9
2.3. Pojmy identita, identifikace, verifikace.....	10
2.4. Přehled základních biometrických metod	11
2.4.1. Otisk prstů	12
2.4.2. Geometrie ruky.....	12
2.4.3. Rozpoznání obličeje	13
2.4.4. Duhovka oka	14
2.4.5. Oční sítnice	14
2.4.6. Lůžko nehtu.....	15
2.4.7. DNA	15
2.4.8. Ucho.....	15
2.4.9. Ověřování hlasu	16
2.4.10. Dynamika podpisu.....	16
2.4.11. Psaní na klávesnici a dynamika pohybu myši.....	16
2.4.12. Chůze.....	16
2.5. Práce s biometrickými systémy.....	17
2.5.1. Etapy biometrického zpracování.....	17
2.5.2. Chyby biometrických systémů	18
3. ZPRACOVÁNÍ OBRAZU	20
3.1. Postup zpracování a rozpoznávání obrazu	20
3.1.1. Snímání, digitalizace a uložení obrazu počítači	20
3.1.2. Předzpracování	20
3.1.3. Segmentace obrazu na objekty	20
3.1.4. Popis objektů.....	21
3.1.5. Porozumění obsahu obrazu	21
3.2. Barevné prostory	21
3.3. Histogram	23
3.4. Afinní transformace.....	23
4. OBLIČEJ	27
4.1. Detekce a lokalizace tváře obraze	27
4.2. Rozpoznání tváře	28
5. VYUŽITÍ VIOLA-JONES DETEKTORU PRO DETEKCI OČÍ	29
6. ZÁVĚR	36
LITERATURA	37

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Otisk prstu, převzato z: [12]

Obr. 2.2 Geometrie ruky, převzato z: [12]

Obr. 2.3 Duhovka oka, převzato z: [12]

Obr. 2.4 Ucho, převzato z: [12]

Obr. 2.5 Graf závislosti FRR a FAR na prahové hodnotě

Obr. 3.1 Barevný prostor RGB, převzato z: [6]

Obr. 3.2 Barevný prostor CMY, převzato z: [6]

Obr. 3.3 Histogram

Obr. 3.4 Změna měřítka obrázku, převzato z: [6]

Obr. 3.5 Rotace obrázku, převzato z: [6]

Obr. 3.6 Posunutí obrázku, převzato z: [6]

Obr. 5.1 Ukázka vstupních trénovacích dat

Obr. 5.2 Příklad výpočtu sumy libovolného obdélníku pomocí integrálního obrazu, převzato z: [9]

Obr. 5.3 Princip kaskády klasifikátorů

Obr. 5.4 Příklad vytvoření silného klasifikátoru

Obr. 5.5 Základní Haarovy příznaky

Obr. 5.6 Ukázka pozitivních vzorů z trénovací množiny

Obr. 5.7 Ukázka negativních vzorů z trénovací množiny

Obr. 5.8 Ukázka detekce z trénovací množiny

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Cb Chrominance blue (Složka modré barvy v barevném modelu YCbCr)
Cr Chrominance red (Složka červené barvy v barevném modelu YCbCr)
CMY Cyan magenta yellow (Barevný prostor)
JPEG Joint Photographic Experts Group (Metoda pro ztrátovou kompresi obrazu)
RGB Red Green Blue (Barevný prostor)
Y Luminance (Složka jasu v barevném modelu YCbCr)
YCbCr Barevný model (Odděluje jasovou složku)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Upravený plugin.jar

Detekce.rmp

Aplikace pro vytvoření textového souboru se souřadnicemi o pozitivních vzorech

Databáze obličejů

Negativní a pozitivní vzory

Natrénovaná kaskáda pro detekci

1 ÚVOD

Biometrické charakteristiky a jejich využití při identifikaci osob nejsou žádnou novinkou. Jejich význam roste spolu s vývojem moderní výpočetní techniky a nových technologií, které jsou pro posuzování shody biometrických údajů vyvíjeny. V souvislosti s tím roste rovněž oblast praktického využití biometrických charakteristik. Byť stále nejvýznamnější oblastí, ve které dochází k jejich využívání, je kriminalistika, jsou využívány rovněž v komerční sféře, např. v bankovníctví, ochraně objektů apod. Velký vliv na jejich používání má také klesající cena technického vybavení – kamer, snímačů otisků prstů atd., i potřebného softwaru. Ta umožňuje využít posuzování biometrických charakteristik i v oblastech, kde to dříve nebylo myslitelné. S nástupem chytrých telefonů se dnes začíná využívat rozpoznání obličeje k odblokování klávesnice nebo u televizorů k osobnímu nastavení profilu.

V teoretické části práce jsou popsány biometrické metody, jejich principy, chybovost těchto systémů a jejich využití v komerční sféře. Další část je pak věnována problematice zpracování obrazu od snímání samotného obrazu až po porozumění obsahu. Popsány jsou také jednotlivé barevné prostory a nejpoužívanější operace v počítačové grafice. V práci se dále popisuje několik základních principů detekce a lokalizace tváře v obraze a následného rozpoznání obličeje. Poslední částí je popis detektoru Viola-Jones a jeho využití při hledání významných obličejových rysů. Jako hlavní rys byly zvoleny oči. V praktické části je vytvořena databáze snímků vhodná k porovnávání úspěšnosti metod detekcí obličejových rysů. Dále je natrénována kaskáda pro detekci očí, která je otestována na vytvořené databázi snímků, kde je zhodnocena přesnost detekce.

Hlavním přínosem této práce je shrnutí dnes používaných biometrických metod, jejich využití a chybovost. Dále je uveden přehled postupu při získávání obrazových dat a implementace detektoru Viola-Jones pro detekci očí v obrazových datech.

2 BIOMETRIE A ZÁKLADNÍ POJMY

2.1 Pojem biometrie

Termínem biometrie rozumíme soubor vědních poznatků založených především na analytickém a statickém přístupu, jejichž předmětem je zkoumání a následné využití měřitelných charakteristik živých organismů s cílem jejich následné jednoznačné identifikace nebo verifikace. V angličtině je tento obor souhrnně označován výrazem biometrics, ve francouzštině une biometrie, v němčině biometrie a v italštině biometria. Pod pojmem biometriky si můžeme představit měřitelné biometrické charakteristiky (obrazce, data, apod.) živého organismu, které se snímají, zpracovávají, vyhodnocují a uchovávají v procesu identifikace nebo verifikace [4] .

Slovo biometrie vzniklo spojením dvou řeckých slov bio a metric, v překladu život a měření. Biometrie tedy měří určité charakteristiky člověka. Principem všech biometrických systémů je automatizované snímání charakteristických biometrických znaků a porovnání s již předem sejmutými.

2.2 Historie a současnost biometrie

Biometrické identifikační metody se využívaly již ve starověku v době faraónů. Ve starém Egyptě se dochovala řada písemných pramenů, které dokládají biometrickou identifikaci osob. K identifikaci byly použity různé hodnoty měření, zaznamenány byly například barva pleti, barva očí, výška a váha těla, délka lokte, rozpětí ukazováčku a palce na noze, prodělaná poranění a jejich následky. Na základě této identifikace byly po té lidem vypláceny mzdy a provize za pěstované a prodané obilí. Před vyplacením mzdy vždy proběhla ověření s písemnými záznamy. Informace o biometrické identifikaci jsou zaznamenány i ve Starém zákoně, kde je zapsáno vyvraždění 42 000 uprchlíků, které vojáci identifikovali podle chybné výslovnosti určitého slova. Staří Číňané a Babyloňané zase potvrzovali obchodní smlouvy otiskem palce na hliněných destičkách. Postupně se pro identifikaci osob začaly využívat i další metody, např. tzv. Bertillonáž, spočívající v popisu a měření rozměrů lidského těla a hlavy, dále otisky prstů, členění podle barvy očí a vlasů. S rozvojem počítačových technologií na konci 60. let se začalo i biometrické rozpoznávání člověka stávat automatizovaným.

V roce 1970 se začala biometrická identifikace využívat i v komerční sféře, např. při evidenci docházky zaměstnanců (systém Identimat - který měřil geometrii ruky) a později vstupu do různých objektů. V současné době je hojně využívanou metodou identifikace osob podle deoxyribonukleové kyseliny (DNA). Ve vyspělých zemích již fungují registry DNA a jsou používány při odhalování pachatelů trestných činů. Často používané jsou také

metody určené k identifikaci osob podle hlasu a pachu lidského těla. Zatímco dříve byla biomerická identifikace využívána zejména v kriminalistice, nyní se uplatňuje i v dalších oborech lidské činnosti.

Příklady využití v současnosti:

- cestovní ruch – kontroly na letištích, celní kontroly, nelegální migrace
- telekomunikace - automatické vytáčení telefonního čísla, odhalení národnosti podle jazyka
- platební a bankovní karty - otisk prstu, podpis
- ochrana majetku a vstupu do objektu - rozpoznávání lidské tváře, otisk prstu při ovládání dveří nebo auta
- identifikace osob – hraniční kontroly, vystavování dokladů, dávky sociální podpory
- kontrola pracovní docházky - otisk prstu
- kriminalistika – vyhledávání ztracených osob, usvědčení pachatelů trestných činů

Výhody biometrické identifikace: rychlost, pohodlnost a efektivita:

- vysoký stupeň spolehlivost
- nepřenositelnost na jinou osobu
- nízké provozní náklady
- je těžké (někdy téměř nemožné) ji zcizit nebo napodobit
- nedá se zapomenout nebo ztratit

Nevýhody biometrické identifikace:

- nutnost dostatečného zabezpečení databáze s biometrickými daty
- otázka ochrany a zneužití osobních údajů
- někdy vysoké pořizovací náklady na snímací zařízení

2.3 Pojmy identita, identifikace, verifikace

Biometrická Identifikace/verifikace je využití jedinečných, měřitelných, fyzikálních nebo fyziologických znaků (tzv. markantů) nebo projevů člověka k jednoznačnému zjištění (identifikace) nebo ověření (verifikace) jeho identity.

Pojem IDENTITA z latinského identita odvozené od slova idem - stejný, neboli totožnost se používá tehdy, když porovnáváné pojmy, objekty apod. jsou záměnné takovým způsobem, že mezi ně můžeme klást znaménko rovnosti. Identitu chápeme tedy jako totožnost něčeho s něčím, nebo se sebou samým [5]. Podle základního principu identity každá osoba je identická jen a pouze sama se sebou. Dále je prokázáno, že naše fyzické i psychické charakteristiky jsou jedinečné a lze je použít pro identifikaci osob s velmi vysokou jedinečností. Identitu je pak téměř absolutně nemožné napodobit nebo odcizit.

Identifikace je proces porovnání, ztotožnění (v anglosaské literatuře „One-to-Many Matching“ jeden k mnoha) nasnímaného biometrického vzorku se všemi referenčními šablonami, uloženými v databázi nebo (seznamu apod.) vedoucí ke zjištění, která referenční šablona (je-li v databázi) odpovídá šabloně vytvořené z nasnímaného vzorku. Identifikující biometrická aplikace pak rozpozná totožnost prověřované osoby. Identifikace odpovídá na otázku „Kdo to je?“ [4].

Verifikace je proces porovnání („One-To-One Matching“. Jeden k jedné, autentizace) jediné šablony vytvořené z nasnímaného biometrického vzorku s jedinou referenční šablonou, patřící prověřované osobě. Cílem je zjistit, zda prověřovaná osoba je opravdu tou osobou, za kterou se vydává nebo navenek jinak jeví. Biometrická aplikace potvrzuje nebo vyvrací identitu prověřované osoby [4].

V uvedených dvou režimech identifikačním a verifikačním pracují biometrické systémy. Z definic je patrné, že proces verifikace, který je v poměru 1:1, je oproti procesu identifikace 1:n rychlejší a výpočetně méně náročný.

2.4 Přehled základních biometrických metod

K identifikaci osob se používají dva typy charakteristik: behaviorální biometrické charakteristiky a anatomicko-fyziologické biometrické charakteristiky. Behaviorální charakteristiky zahrnují specifické rysy lidského chování a jsou méně často používány a jsou také méně přesné a objektivní.

Některá literatura uvádí i další fyziologické charakteristiky například tvar vnějšího ucha, topografie žil zápěstí, pach lidského těla nebo rozměry a váha lidského těla. Při využití jednotlivých charakteristik je důležitým předpokladem jejich jedinečnost, stálost a praktická měřitelnost.

Tab. 2.1: Přehled základní biometrik, převzato: [1]

Přehled základních biometrik			
Typ	Biometrika	Přesnost	Cena
Fyziologické	otisk prstu	***	*
	geometrie ruky	**	**
	rozpoznání obličeje	**	**
	oční duhovka	***	***
	oční sítnice	***	***
	lůžko nehtu	***	**
	DNA	***	***
Behaviorální	ověřování hlasu	*	*
	dynamika podpisu	*	*
	dynamika stisku kláves	**	*
Nízká * Střední ** Vysoká ***			

2.4.1 Otisk prstu

Jedná se o jednu z nejstarších metod, která existuje více než sto let a díky které bylo odhaleno a usvědčeno mnoho pachatelů trestných činů. Bříška prstu, kůže dlaní a chodidla mají různé prolákliny a vyvýšeniny, které vznikají tak, že škára (vrstva kůže, která chrání tělo před poškozením) vybíhá proti pokožce v tzv. papilách a právě na těchto papilárních liniích je metoda založena. Jednotlivé typy charakteristických vzorců papilárních linií klasifikoval Jan Evangelista Purkyně. Jeho klasifikace zahrnovala 9 základních vzorů. Dnes rozeznáváme 3 základní vzory – oblouk, vír a smyčku. Při vyhodnocování otisku prstu je v současné době využívána výpočetní technika, která výrazně přispěla k rychlejší identifikaci osob. Počítačové zpracování otisku prstu zahrnuje 3 fáze: snímání otisku prstu, počítačové zpracování otisku prstu a závěrečné vyhodnocení otisku prstu. Zatímco dříve při manuálním vyhledávání trvala identifikace na pracovišti z deseti specialisty dva týdny, výpočetní technika z poloviny 90. let umožní tuto identifikaci za 2-3 minuty.

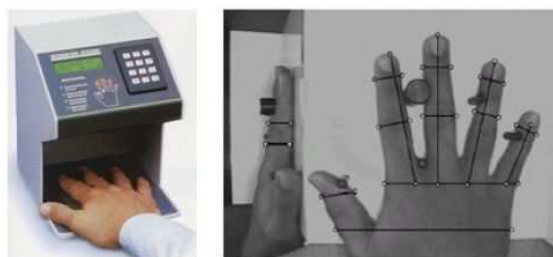


Obr. 2.1 Otisk prstu, převzato z: [12]

2.4.2 Geometrie ruky

Metoda začala být používána ve 20. století. Ruka každého člověka je jinak tvarovaná a u dospělého člověka se tento tvar až na výjimky nemění. Tyto výjimky jsou způsobeny například úrazy nebo změnou tloušťky ruky. U této metody jsou měřeny délky, šířky a tloušťky jednotlivých prstů ruky. Jejich tvar a tedy i rozměry jsou jedinečné a tím se verifikace osob stává velmi přesnou. V potaz se nebere délka nehtů, neboť ta je s časem rychle proměnná. První zařízení na měření geometrie ruky měřilo pouze délku jednotlivých prstů, hovoříme tedy o tzv. jednorozměrné geometrii. Později se kromě délky měřila také šířka prstů - hovoříme o druhé vývojové řadě dvourozměrně orientované. Dnešní zařízení umožňují 3D měření, přibyl tedy ještě rozměr výšky resp. Tloušťky prstu. Stejně jako u jiných biometrik i v případě této metody je nutné pořídit celkový obraz ruky. Současné

moderní třírozměrné skenery jsou schopny snímat geometrické charakteristiky v desítkách bodů během jedné sekundy. Metoda geometrie ruky je technicky i uživatelsky velmi jednoduchá, je snadno použitelná i pro nevidomé. Na konci 20. století se stalo druhou nejrozšířenější verifikační metodou.



Obr. 2.2 Geometrie ruky, převzato z: [12]

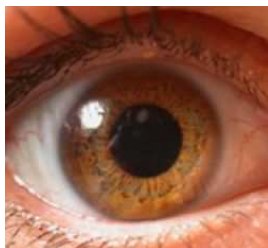
2.4.3 Rozpoznávání obličeje

Rozpoznávání osob podle obličejů je běžnou činností, kterou používáme denně intuitivně. Proto ji považujeme za nejpřirozenější biometrickou techniku. Bylo zjištěno např., že jsme schopni rozeznávat osoby, které jsme neviděli několik desítek let, a že dítě pozná svoji matku již v prvních dvou dnech svého života. Nejstarším a stále významným biometrickým údajem je tvar obličeje. Ten se sice může v čase poněkud měnit a tím není jeho jedinečnost zaručena, ale snadno se snímá. Naše identifikační průkazy jsou zpravidla opatřeny fotografií, což je nejjednodušší způsob záznamu této biometrické charakteristiky. V moderní době lze fotografii převést do digitální podoby a uložit ji ve vhodném formátu. V policejní praxi je rozpoznávání identity člověka používáno mnoho let. Zpočátku se jednalo pouze o klasickou portrétní identifikaci, která později pokračovala biometrickou identifikací, dnes podporovanou automatizovanými technickými prostředky. V laboratorních podmínkách mají tyto biometrické systémy velmi dobré výsledky, v praxi ale nepatří k nejpřesnějším. Jejich nespornou výhodou ale je skutečnost, že kladou minimální nároky na uživatele, snímání vzorků považují za bezpečné a přirozené a mnohdy si jejich pořizování ani neuvědomují.

Počítačově podporovaná identifikace osoby podle její tváře zahrnuje dvě etapy: etapu detekce a lokalizace tváře a etapu rozpoznávání tváře. Systém musí nejprve obličej najít a poté určit jeho souřadnice (lokalizovat ho). V této etapě záleží na typu scény. V etapě druhé dochází k automatickému nalezení základních identifikačních charakteristik a samotné identifikaci, resp. rozpoznání tváře známé již z minulosti. Více o obličeji v kap. 4.

2.4.4 Duhovka oka

Identifikace osob na základě měření unikátních vlastností duhovky je považována za jednu z nejpřesnějších biometrických technik. Duhovka se skládá z náhodně rozmístěných, v čase neměnných barevných struktur, které jsou podobné sněžným vločkám. Žádné dvě duhovky oka nejsou stejné. Pokud budeme lidské oko detailně zkoumat, zjistíme, že duhovka má několik jasně viditelných vnějších charakteristik. Jsou jimi například skvrny, záhyby, rýhy. Identifikace biometrickými systémy je založena na digitalizaci těchto charakteristik a jejich následném srovnání se vzorky uloženými v databázi. Snímek lidského oka je pořízen digitální kamerou umístěnou uvnitř čtecího zařízení. Získaný snímek je černobílý a vyznačuje se vysokým rozlišením. Fotografie je dále zpracována softwarem lokalizujícím vnitřní a vnější okraje duhovky a dochází k výpočtu šablony. Myšlenka identifikace osob touto metodou byla patentována v roce 1987 a v současné době je využívána v některých věznicích, letištích a přístavech.



Obr. 2.3 Duhovka oka, převzato z: [12]

2.4.5 Oční sítnice

Tato metoda provádí identifikaci osob na základě snímání a srovnávání obrazu vzoru sítnice. Jedná se o světlocitlivý povrch zadní strany oka. Uvedená biometrická technika porovnává strukturu sítnice v okolí tzv. slepé skvrny. Snímky sítnice se získávají za použití specializovaných kamer, pro osvětlení sítnice se v současné době používá infračervené světlo. První funkční prototyp zařízení pro identifikaci osob pomocí této metody byl vyroben v roce 1981, sériově byly vyráběny až o 4 roky později. K výhodám skenování oční sítnice patří vysoká přesnost a rychlost. K nevýhodám patří malá uživatelská příjemnost současných snímačů. Snímací zařízení je třeba přiblížit k oku a vydržet bez pohybu 10 až 15 sekund. Nevýhodou je také nemožnost jejich použití ve venkovním prostředí, což souvisí s malou velikostí čočky a množstvím okolního světla, které ovlivňuje získaný snímek. Vstupní čtecí zařízení je konstruováno pro uchycení na

zed'. Roli při používání této metody hraje i vysoká cena snímačů očních sítnice. V souvislosti se všemi uvedenými nedostatky je tato metoda využívána pouze zřídka.

2.4.6 Lůžko nehtu

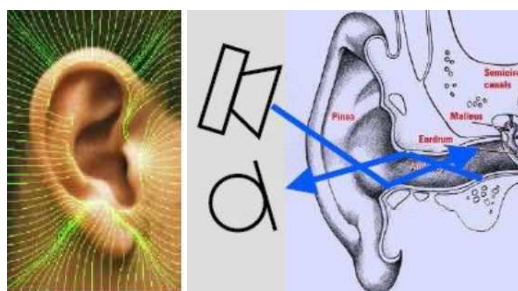
Povrch nehtu není rovný, ale kopíruje tvar lůžka nehtu, které se nachází pod ním. Každý člověk má jiný tvar lůžka a tento tvar je unikátní i u každého jeho prstu. Pokud se nehet osvítil pod správným úhlem, můžeme analyzovat fázové změny paprsku po odrazu a jako výsledek získat reprezentaci lůžka nehtu, která se podobá čárovému kódu.

2.4.7 DNA (deoxyribonukleová kyselina)

DNA slouží jako základní nositelka genetické informace a lze ji izolovat ze všech částí lidského těla, např. z krve, slin, vlasů. Každá osoba má jedinečnou DNA s výjimkou jednovaječných dvojčat. DNA se s přibývajícím věkem nemění a zůstává stejná po celou délku života. Získání DNA je poměrně složité. Poprvé byla identifikace osob na základě analýzy DNA použita v r. 1984 při odhalení viníka vraždy dvou mladých dívek. I v současné době používá zejména v policejní praxi. Technologie se zatím stále vyvíjí. Problémy se vyskytují zvláště při odběru vzorků (neexistuje bezkontaktní způsob odběru vzorků).

2.4.8 Ucho

Identifikační metoda založená na otiscích uší se začala používat teprve před několika dávnými lety. U lidského ucha jsou analyzovány dvě charakteristiky tvar ucha a ozvěna vrácená kanálkem. V případě tvaru ucha jsou zkoumány vzdálenosti mezi význačnými body. Druhá technika byla navržena počátkem roku 2003 a předpokládá s použitím čtecího zařízení v podobě telefonního sluchátka. Při identifikaci se ze sluchátka ozve posloupnost různých klapavých zvuků. Poté dojde k analýze ozvěny vrácené uchem identifikované osoby. Tvůrce systému vidí uplatnění například v ochraně mobilních telefonů proti zneužití po odcizení.



Obr. 2.4 Ucho, převzato z: [12]

2.4.9 Ověřování hlasu

Jedná se o metodu, která začala být využívána v 60. a na začátku 70. let 20. Století. V průběhu let dochází k jejímu zkoumání a zdokonalování a patří mezi metody kontroverzní. Lidský hlas obsahuje biometrické charakteristiky, které nejdou napodobit nebo zapomenout. Jedná se o tvar a rezonanci ústní dutiny, jazyka, zubů a hlasivek. Rozpoznávání mluvčího zahrnuje dva vzájemně odlišné úkony a přístupy: verifikaci a identifikaci. Verifikace mluvčího má za úkol potvrdit prohlášení osoby o její identitě. Využívá se například jako potvrzení vstupu do zabezpečených prostor. Při identifikaci mluvčího je identita zjišťována na základě porovnávání dostupných hlasových a řečových znaků ve dvou nezávisle zaznamenaných zvukových vzorcích. Výhodou metody založené na verifikaci hlasu je její nízká hardware náročnost, nevýhodou je velká závislost na aktuálním stavu mluvčího. Například běžné nachlazení může identifikaci značně ztížit.

2.4.10 Dynamika podpisu

Původ této techniky je v konvenčním podpisu. Zatímco dříve se byl zpracováván jen statický obraz podpisu, dnes se vyhodnocují i dynamické charakteristiky při jeho psaní. Dynamika podpisu patří mezi behaviorální charakteristiky. Měří se zejména rychlost pera, tlak na podložku, směr podpisu, styl jednotlivých tahů apod. Klasický podpis lze celkem jednoduše zneužít lze ho například oskenovat a pořízený falzifikát zneužívat. Systém měřící dynamiku podpisu však porovnává podpis se vzorem ve čtyřech rozměrech najednou, a proto je možnost zneužití mnohem nižší. U lidí, jejichž dynamika podpisu se vždy výrazně liší, mohou ale při použití této metody vzniknout problémy s korektní verifikací.

2.4.11 Psaní na klávesnici a dynamika pohybu myši

Rytmus, kterým člověk píše na klávesnici, a pohyb myši patří rovněž k akceptovatelným biometrickým metodám. Měří se čas stlačení klávesy a doba trvání jejího stisku, celková rychlost psaní, u myši pak např. kreslení nějakého vzoru. Dále se sleduje např. frekvence chyb, styl psaní velkých písmen, síla použitá pro stisk klávesy. Metodu používala za již za druhé světové války britská tajná služba k ověření autenticity radiotelegrafických zpráv.

2.4.12 Chůze

Rozpoznávání člověka na základě jeho chůze je metodou, která se v současné době vyvíjí a jsou do ní vkládány velké naděje. Její velkou výhodou oproti většině dalších metod je bezkontaktnost. Pro člověka samotného tedy není tím pádem nepříjemná. Předpokládá

se využití této metody v běžném terénu a prostředí, které je dnes sledováno pomocí průmyslovými kamerami a jejichž obraz je sveden do operačních centrál.

2.5 Práce s biometrickými systémy

2.5.1 Etapy biometrického zpracování

Každé biometrické zpracování má pět základních etap: sběr (snímání) biometrických dat, přenos dat, zpracování naměřeného signálu, proces rozhodování a uložení dat [5].

Sběr dat

Biometrické zpracování začíná sběrem biometrických dat. Základním předpokladem identifikace/verifikace je jednoznačnost identifikačních charakteristik (tzv. markantů), jejich měřitelnost a časová stálost (neměnnost). Jinými slovy měření biometrických charakteristik musí být opakovatelný jev a při každém měření musíme dosáhnout stejných naměřených hodnot, nebo hodnot s předem známou a vyhovující chybovostí [5]. V etapě sběru dat jsou osobám vědomě nebo nevědomě snímány jejich biometrické charakteristiky. K tomu dochází za pomoci snímacího senzoru, např. prostřednictvím kamery, mikrofonu, mechanického otisku palce atp. Při sběru dat je důležité dodržovat určitá pravidla, např. snímat vzorky v určité vzdálenosti, při určitých vnějších podmínkách, počítat s chováním měřených osob, které mohou získání vzorku ovlivnit. Důležité jsou rovněž technické charakteristiky, např. rychlost, přesnost měření, technologické požadavky definující parametry snímacího senzoru a následné zpracování.

Přenos dat

Biometrická data nejsou vždy sbírána, ukládána a zpracovávána na stejném místě. Proto je třeba zabezpečit jejich přenos. Z důvodu efektivity přenosu dat a jejich uložení dochází před vlastním přenosem ke komprimaci dat. Tím však dochází k určité ztrátě kvality dekomprimovaného signálu.

Zpracování naměřeného signálu (vzorku)

Tato fáze zahrnuje extrakci tzv. šablony ze vzorku, kontrolu kvality a vyhledání v databázi, které je prováděno porovnáním s dalšími vzorky markantů (šablon). Šablona je matematické vyjádření fyzické, chemické, biologické podstaty biometrického vzorku. V procesu kontroly kvality je zjišťováno, zda získaný biometrický vzorek je dostatečně kvalitní a pokud tomu tak není, je třeba získat vzorek nový. Po extrakci a kontrole kvality je šablona odeslána do porovnávacího procesu. Porovnávání se uskutečňuje mezi šablonou právě nasnímaného vzorku a šablonami již dříve nasnímaných a do databáze uložených vzorků.

V kriminalistické sféře, ale poslední době i sféře komerční nebo vládní se hovoří o identifikaci a verifikaci osob (viz. kap. 2.3).

Rozhodování

V etapě rozhodování je stanoven identifikační závěr. U aplikací bezpečnostně-komerčních je etapa rozhodování automatizovaná a aplikace umožní nebo neumožní osobu autorizovat k další činnosti. V policejně-soudní sféře stanovuje identifikační závěr člověk, resp. odborník, soudní znalec atp. V případě prvního zavádění biometrické šablony do databáze etapa rozhodování samozřejmě odpadá.

Uložení dat

V této poslední etapě dochází k ukládání jedné nebo více referenčních šablon. Někdy jsou ukládána i data, která byla nasbírána biometrickými senzory. Ukládání dat je kapacitně náročné, přičemž nejnáročnější jsou originálně nasnímané vzorky. Vlastní šablony už zabírají místa méně. Ne vždy jsou proto všechny nasnímané vzorky uloženy. Vzhledem k vývoji technologií daných biometrických metod je však ukládání původně nasnímaných hodnot preferováno, neboť je možné je dále kvalitně využívat.

2.5.2 Chyby biometrických systémů

Mezi základní chyby biometrických systémů patří: míra chybného přijetí (False Acceptance Rate, FAR) a míra chybného odmítnutí (False Rejection Rate, FRR). Tyto veličiny udávají, s jakou pravděpodobností může dojít k chybě v biometrickém systému.

Pravděpodobnost chybného odmítnutí je definována:

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EIA}} \text{ nebo } FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EVA}} \quad (2.1)$$

kde:

N_{FR} - počet chybných odmítnutí (Numer of False Rejection).

N_{EIA} - počet pokusů oprávněných osob o identifikaci (Numer od Enrolle Identification Attempts).

N_{EVA} - počet oprávněných osob o verifikaci (Numer of Enrolle Verification Attempts).

Pravděpodobnost chybného přijetí FAR je definována :

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IIA}} \text{ nebo } FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IVA}} \quad (2.2)$$

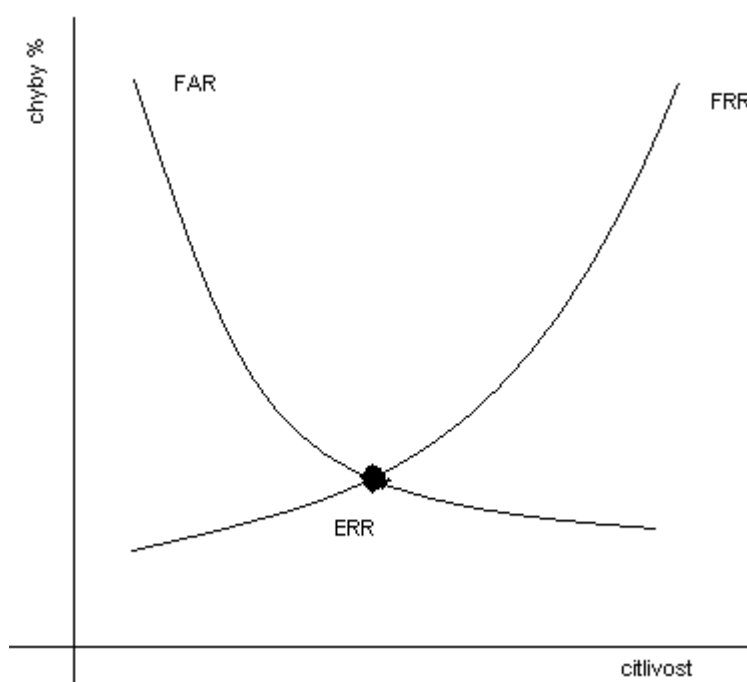
kde:

N_{FA} - Numer of False Acceptance (počet chybných přijetí) -

N_{IIA} - Numer of Impostor Identification Attempts (počet pokusů neoprávněných osob o identifikaci).

N_{IVA} - Numer of Impostor Verification Attempts (počet pokusů neoprávněných osob o verifikaci) [5].

Míra chybného přijetí by se dala definovat jako nesprávně povolený přístup, při míře chybného odmítnutí je naopak známá osoba označena za podvodníka a její vstup je zamítnut.



Obr. 2.5 Graf závislost FRR a FAR na prahové hodnotě

Z grafu (2.1) je zřejmé, že čím je vyšší FRR, tím je nižší je FAR a naopak. Hodnota, kde se FAR a FRR rovnají, se nazývá míra rovné chyby (Equal Error Rate, EER).

3 ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

3.1 Postup zpracování a rozpoznávání obrazu

Předmětem zpracování a případného rozpoznávání obrazu je obrazová informace o reálném světě. Postup zpracování a rozpoznávání obrazu je možné rozdělit do pěti základních kroků: snímání, digitalizace a uložení obrazu v počítači, předzpracování, segmentace obrazu na objekty, popis objektů a porozumění obsahu obrazu (často jen klasifikace objektů).

3.1.1 Snímání, digitalizace a uložení obrazu v počítači

Mezi snímací zařízení patří např. scanner nebo záznam TV kamery. Při snímání dochází k převádění vstupní optické veličiny na elektrický spojitý signál v čase i úrovni. Následuje digitalizace, ve které se převádí elektrický spojitý signál do diskrétního tvaru. K tomu dochází ve dvou krocích: vzorkování a kvantování. Výsledkem je matice čísel, která popisuje obraz. Jeden prvek z matice se nazývá pixel (picture element). Vzorkování se provádí podle Shanonovy věty, jejíž teorie spočívá v minimálně dvakrát větší frekvenci vzorkování, než je nejvyšší frekvence ve vzorkovaném signálu. Při procesu kvantování se zaznamenává amplituda zpracovávaného signálu jako digitální údaj. Kvantování může být uniformní nebo neuniformní. Uniformní kvantování používá stejnou délku intervalu pro vzorkování. Kvantování přiřazuje každému vzorku úrovně a musí být dostatečně jemné, aby nedocházelo ke ztrátě informace a zkreslení signálu.

3.1.2 Předzpracování

Předzpracováním obrazu se rozumí odstranění šumu a zkreslení vzniklé při digitalizaci, nebo můžeme v tomto kroku připravit obraz pro další zpracování, např. hledáním vysokých úrovní jasu, hledáním hran či zvýraznění vybraných barev. Výstupem předzpracování jsou obrazová data, která reprezentují digitální obraz. Jednou z metod předzpracování obrazu je jasová transformace. Například jasové korekce (metoda jasové transformace) potlačují poruchy, které jsou způsobeny třeba nerovnoměrným osvětlením. Pokud snímáme např. jiné než plošné, je získaný obraz zatížen geometrickým zkreslením (družicové snímky země). K potlačení tohoto jevu nám slouží geometrické transformace.

3.1.3 Segmentace obrazu na objekty

Třetí fází zpracování obrazu je segmentace, která umožňuje objevit objekty, které jsou předmětem dalšího zkoumání. Jednou z nejstarších, nejjednodušších a zároveň nejrychlejších segmentačních metod je tzv. prahování, které vychází z odrazivosti a

pohltivosti. Volba velikosti prahu je nejdůležitějším kritériem celého procesu. Jestliže použijeme jedinou hodnotu prahu na celý obraz, nemusí být výsledek dostačující, proto se využívá tzv. automatického hledání prahování, které může každou část prahovat s jinou hodnotou prahu.

3.1.4 Popis objektů

Čtvrtým krokem je popis nalezených objektů v obraze. Obraz můžeme popsat buď kvalitativně nebo kvantitativně. Kvantitativní popis spočívá v popsání pomocí číselných charakteristik, které udávají velikost objektu, kompaktnost apod. Kvalitativní popis je určen pomocí relací mezi objekty a jejich tvarové vlastnosti. Výběr popisu vždy závisí na tom, co chceme dále s obrazem dělat, protože popis objektu je vstupní informací k porozumění obrazu.

3.1.5 Porozumění obsahu obrazu

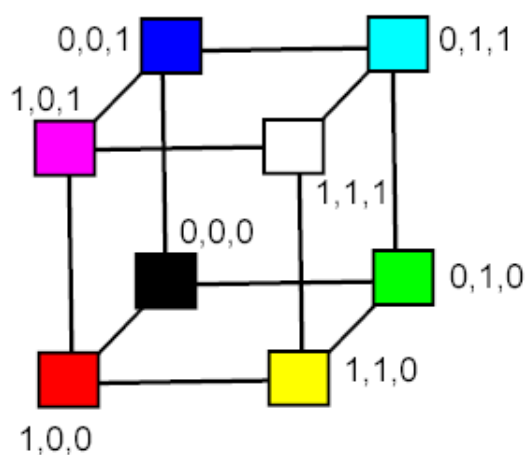
Poslední částí při zpracování obrazu je porozumění obsahu v obraze. Jedná se o zařazení nalezených objektů do známých tříd. Metody porozumění obsahu obrazu se dělí do dvou skupin, které jsou závislé na popisu. Jde o strukturální a příznakové rozpoznávání. Příznakové metody jsou popsány pomocí číselných charakteristik objektů. Vychází tedy z kvantitativního popisu. Strukturální metody naopak využívají kvalitativní popis objektů.

3.2 Barevné prostory

Barvy, které jsou používány při vytváření obrazu, jsou tvořeny kombinací několika základních barev z barevného spektra. Důležité je vybrat barevný prostor takový, který je vhodný pro detekci tváře. K nejvhodnějším patří prostory RGB a YCbCr.

Prostor RGB

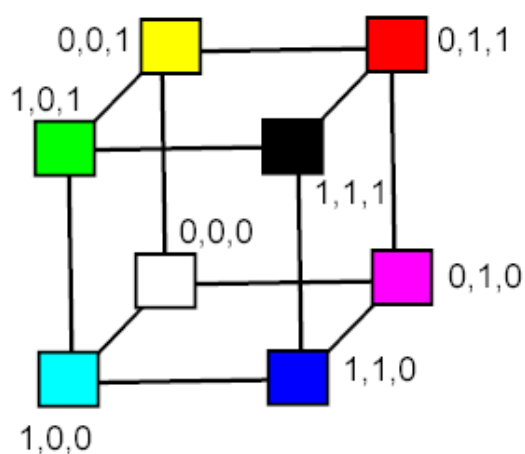
Barevný prostor RGB se používá pro snímání a zobrazování barevného obrazu. V tomto barevném prostoru je obraz vytvářen pomocí tří základních barev červené (R, red), zelené (G, green) a modré (B, blue). Skládáním těchto tří barev v plné intenzitě vytvoříme barvu bílou, jedná se o tzv. aditivní skládání barev. Pomocí geometrické reprezentace si můžeme barevný model představit jako krychli, kde vrchol je barva černá v zastoupení RGB (0,0,0) a protější vrchol barva bílá v zastoupení RGB (1,1,1).



Obr. 3.1: Barevný prostor RGB [6]

Prostor CMY

Barevnému prostoru CMY (C, kyan- modrozelená, M, magenta-purpurová, Y, yellow-žlutá) se říká subtraktivní a používá se pro tisk. U subtraktivního modelu odpovídá počátek barvě bílé a vrchol 1,1,1 barvě černé. Tzn. čím více dané barvy dodáváme, tím tmavší dostaneme. CMY se označují jako doplňkové k RGB. Překrýváním uvedených tří barev nevznikne dokonalá černá, a proto byl navržen model CMYK (kde K je černá).



Obr. 3.2: Barevný prostor CMY[6]

Prostor YCbCr

Pro zápis obrázku v JPEG formátu se používá prostor, který odděluje jasovou složku. Převod mezi RGB a YCbCr je jednoduchý.

Cb – určuje rozdíl mezi modrou složkou a referenční hodnotou

Cr – určuje rozdíl mezi červenou složkou a referenční hodnotou

Y – určuje informace o luminanci (jas, váhu, spektrální citlivost)

Převod RGB na YCbCr [6]

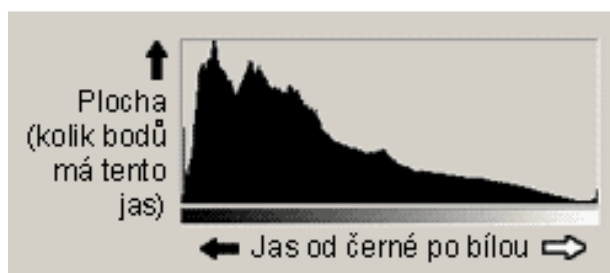
$$Y = 0,299 * R + 0,587 * G + 0,114 * B$$

$$Cb = -0,1687 * R - 0,3313 * G + 0,5 * B + 128$$

$$Cr = 0,5 * R - 0,4187 * G - 0,0813 * B + 128 \quad (3.1)$$

3.3. Histogram

Histogram je statická veličina, která udává množství a frekvenci barev obsažených v obraze. Je to graf, který udává počet pixelů obsažených v obraze. Na vodorovné ose x jsou zobrazovány odstíny od nejtmavějšího po nejsvětější. Na svislé ose y je udáván počet pixelů odpovídajícího jasu.



Obr. 3.3: Histogram, převzato z:[11]

3.4 Afinní transformace [6]

Afinní transformace jsou jedny z nepoužívanějších operací v počítačové grafice. Patří k nim otočení, posun, změna měřítka, zkosení a operace vzniklé jejich skládáním.

Změna měřítka:

Změnou měřítka (scale) docílíme zvětšení či zmenšení objektu ve směru souřadnicových os. Je-li absolutní hodnota měřítkování v intervalu $<0,1>$ dojde ke zmenšení objektu. Pokud je vyšší než 1, dojde k prodloužení. Je-li znaménko u koeficientu záporné, dojde k prodloužení či zmenšení v opačném směru. Rovnice pro změnu měřítka bodu P mají tvar:

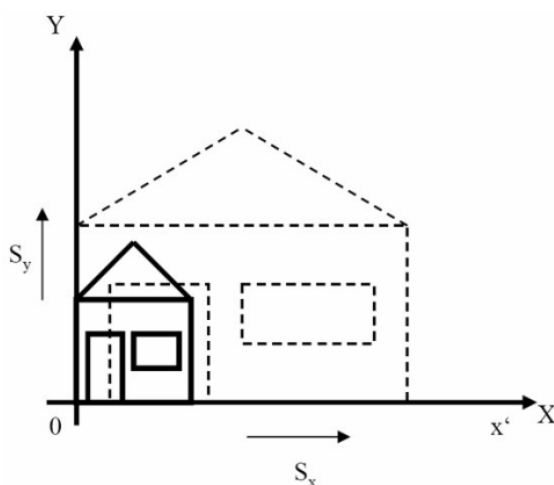
$$X' = S_x X \quad (3.2)$$

$$Y' = S_y Y \quad (3.3)$$

kde S_x je koeficient změny měřítka ve směru souřadnicové osy x a S_y je koeficient změny měřítka ve směru souřadnicové osy y.

Transformační matice:

$$A_S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$



Obr. 3.4: Změna měřítka obrázku

Otáčení

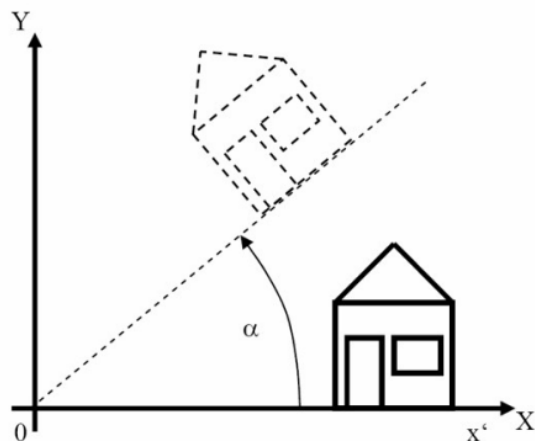
Otáčením (rotation) bodu P kolem počátku soustavy souřadnic $O=[0,0]$ o orientovaný úhel α získáme bod P' o souřadnicích:

$$X' = X \cos \alpha - Y \sin \alpha \quad (3.5)$$

$$Y' = X \sin \alpha + Y \cos \alpha \quad (3.6)$$

Maticové vyjádření transformace otáčení má pro homogenní souřadnice tvar

$$A_R = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$



Obr. 3.5: Rotace obrázku

Posunutí

Transformace posunutí nebo také translace (move, translation) bodu $P[X, Y]$ je určena vektorem posunutí

$$p = (X_T, Y_T) = (X' - X, Y' - Y) \quad (3.8)$$

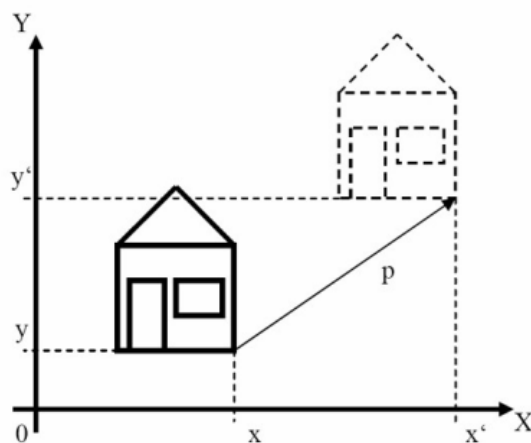
Aplikací této transformace na bod P získáme bod P' o souřadnicích

$$X' = X + X_T \quad (3.9)$$

$$Y' = Y + Y_T \quad (3.10)$$

Maticové vyjádření transformace posunutí má pro homogenní souřadnice tvar

$$A_T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ X_T & Y_T & 1 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$



Obr. 3.6: Posunutí obrázku

Skládání transformací

Při postupném aplikování transformací na bod P záleží na pořadí, v jakém se transformace provádějí. Transformaci vzniklou složením z více transformací lze vyjádřit jedinou maticí, kterou získáme postupným násobením matic. Jelikož záleží na pořadí transformací, záleží i na pořadí násobení matic. Matice jsou násobeny zprava.

4 OBLIČEJ

4.1 Detekce a lokalizace tváře v obraze

Cílem detekce a lokalizace tváře je najít v obraze takové části, které by mohly odpovídat modelu lidské tváře, tyto části dále porovnat a rozhodnout, zda nalezený objekt je reprezentací lidské tváře. Další vlastností je určení polohy nalezeného objektu. Existují dva typy metod statisticky orientované metody a znalostní metody.

Metoda podprostoru

Metoda podprostoru patří mezi metody statisticky orientované. Tato metoda hledá v obraze například oči, ústa, nos atd. charakteristické pro lidskou tvář. Lze-li v obraze tyto části najít, můžeme nalezený obraz považovat za tvář. Je-li v témže podprostoru více obličejových rysů, je nalezený podprostor považován za tvář. Pro následnou identifikaci či verifikaci je nutné získání normalizovaného obrazu, což znamená změnu velikosti, natočení a úpravu jasu. Poté je možné efektivní porovnávání tváří s databází, i když byly snímky pořízeny s různými světelnými podmínkami nebo z různé vzdálenosti pod různými úhly. Pro získání normalizovaného obrazu slouží tzv. afinní transformace. Považovaný obraz tváře je dále identifikován nebo verifikován.

Metody založené na rozložení odstínu šedi v obraze

Tato metoda patří mezi znalostní metody. Je založena na běžných pravidlech o odstínech šedi v lidské tváři. Oblast očí je vždy tmavší než čelo tváře. Mezi tyto metody patří tzv. metoda mozaiky, která spočívá v dělení obrazu do čtyř částí. Dále se v těchto částech hledají identifikační markanty, např. oči, ústa nebo nos, které mají svoje ojedinělé šedé oblasti. Pokud nejsou tyto markanty nalezeny, obraz již dále nezkoumáme. Pokud jsou nalezeny, rozdělíme obraz detailněji na osm částí, kde znovu zkoumáme, jestli se vyskytují zmíněné markanty. Po nalezení markantů můžeme obraz považovat za tvář a určit její polohu.

Barva kůže

Je to jedna z nejjednodušších metod detekce tváře založená na hledání oblastí, které odpovídají barvě kůže. Ke klasifikaci je možné použití různých barevných prostorů, např. RGB nebo v nejčastějším případě prostor YCbCr. Předpokládáme tedy, že máme k dispozici barevný záznam obrazu. Pro detekci barvy kůže může být zavádějící pozadí shodné s barvou kůže, proto je nutné tuto metodu doplnit o hledání identifikačních markantů, jako jsou například oči. Výhodou této metody je rychlost a jednoduchost.

Detekce obličeje na základě strojového učení

Detekce probíhá na základě klasifikačního algoritmu, který rozhoduje o tom, jestli je na výřezu snímku obličej. Detektor předkládá klasifikátoru výřezy a ten označí pozitivní shodu. Algoritmus prochází celý obraz s různě velkými výřezy, popřípadě mění i natočení. Algoritmus je možné použít i k vyhledávání různých rysů v obličeji.

Symetrická metoda

Metoda se zakládá na symetrii obličeje. Detekce spočívá v nalezení symetrického obrazce odpovídajícího charakteristikám lidské tváře. [5]

Detekce a lokalizace tváře je složitá operace v praxi se využívá kombinace několika metod pro zvýšení přesnosti a zamezení falešné pozitivní detekce.

4.2 Rozpoznání tváře

Úkolem rozpoznání tváře je najít jedinečné charakteristiky, které nám budou sloužit k identifikaci či verifikaci osob v obraze. Opět existuje několik metod, které jsou pro rozpoznávání tváře používány [5].

Metody rozpoznávání tváře založené na rozložení odstínu šedi

Stejně jako pro detekci a lokalizaci tváře v obraze je využívána metoda mozaiky i pro rozpoznání odpovídající tváře. Metoda mozaiky rozdělí tvář na geometrické segmenty, které jsou porovnávány se segmenty z známých tváří uložených v databázi. Identifikace či verifikace končí v momentě, kdy je nalezena shoda segmentů.

Metody založené na geometrických tvarech a identifikačních markantech

Jedná se o metody, které se zaměřují na charakteristiky očí, úst, nosu a brady, které vytvářejí konkrétní podobu tváře každého člověka. Identifikace probíhá pomocí geometrických vzdáleností těchto markantů.

Neuronové sítě pro rozpoznávání tváří

Metody neuronových sítí, které se používají pro rozpoznávání lidských tváří, můžeme rozdělit do dvou kategorií. U první kategorie mluvíme o metodě, která je využita pouze ve fázi konečného rozpoznávání tváří. Ve druhém případě jsou metody využity nejen pro závěrečné rozpoznávání ale také pro určování jednotlivých identifikačních charakteristik.

5 VYUŽITÍ VIOLA-JONES DETEKTORU PRO DETEKCI OČÍ

Další část práce bude věnována popisu principu Viola-Jones detektoru a jeho využití pro detekci očí v obrazových datech, kde budou jako vstupní data předpokládány výřezy obličejů z přední části bez natočení. Detekce očí je jednou z nejdůležitějších věcí při identifikaci pomocí obličeje, protože se nachází zhruba ve stejné ose a jsou neměnné. Od nich se potom dá předpokládat další umístění ostatních obličejových rysů jako rty nebo nos.



Obr. 5.1 Ukázka vstupních trénovacích dat

Detektor Viola-Jones se skládá ze tří částí integrálního obrazu, Haarovy příznaky a klasifikační algoritmus *AdaBoost*. Jde o metodu založenou na vzhledu. Hledání obecného objektu v obrazu spočívá v prohledávání obrazu a vyhodnocování, zda jde o hledaný objekt či pozadí. Prohledávání obrazu probíhá v několika fázích s různými velikostmi hledaného objektu. Tento proces se nazývá trénování a zajišťuje ho klasifikační algoritmus *AdaBoost*.

Integrální obraz

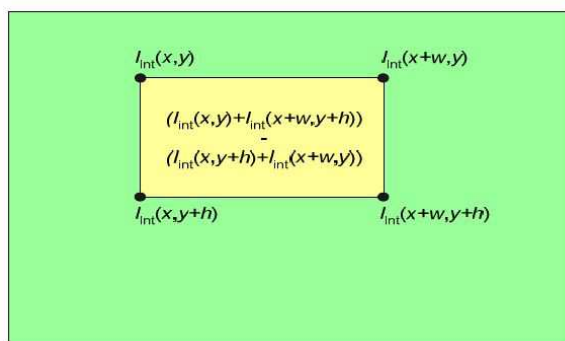
Integrální obraz snižuje výpočetní náročnost při výpočtech Haarových příznaků. Každý bod integrálního obrazu je součtem jasových hodnot všech předcházejících hodnot v řádku dle rovnice:

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + I(x, y), \quad (5.1)$$

$$I_{int} = I_{int}(x - 1, y) + s(x, y), \quad (5.2)$$

kde $s(x, y)$ je součet hodnot v řádku obrazu, $I(x, y)$ vyjadřuje hodnoty původního obrazu a I_{int} jsou hodnoty integrálního obrazu. Zjednodušení spočívá v tom, že se nemusí pro každý bod počítat rozdíl ploch.

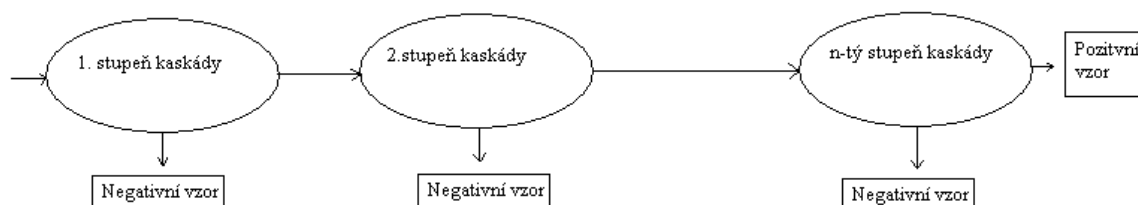
Výpočet libovolného obdélníku se zjednoduší na dvě operace sčítání a jedno odčítání viz obr. 5.2 kde x, y jsou počáteční souřadnice a w, h jsou rozměry obdélníku.



Obr. 5.2 Příklad výpočtu sumy libovolného obdélníku pomocí integrálního obrazu [9]

Kaskáda

Dalším urychlením v celém procesu je vytvoření několika klasifikátorů zapojených do tzv. kaskády. Využívá se předpokladu, že v obraze je větší zastoupení negativních vzorů (pozadí) než pozitivních vzorů. První stupeň kaskády vyhodnotí hned až 80% obrazu jako pozadí, hledané objekty propustí dál. Postupným procházením obrazu všemi stupni kaskády lze detekovat pozitivní vzory s vyšší přesností.



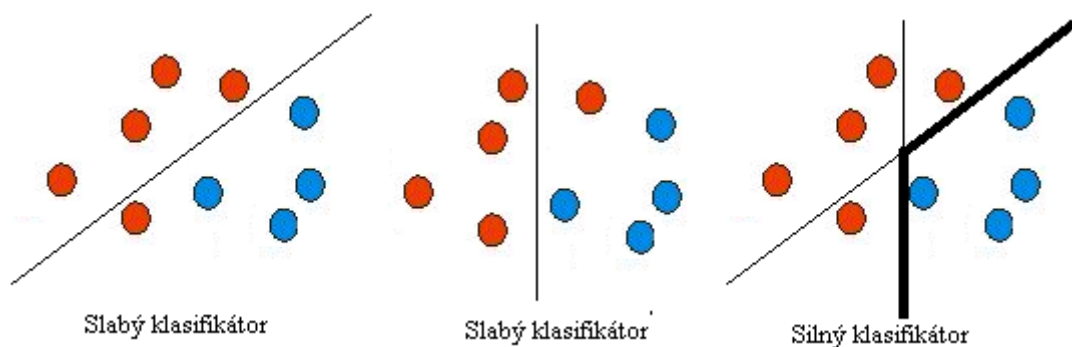
Obr. 5.3 Princip kaskády klasifikátorů

AdaBoost

Klasifikační algoritmus AdaBoost patří do skupiny algoritmů strojového učení. Vstupem algoritmu je množina příznaků a výstupem silný klasifikátor. Výhodou tohoto klasifikátoru je nízká výpočetní náročnost a nízké nároky na osvětlení, při kterých je snímek pořizován. AdaBoost pracuje s šedotónovými obrazy.

Adaboosting vychází z natrenování množiny kladných a záporných vzorů. Jako pozitivní vzory jsou výřezy očí, jako záporné pozadí obličejů. Klasifikační algoritmus vytváří tzv. slabé klasifikátory. Slabý klasifikátor má úspěšnost rozeznání hledaného objektu od pozadí větší než 50%. Kombinací několika lineárních slabých klasifikátorů lze vytvořit silný

nelineární klasifikátor. Kriterium pro ukončení trénování může být dosažení požadované celkové spolehlivosti [8]. Váhy se pro každý klasifikátor nastavují tak, že váha špatně detekovaných objektů se zvýší a váha správně detekovaných objektů sníží.



Obr. 5.4 Příklad vytvoření silného klasifikátoru

Postup učení klasifikátoru:

Mějme sadu slabých klasifikátorů a trénovací množinu dat.

1. Nastav váhu trénovacích dat na výchozí hodnotu
2. Z množiny slabých klasifikátorů vyber ten, který dosahuje nejlepších výsledků na trénovacích datech (v závislosti na vahách)
3. Výpočítej koeficient pro tento klasifikátor na základě jeho úspěšnosti
4. Uprav váhy trénovacích dat tak, že váha roste pro data, která jsou špatně klasifikována a naopak
5. Pokračuje krokem 2, dokud není výsledný klasifikátor dostatečně přesný [8]

1. Vstup:

$$S = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}, \text{ počet iterací } T$$

2. Inicializace vah:

$$D_1(i) = \frac{1}{m}$$

3. Cyklus pro $t = 1, \dots, T$:

a. Výběr klasifikátoru na základě vážené trénovací chyby

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^m D_t(i) I[y_i \neq h_j(x_i)]$$
$$h_t = \arg \min_{h_j \in H} \varepsilon_j$$

b. Pokud

$$\varepsilon_t = 0 \text{ nebo } \varepsilon_t \geq \frac{1}{2}, \text{ pak konec cyklu}$$

c. Nastavení

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \log \left(\frac{1 - \varepsilon_t}{\varepsilon_t} \right)$$

d. Úprava vah

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i) e^{-\alpha_t y_i h_t(x_i)}}{Z_t}$$

$$\text{kde } Z_t = \sum_{i=1}^m D_t(i) e^{-\alpha_t y_i h_t(x_i)}$$

4. Výstup

$$H(x) = \text{sign} \left(\sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \right)$$

Proces učení klasifikačního algoritmu AdaBoost [10]

Haarovy příznaky

Haarovy příznaky jsou vstupem pro klasifikační algoritmus AdaBoost. Příznaky se vypočítají jako rozdíl světlých a tmavých částí obrazu. Základní příznaky jsou na obr. 5.5 a skládají se ze dvou, tří nebo čtyř obdélníků. Tyto příznaky prochází celý vstupní obraz od nejmenších rozměrů až do velikosti vstupního obrazu.



Obr. 5.5 Základní Haarovy příznaky

Trénovací množina dat pro detekci očí:

Trénovací množina byla vytvořena a skládá se ze 180 pozitivních vzorů očí a 200 negativních vzorů, různé části obličeje, které neobsahují oči. Databáze byla vytvořena ze snímků stažených na [14],[15],[16]. Na obr. 5.6 je ukázka pozitivních vzorů. Na obr. 5.7 je ukázka negativních vzorů. Rozměry vzorů jsou v rozmezí 20x12 až 20x25 pixelů. Jako příznaky jsou použity základní Haarovy příznaky. Pomocí této množiny byl natrénován detektor Viola-Jones. Trénování se provedlo pomocí evoluce, která nastaví parametry. Evolučně bylo nastaveno 21 stupňů kaskády, kdy v první kaskádě jsou 3 příznaky a v poslední 203. Velikost detekčního okna byla nastavena na 20x12pix. Celkový počet příznaků je 51436 ze kterých je vybíráno. Při trénování byla využita aplikace, kde na vstupních obrázcích je označena pozice pozitivních vzorů a do textového souboru uložena informace o souřadnicích výskytu těchto vzorů. Dále byl zdrojový kód upraven tak, aby při detekci byly detekovány pouze dvě nejlepší shody – funkce „best one detection“. Bez této funkce by byly ukazovány falešné pozitivní detekce. Jako vstupní obrázek je předpokládán pouze obličej s jednotným pozadím.



Obr. 5.6 Ukázka pozitivních vzorů z trénovací množiny



Obr. 5.7 Ukázka negativních vzorů z trénovací množiny

Výsledky

Kaskáda byla natrénována a použita k detekci. Na vytvořené databázi, která obsahuje 30 obrázků obličeje, byl proveden test. Databáze byla rovněž vytvořena z obrázků stažených z [14],[15],[16]. Detekce je považována úspěšnou, pokud jsou detekovány obě oči. Ukázka detekce na trénovacích datech na obr. 5.8. Za pomoci funkce „best one detection“ byly zobrazovány pouze dvě nejlepší shody. Z 30 obrázků byla detekce úspěšná u 21. V 7 případech bylo detekováno pouze jedno oko a druhý objekt nebyl oblastí oka. V jednom případě byla dvakrát detekována jedna pozice oka a v jednom případě nebyla detekována ani jedna pozice očí. Většina falešných detekcí byla u mužských obrázků obličeje. To je nejspíš zapříčiněno pozitivními vzory, které byly z větší části vytvořeny z obrázků, kde byly ženy.



Obr. 5.8 Ukázka detekce z trénovací množiny

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo nastudovat principy identifikace obličeje v obraze a navrhnout metodu, která bude použita pro rozpoznání klíčových bodů obličeje za pomoci Viola-Jones detektoru. Pro zvládnutí práce bylo nutné seznámit se detailně se základními pojmy, které jsou pro realizaci práce důležité. Proto je podstatná část práce věnována teoretickým základům biometrie, která za pomoci nejrůznějších metod zpracování obrazu slouží k ověřování identity nebo řízení přístupu. Podrobně jsou popsány jednotlivé biometrické metody, včetně jejich výhod a nevýhod, a možnosti jejich využití v současnosti. Vysvětleny jsou etapy biometrického zpracování a uvedeny jsou rovněž základní chyby biometrických systémů.

V další části se práce jsem se zabýval problematikou zpracování obrazu. Seznámil jsem se s postupem zpracování obrazu od prvotního snímání přes digitalizaci, segmentaci, popis nalezených objektů až po porozumění obsahu. Popsány jsou také barevné prostory RGB, CMY a YCbCr, který je pro zpracování obrazu nejvhodnější. Jsou zde také popsány nepoužívané operace v počítačové grafice.

Dále jsem se věnoval tématice detekce a lokalizace tváře v obraze. Představil jsem některé metody, které jsou používány pro detekci a rozpoznávání tváře v obraze.

Hlavním přínosem této práce je vytvoření databáze snímků pro porovnávání s jinými metodami detekce očí v obličeji a natrénovaná kaskáda k detekci očí. Jako klíčové body pro detekci byly zvoleny oči z důvodu jejich stálého umístění oproti ostatním rysům obličeje. Detekce byla natrénována pomocí Viola-Jones detektoru. Přesnost detektoru na databázi je 70%. K dosažení maximální jistoty detekce by bylo vhodné kombinovat detektor ještě s jinou metodou detekce. Pro identifikaci obličeje by bylo nutné ještě detekovat přesnou pozici špičky nosu nebo koutky rtů, kde by byla vytvořena geometrická vzdálenost podle které, by bylo možné porovnávat obličeje s databází.

LITERATURA

- [1] BITTO, O. *Šifrování a biometrika aneb tajemné bity a dotyky*. 1. vyd., Computer Media, 2005, 168 s., ISBN 80-86686-48-5.
- [2] DOBEŠ, M. *Zpracování obrazu a algoritmy v C#*. 1. vyd., Praha : BEN – technická literatura, 2008, 143 s., ISBN 978-80-7300-233-6 .
- [3] HLAVÁČ, V.; ŠONKA, M. *Počítačové vidění*. Praha : Grada, 1992, 252 s. ISBN 80-85424-67-3.
- [4] PORADA, V.; RAK, R. *Kriminalita související s informačními a komunikačními technologiemi a identifikace osob na základě projevu lokomoce člověka*. 1. vyd., Praha : Vysoká škola Karlovy Vary, 261 s., ISBN 978 80-254-0797-4.
- [5] RAK, R.; MATYÁŠ, V.; ŘÍHA, V. *Biometrie a identita člověka*. 1. vyd., Praha : Grada, 2008, 631 s. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [6] ŽÁRA, J.; BENEŠ, B.; SOCHOR, J. *Moderní počítačová grafika*. 1. vyd., Praha : Computer Press, 2004, 609 s., ISBN 80-251-0454-0.
- [7] Efektivní detekce významných bodů částí obličeje. <i>Efektivní detekce významných bodů částí obličeje</i> [online]. 2010, č. 57 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://elektrorevue.cz/cz/clanky/zpracovani-signalu/15/efektivni-detekce-vyznamnych-bodu-casti-obliceje/>
- [8] DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. *Biometrie*. 1. vyd. [Brno: M. Dražanský], 2011. ISBN 978-80-254-8979- 6.
- [9] Využití detektoru Viola-Jones pro lokalizaci obličeje a očí v barevných obrazech. [online]. [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/zpracovani-signalu/30/vyuziti-detektoru-viola-jones-pro-lokalizaci-obliceje-a-oci-v-barevných-obrazech/>
- [10] VIOLA, P., JONES, M. *Robust Real-time Object Detection*, 2001. Vancouver, Canada. [online]. [cit. 2012-05-25].
- [11] NOVÁČKOVÁ, Helena. *Biometrické systémy*. Security info [online]. 2010, [cit. 2011-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.securityinfo.cz/124/biometricke-systemy/>>.
- [12] BURDA Karel: *Zabezpečovací systémy*. Přednáškové texty, VUT Brno 2009 [online] [cit. 2011-12-01] Dostupné z WWW: www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=87063
- [13] KARÁSEK, Miroslav. *Systém pro identifikaci osob dle snímku obličeje: Face detection system* [online]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010 [cit. 2012-05-28]. 1 elektronický optický disk [CD-ROM / DVD]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=30779. Bakalářská práce. Vysoké učení technické.
- [14] Pixmac. Pixmac [online]. 2012 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.pixmac.cz/>

[15] Flickr. *Flickr* [online]. 2012 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/>

[16] Public-domain-photos. Public-domain-photos [online]. 2012 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.public-domain-photos.com/>