

Identifikace tváře pomocí systému Vision 3Di

Identification of face with system Vision 3Di

Tomáš Bula

Bakalářská práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš BULA**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Identifikace tváře pomocí systému Vision3Di**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s 3D systémem Vision3Di pro rozpoznání tváře nainstalovaného v laboratoři D309. Proveďte některá typická měření, vyhodnoťte koeficient shody.
2. Prostudujte a navrhnete jak by se dalo po hardwarové a softwarové stránce toto pracoviště propojit s některým existujícím přístupovým systémem.
3. Proveďte průzkum volně dostupných algoritmů nebo programů pro 2D rozpoznání tváře a popište jejich princip funkce.
4. Vyberte vhodný program pro 2D rozpoznání. Pomocí 2D kamery a s využitím Matlabu proveďte snímání a vyhodnocení pro reprezentativní skupinu lidských tváří. Vypočtete koeficient shody.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. RAK, R. MATYÁŠ, V. ŘÍHA, Z. Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích; Praha, Grada 2008, 1. vyd.. ISBN 978-80-247-2365-5. 631 stran.
2. SVOZIL, L. Aspekty biometrické identifikace osob s využitím rozpoznávání tváře, 2009. Bakalářská práce na FAI UTB Zlín. Vedoucí diplomové práce Rudolf Drga.
3. COUFAL, R. Měření a porovnávání parametrů IR kamer s malým rozlišením, 2009. Bakalářská práce na FAI UTB Zlín. Vedoucí diplomové práce Stanislav Goňa.
4. Matlab, Image Acquisition ToolBox. Dokumentace dostupná z <http://www.mathworks.com>.
5. Vision3Di uživatelský manuál. A4 Vision.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Goňa, Ph.D.
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Teoretická část práce obsahuje popis a charakteristiku některých vybraných algoritmů pro 2D rozpoznávání tváře. Jedná se o tyto algoritmy: analyticko-statistická metoda identifikace osoby, grafická metoda identifikace osoby a metoda nejbližší sused. Dále také obsahuje charakteristiku a popis systému Vision 3Di. V praktické části je provedeno rozpoznávání tváře pomocí Vision 3Di a dále také rozpoznávání tváře na základě jejího 2D snímku s využitím MATLABu.

Klíčová slova: obraz tváře, identifikace, markantní bod, kamera, systém Vision 3Di, MATLAB

ABSTRACT

Theoretic part of this work contains characterization of some selected algorithms for 2D identification of face. This work is specifically about these algorithms: analytics-statistics method of identification a person, graphic method of identification a person and method nearest neighbour. Theoretic part so contains description and specification of system Vision 3Di. In the practical part is made identification of face with system Vision 3Di and also 2D identification of face with MATLAB.

Keywords: picture of face, identification, striking point, camera, system Vision 3Di, MATLAB

Na prvním místě chci poděkovat vedoucímu mé práce za jeho vstřícnost a rady během konzultací a také svým rodičům a celé rodině za dlouholetou podporu při studiích.

„Cíl vzdělání. - Vzdělání: objevovat, ne pouze imitovat. Učební techniky bez vnitřního pochopení mohou vést k povrchnosti.“

Bruce Lee

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HISTORIE	11
2 ALGORITMY PRO 2D ROZPOZNÁVÁNÍ TVÁŘE	12
2.1 ANALYTICKO-STATISTICKÁ METODA IDENTIFIKACE OSOBY	12
2.1.1 Princip analyticko-statistické metody.....	14
2.2 GRAFICKÁ METODA IDENTIFIKACE OSOBY	15
2.2.1 Princip grafické identifikační analýzy 5. generace - GIA 5	17
2.3 METODA NEJBLIŽŠÍ SOUSED (NEAREST NEIGHBOUR)	21
2.3.1 Princip metody nejbližší soused	23
3 SYSTÉM VISION 3DI	28
3.1 CHARAKTERISTIKA SYSTÉMU VISION 3DI.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
4 IDENTIFIKACE TVÁŘE POMOCÍ SYSTÉMU VISION 3DI	30
4.1 ÚKOL.....	30
4.2 TECHNICKÁ SPECIFIKACE SYSTÉMU VISION 3DI	30
4.3 POSTUP MĚŘENÍ.....	31
5 VYUŽITÍ DATABÁZE PRO JINÝ PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM	34
5.1 ÚKOL.....	34
5.2 VYUŽITÍ DATABÁZE PRO JINÝ PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM.....	34
5.3 OTEVŘENÍ DATABÁZE V JINÉM DATABÁZOVÉM PROGRAMU	35
6 ZÍSKÁNÍ 2D OBRAZU TVÁŘE POMOCÍ MATLABU	36
6.1 ÚKOL.....	36
6.2 MATLAB, ZÁKLADNÍ INFORMACE.....	36
6.3 TECHNICKÁ SPECIFIKACE WEBOVÉ KAMERY LOGITECH QUICKCAM E 3500.....	36
6.4 POSTUP PRO ZÍSKÁNÍ 2D OBRAZU TVÁŘE POMOCÍ MATLABU.....	37
6.4.1 Vysvětlení funkcí jednotlivých příkazů.....	38
7 2D ROZPOZNÁVÁNÍ TVÁŘÍ V MATLABU	40
7.1 ÚKOL.....	40
7.2 POSTUP MĚŘENÍ.....	40
ZÁVĚR	44
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47

SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK.....	49
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Už od nepaměti, kdy lidé žili ještě v prvních primitivních společnostech, používali k rozpoznávání mezi sebou mimo jiné právě také rozpoznávání podle tváře. Samozřejmě v těch dobách ještě nikdo netušil, že jednou budou existovat různá technická zařízení, která budou schopna zaznamenat ať už 2D tak 3D obrazy tváře a s tímto obrazem potom dále pracovat.

Identifikace osob podle tváře spadá stejně jako např. identifikace osob podle otisku prstů do oblasti nazývané biometrie. V dnešní době existuje celá řada způsobů identifikací na základě biometrických znaků. Předmětem této práce je ovšem zabývat se především již zmiňovanou identifikací osob podle tváře.

V práci se dozvíte, jak fungují některé z 2D algoritmů pro rozpoznávání lidské tváře. O těchto vybraných algoritmech se budeme bavit podrobněji. Pro jejich pochopení si budeme muset zopakovat i něco málo z matematiky, algebry a geometrie.

Důležitým bodem bude také seznámení se systémem Vision 3Di od firmy A4 Vision/Honeywell, který disponuje 3D technologií pro rozpoznávání lidské tváře. O 3D technologiích se dá říci, že jsou v této oblasti nejnovější a nejmodernější.

V praktické části bude provedena identifikace tváře pomocí systému Vision 3Di. Také se seznámíme s MATLABem, pomocí něhož zase provedeme praktické rozpoznávání lidské tváře na základě jejího 2D obrazu. V MATLABu tak budeme řešit dva problémy. Prvním bude získání 2D obrazu (fotografie) tváře pomocí běžně dostupné webové kamery a druhý bude pak samotné rozpoznávání tváře na základě jejího 2D obrazu.

Práce tedy poskytuje odbornější náhled do světa identifikace osob podle tváře. Cílem je, aby čtenář pochopil u každé popsané metody ten nejpodstatnější a stěžejní princip, na kterém je daná metoda založena.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE

Historie rozpoznávání tváře v praxi se přímo odvíjí od postupného vývoje snímacích zařízení respektive fotoaparátů a kamer. Vynález prvního fotoaparátu se datuje už do první poloviny 19. století, zatímco vynález první kamery se objevuje zhruba sto let po vynálezu fotoaparátu, a sice v první polovině 20. století.

První algoritmy pro rozpoznávání tváří vznikaly v druhé polovině dvacátého století. Byly to metody pro 2D rozpoznávání tváře na základě jejího fotografického snímku. Do této doby už pošly především fotoaparáty značným vývojem vpřed. Tyto algoritmy se využívaly hlavně v kriminalistice. V té době měli experti k dispozici opravdu strohé vybavení v podobě kružítek, pravítek a různých jiných měřidel. Veškeré výpočty popřípadě grafické konstrukce museli experti provádět ručně.

V posledních 20 letech zaznamenává obrovský vývoj jak výpočetní technika a samozřejmě se také rozvíjí digitální fotoaparáty a kamery, které postupně vytlačují starší analogová zařízení. Vniká tak veliký prostor pro rozvoj strojového rozpoznávání tváře. Z velké části tento vývoj také umocňuje vznik soukromých bezpečnostních složek a s ním spojený nárůst konkurence na trhu. Proto se firmy snaží vyvíjet modernější zařízení, která využívají pro rozpoznávání 2D nebo modernější 3D obrazy tváře.

V současnosti už běžný vlastník a uživatel biometrického systému pro rozpoznávání osob podle tváře nemusí ovládat složité algoritmy. Veškeré náročné operace za něj udělají moderní počítačové programy. Proto mají dnes tyto systémy široké spektrum využití v praxi.

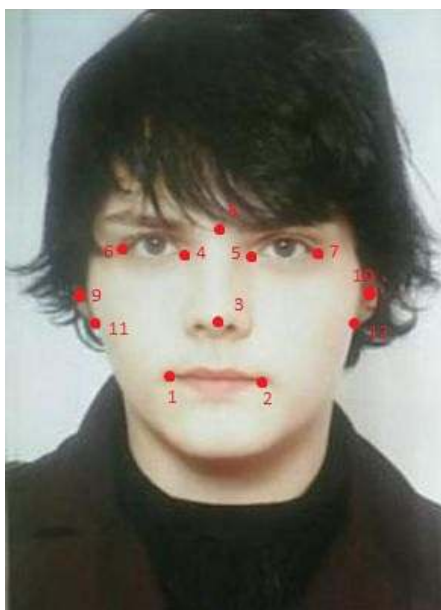
Dnes už se běžně setkáváme s rozpoznávacími zařízeními lidské tváře i u našich osobních notebooků dokonce i fotoaparáty na našich mobilních telefonech jsou schopny rozpoznat lidskou tvář popřípadě úsměv a následně pořídit fotografii v nejvhodnější okamžik.

2 ALGORITMY PRO 2D ROZPOZNÁVÁNÍ TVÁŘE

2.1 Analyticko-statistická metoda identifikace osoby

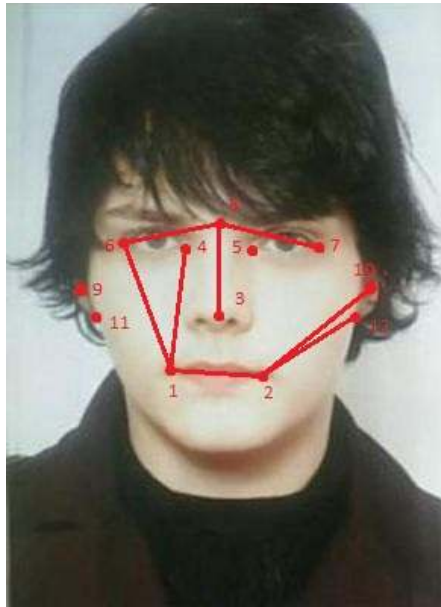
Metoda vychází z informací, které charakterizují prostorovou i lineární strukturu tváře. Tyto informace byly získány studiem a následnou analýzou velkého množství anatomických bodů na tváři člověka, které nejvíce charakterizují individuálnost každého obličeje. Při vědecké analýze bylo prokázáno, že k tomu plně postačuje pouze 12 základních antropologických bodů. Jsou jimi: [1]

- vnitřní a vnější koutky (body 4, 5 a 6, 7) oka,
- vnější horizontální body (1, 2) rtů,
- bod (8), kde nos přechází v čelo,
- bod (3) spodní hrany (špičky) nosu,
- body (9, 10) na chrupavce ucha, chránící vnější zvukovod (tzv. „kozol“ – tragus),
- body (11, 12) přechodu ušního lalůčku do tváře (cauda belicis), [1]



Obrázek 1: 12 základních markantních bodů

Spojením těchto bodů mezi sebou získáme množinu 66 úseček, které potom ještě více budou vyjadřovat prostorovou i lineární identitu lidské tváře.



Obrázek 2: Markantní body spojeny úsečkami

Pokud budeme mezi sebou porovnávat dva fotografické snímky, na nichž jsou tváře vyfotografovány pod stejným úhlem, mohou z toho vzejít pouze dva závěry:

- Jestliže se jedná o jednu a tutéž tvář, pak poměr všech vzájemně si odpovídajících úseček mezi základními identifikačními body bude konstantní, tj. hovoříme o geometrickém, proporcionálním podobnosti (shodě). [1]
- Jestliže se jedná o různé tváře, pak i základní identifikační body budou rozmístěny jiným způsobem, vzdálenosti mezi body (velikosti úseček) budou rozdílné. Pak i poměr odpovídajících si úseček bude rozdílný. Tato situace nenastane ale i v případě, kdy se bude jednat o identickou osobu, vyfotografovanou pod jinými úhly (např. „en face“ a $\frac{3}{4}$). [1]

V praxi se ovšem můžeme setkat s obrazy tváří, které nejsou pořízeny za stejných podmínek. Tvář může být různě pootočená a také různě vzdálena od objektivu snímacího zařízení (fotoaparát, kamera). Právě v závislosti na této poloze tváře dochází k tzv.

prostorové transformaci identifikačních bodů. Transformace se liší v závislosti na podmínkách snímkování.

Pokud chceme tuto metodu prakticky využít, musíme bezpodmínečně znát, jak se mění velikost úseček v závislosti na úhlu snímkování. Každé fotografické zobrazení lidské tváře je charakterizováno třemi úhly otáčení:

- úhlem α kolem horizontální roviny Z
- úhlem β kolem vertikální roviny Y
- úhlem γ kolem boční roviny X

Při výzkumu a zpracovávání této metody byl použit realistický model hlavy. Pro fotografování byl použit jeden fotoaparát, který byl pevně ukotven a neměnil svou pozici. Model hlavy pak byl postupně pootáčen po 10° ve směru všech tří os (X, Y, Z). Tímto snímání potom vznikl soubor 700 snímků a ty byly dále rozřazeny do skupin, které patřily určité sérii snímků. Každý ze 700 snímků byl pak charakterizován velikostmi všech úseček ve vztahu k jednotlivým úhlům otáčení (α , β , γ). Naměřené údaje byly zaznamenávány do tabulek. Některé velikosti úseček nemohly být naměřeny, protože pootočená tvář v určitých případech zakrývala identifikační body – byly skryty za obrazem tváře. Tyto hodnoty byly pak v tabulkách proškrtnuty.

Dále potom byly spočítány koeficienty K_F změn pro každou z 66 úseček a pro každý ze 700 snímků. Vzorec pro výpočet K_F obsahoval 140 matematických operací. Vypočtené hodnoty koeficientů K_F jsou zaznamenány v tabulce

2.1.1 Princip analyticko-statistické metody

Expert má k dispozici referenční album modelových fotografií, tabulku s relativními koeficienty změn K_F a také následující vzorce:

$$K_{ij} = \frac{l_1}{l_2} ; K_{ij} = \frac{K_{F1}}{K_{F2}} ; \lambda = \frac{K_{11}}{K_{11}}$$

l_1 - vzdálenost mezi markantními body i a j na prvním snímku

l_2 - vzdálenost mezi stejnými body na snímku druhém

K_{F1} - koeficient změny úsečky mezi body i a j pro první snímek určený z tabulky

K_{F2} - koeficient pro druhý snímek

λ - relativní hodnota [1]

Postup:

1. U zkoumaných fotografií vybereme dobře zřetelné markantní body. Následně měříme vzdálenost mezi nimi. Pro přesné měření je vhodný formát fotografie minimálně 18 x 24 cm.
2. V referenčním albu se vyhledá snímek, který má stejnou polohu a pootočení jako zkoumaný snímek. Určí se číslo tohoto snímku.
3. Podle čísla snímku vyhledáme v tabulce koeficienty K_{F1} a K_{F2} pro stejné úsečky.
4. Následně počítáme pro každou úsečku hodnotu λ_{ij} . Hledáme maximální a minimální hodnotu v množině všech λ_{ij} .
5. Pak vyvozujeme identifikační závěr. Jestliže je rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou λ_{ij} menší než 0,2, pak se jedná o jednu a tutéž osobu na obou snímcích

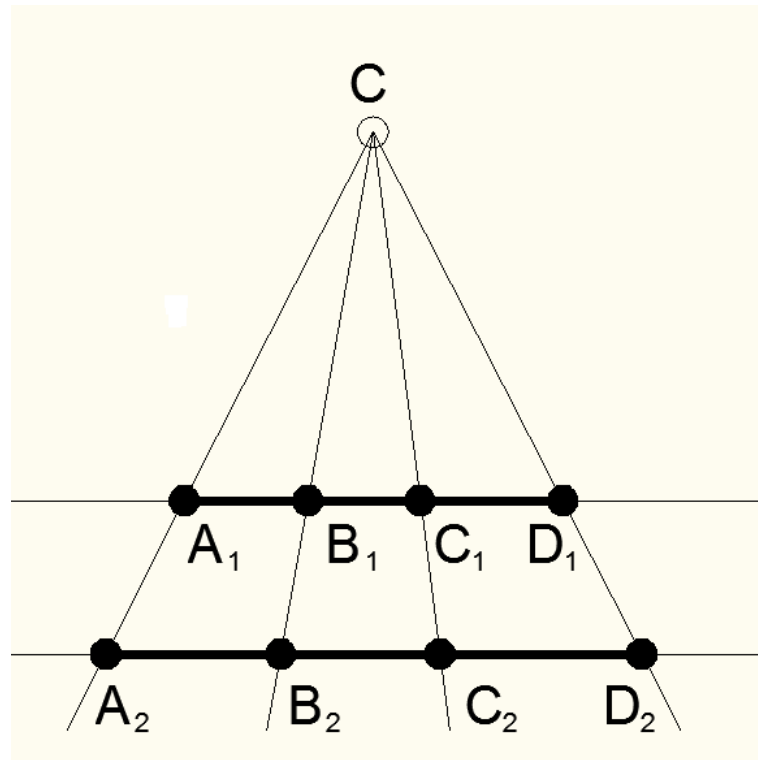
Analyticko-statistická metoda je jedna z nejjednodušších metod pro rozpoznávání tváře. Jedná se již o metodu spíše historickou, která byla využívána především v 70. letech 20. století.

2.2 Grafická metoda identifikace osoby

Základem grafických metod je deskriptivní geometrie. Každý geometrický objekt, v našem případě lidskou tvář, můžeme při detailním pohledu chápat jako množinu bodů, mezi kterými se nacházejí důležité identifikační body - markanty. Geometrické metody tedy posuzují totožnost nebo podobnost geometrických objektů. Předpokládá se, že jeden objekt je obrazem druhého objektu a to ve zmenšeném nebo zvětšeném měřítku.

Jestliže máme dvě portrétní fotografie téže osoby, které jsou nasnímané pod stejným úhlem a ve stejné vzdálenosti, ale každá fotografie má různé zvětšení, tak svazek přímk, procházející odpovídajícími si body, se protíná v jediném bodě C - centru projekce.

Podobně jako u předcházející analyticko-statistické metody, tak i tady se v praxi většinou nesetkáváme s "ideálně" nafocenými fotografiemi. Tváře mohou být nafoceny z různé vzdálenosti a s různým úhlem pootočením.



Obrázek 3: Geometrická projekce dvou rovnoběžných přímek

Pro poměry velikostí úseček tvořených markantními body, které jsou geometricky perspektivní a ležících na dvou přímkách platí vztah:

$$\frac{A_1B_1}{B_1D_1}; \frac{A_1C_1}{C_1D_1} = \frac{A_2B_2}{B_2D_2}; \frac{A_2C_2}{C_2D_2}$$

Grafických metod existuje více. Pro názorný příklad použijeme sovětskou metodu, která se používala v 60. letech 20. století a nazývá se **GIA 5** - Grafická identifikační analýza 5. generace.

2.2.1 Princip grafické identifikační analýzy 5. generace - GIA 5

Grafickou identifikační analýzu si ukážeme pro konkrétní příklad, protože tak bude nejlépe pochopitelná.

Příklad:

Porovnáváme mezi sebou dvě tváře. Každá tvář je znázorněna zjednodušeně elipsou. Geometrická konstrukce je provedena za pomoci rýsovacího programu AutoCAD.

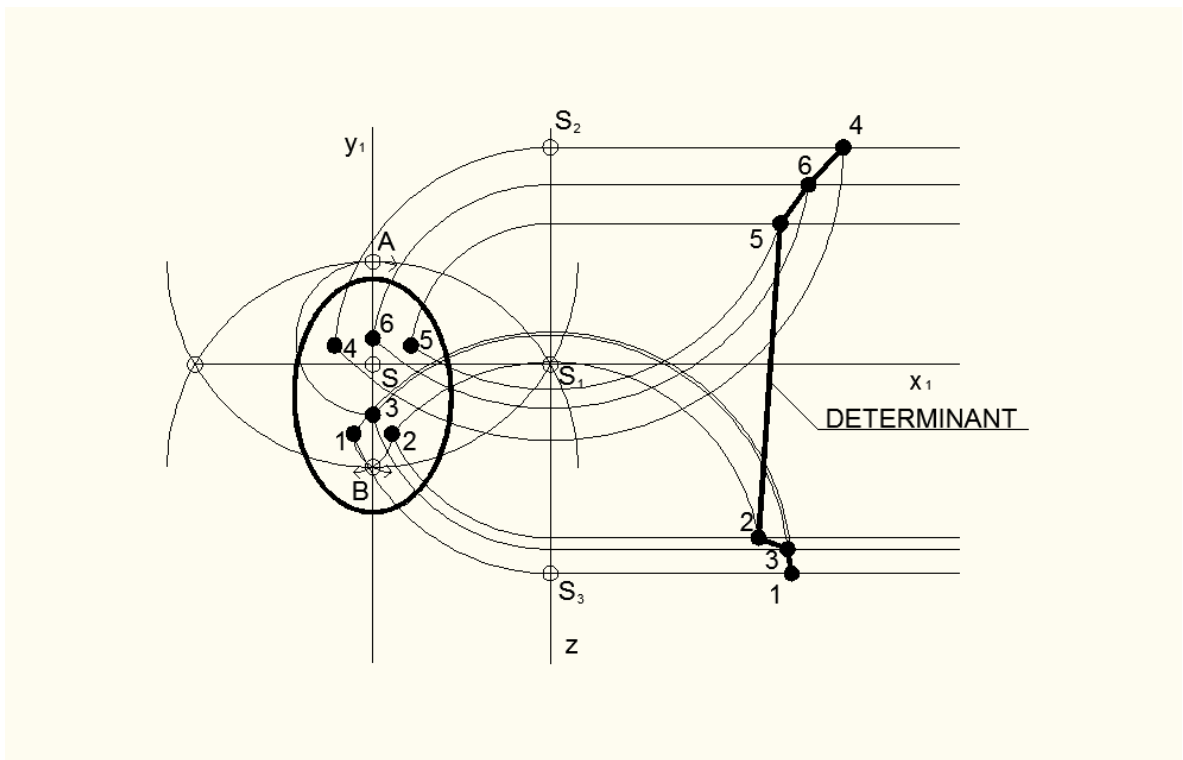
Sestrojení determinantu:

1. Zvolíme markantní body $1, 2, 3, 4, 5, 6$ (pro obě tváře musíme volit shodné markantní body).
2. Sestrojíme vísrlou osu $y_1 (y_2)$.
3. Sestrojíme body A a B . Bod A leží na ose $y_1 (y_2)$ a ve stejné vzdálenosti od markantního bodu 6 jako markantní bod 3 . Bod B leží v průsečíku kružnice se středem v markantním bodě 1 s kružnicí se středem v markantním bodě 2 .
4. Sestrojíme kružnici se středem v bodě A procházející bodem B a kružnici se středem v bodě B procházející bodem A . V průsečíku těchto kružnic nám vznikne bod S_1 (centrum pro množinu soustředných kružnic), kterým vedeme vodorovnou souřadnici $x_1 (x_2)$.
5. Bodem S_1 vedeme také kolmici z k ose $x_1 (x_2)$. Tuto kolmice nazýváme projekční přímka.
6. Sestrojíme dvě kružnice. První má střed v bodě S_1 a prochází markantním bodem 4 . Druhá kružnice má střed v bodě S_1 a prochází markantním bodem 1 . Průsečíky těchto kružnic s projekční přímkou z popíšeme jako body S_2 a S_3 (středů druhé množiny vynášecích kružnic).
7. Sestrojíme kružnice se středem v bodě S_1 z nichž každá prochází jedním z markantních bodů.
8. Průsečíky těchto kružnic s projekční přímkou z pak vedeme rovnoběžky s osou $x_1 (x_2)$
9. Následně už získáme jednotlivé body grafického *determinantu* a to tak že vedeme kružnice se středem v bodech S_2 a S_3 . Průsečíky těchto kružnic s rovnoběžkami s

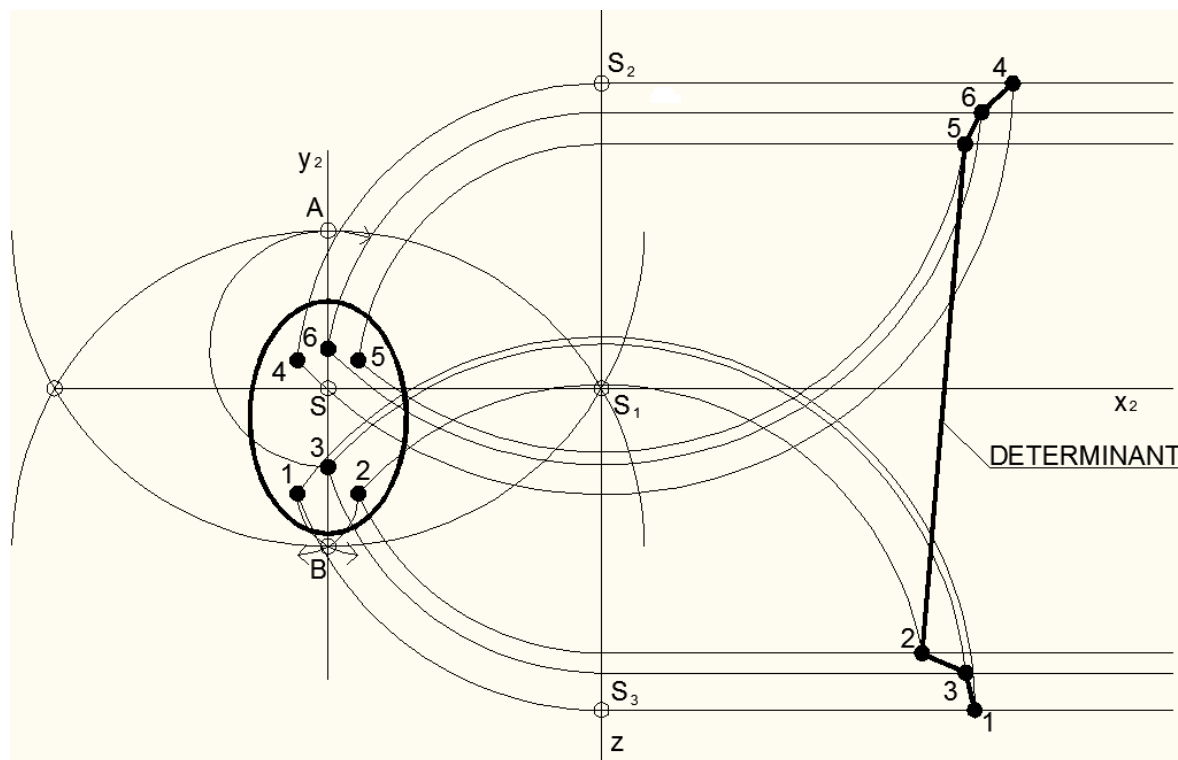
osou x_1 (x_2) jsou právě body grafického determinantu a popíšeme je podle příslušných markantních bodů $1, 2, 3, 4, 5, 6$.

10. Spojením těchto bodů získáme křivku, která se nazývá *determinant*.

Už z popsaného postupu je patrné, že stejný postup je aplikován pro obě porovnávané tváře. V praxi se většinou volilo více markantních bodů a byly to zpravidla některé z bodů znázorněných na **Obrázku 1: 12 základních markantních bodů**.

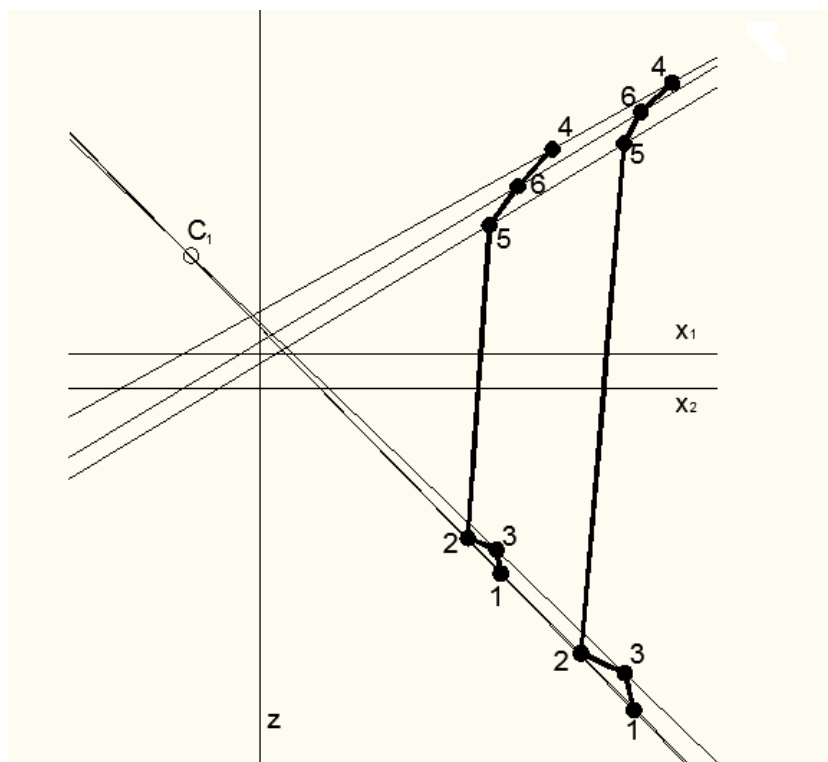


Obrázek 4: Determinant pro 1. porovnávanou tvář



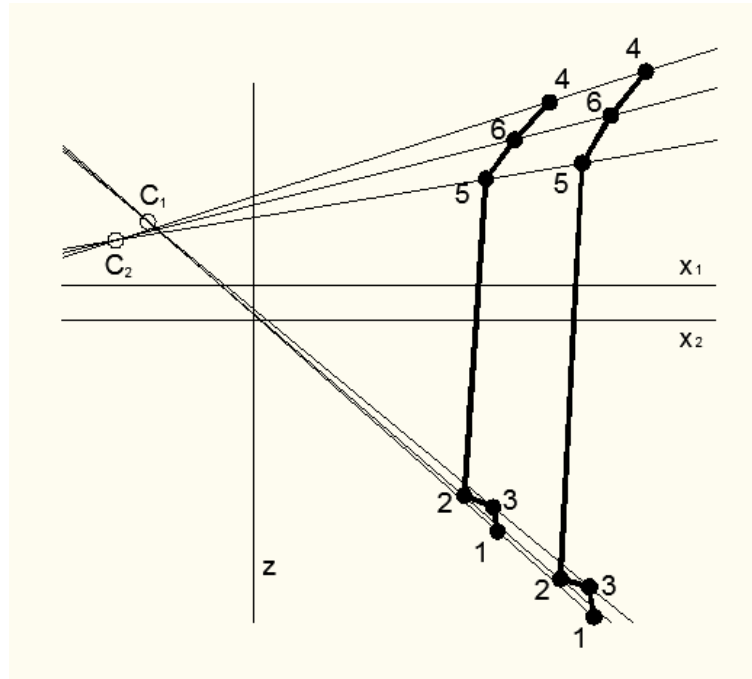
Obrázek 5: Determinant pro 2. porovnanou tvář

Abychom zjistili, zda se jedná o stejné nebo různé tváře, musíme získané determinanty porovnat. Pokud se bude jednat o téže osobu, pak budou mít všechny odpovídající si markanty společná centra projekce C_1 a C_2 . Oba determinanty tedy transformujeme do pravoúhlé soustavy koordinát:



Obrázek 6: Srovnání determinantů

Je zřejmé, že pro náš případ by se jednalo o dvě různé osoby, protože odpovídající si markanty nemají společná centra projekce C_1 a C_2 . Pokud se by se jednalo o shodné tváře, vypadalo by srovnání takto:



Obrázek 7: Shoda dvou determinantů

Zde vidíme rozdíl od předchozího obrázku. Odpovídající si markanty mají společná centra projekce C_1 a C_2 . Pouze v případě, pokud by byly oba determinanty stejně velké, tak by centra projekce ležely v nekonečnu.

Při využívání této metody byl požadován formát porovnávaných snímků minimálně 18 x 24 cm. Při tomto formátu pak byla tolerance rozptylu přímek od center projekce do 3 mm.

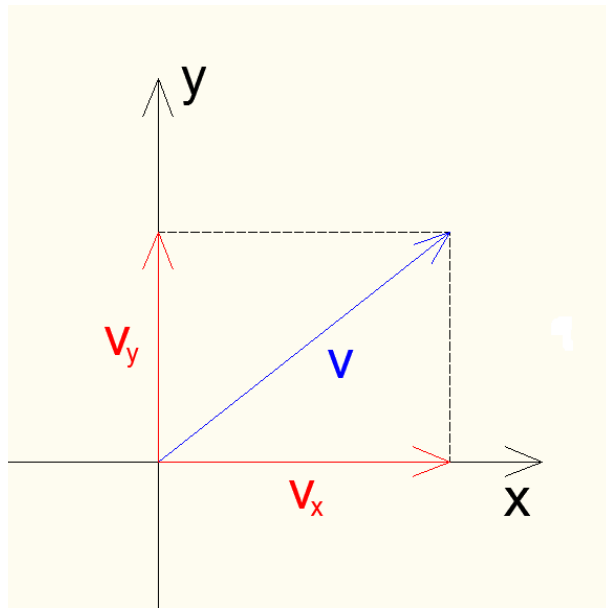
2.3 Metoda nejbližší sused (Nearest Neighbour)

Jedná se o poměrně mladou metodu, která už vyžaduje pro efektivní využití počítačové zpracování. Základem této metody je opět matematika, algebra a geometrie. Ovšem veškeré složité matematické operace za nás již provádí systémy s moderními počítačovými programy. Abychom metodu pochopili, budeme si muset definovat některé matematické pojmy a jsou to:

Vektor

- Vektor představuje ve fyzice i matematice veličinu, která má kromě velikosti i směr. Tím se liší od obyčejného čísla, neboli skaláru, které má pouze velikost. Graficky se často zakresluje jako šipka.

Zápis a geometrické zakreslení vektoru:



Obrázek 8: Grafické znázornění vektoru

$$v = (v_x, v_y)$$

- v – značení vektoru nejčastěji malým písmenem (často se nad označením kreslí šipka)
- v_x – x-ová složka vektoru
- v_y – y-ová složka vektoru

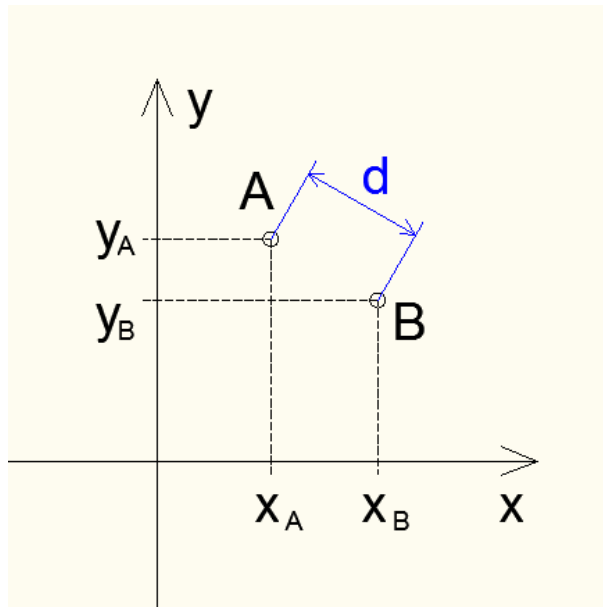
Poznámka:

Analogicky se potom vektor značí a zakresluje i v prostoru s tím rozdílem, že nám přibude ještě třetí z-ová složka vektoru.

Euklidovská vzdálenost dvou bodů

Euklidovská vzdálenost d (distanc) dvou bodů $d(A,B)$, které mají souřadnice $A(x_A, y_A)$ a $B(x_B, y_B)$, je definována následujícím vztahem:

$$d(A, B) = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$



Obrázek 9: Grafické znázornění Euklidovské vzdálenosti

Poznámka:

Analogicky se potom Euklidovská vzdálenost počítá i v prostoru s tím rozdílem, že nám přibude třetí z-ová souřadnice bodu.

2.3.1 Princip metody nejbližší sused

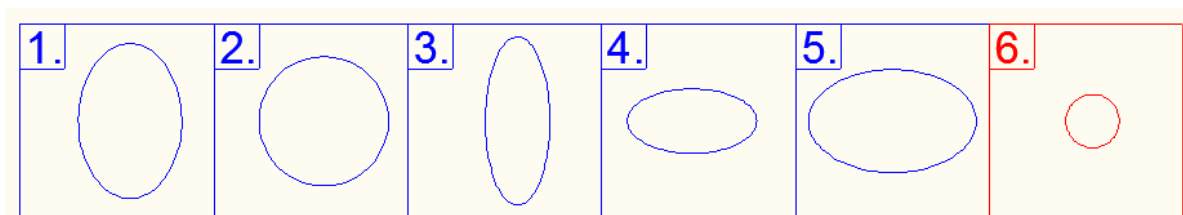
Pro vysvětlení metody využijeme pojmy, které jsme si výše definovali. Metodu bude nejlépe pochopitelná z konkrétního příkladu.

Příklad:

Máme databázi, která obsahuje 5 různých tváří (uživatelů) z nichž každá bude reprezentována jedním vektorem. Databázi budeme porovnávat s šestou tváří, která bude mít také svůj vektor.

<i>Tvář č.:</i>	<i>Vektor</i>
1	$v_1(3,6)$
2	$v_2(4,4)$
3	$v_3(2,8)$
4	$v_4(7,2)$
5	$v_5(5,3)$
6	$v_6(3,3)$

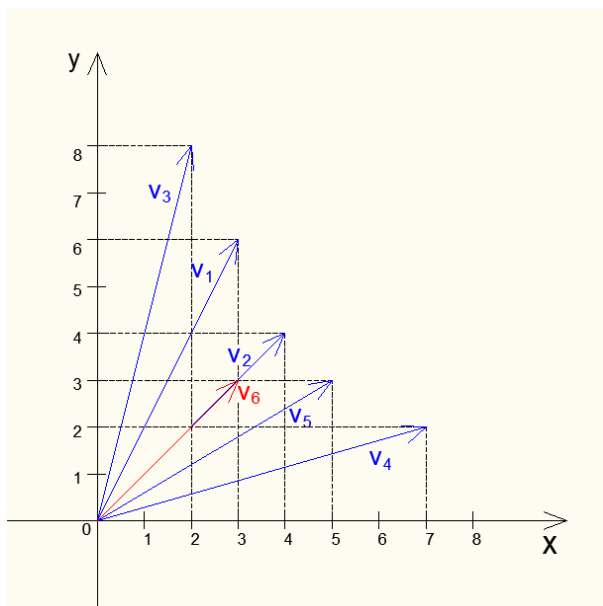
Tabulka 1: Databáze tváří s příslušnými vektory



Obrázek 10: Schematicky naznačené tvary tváří

Krok 1.:

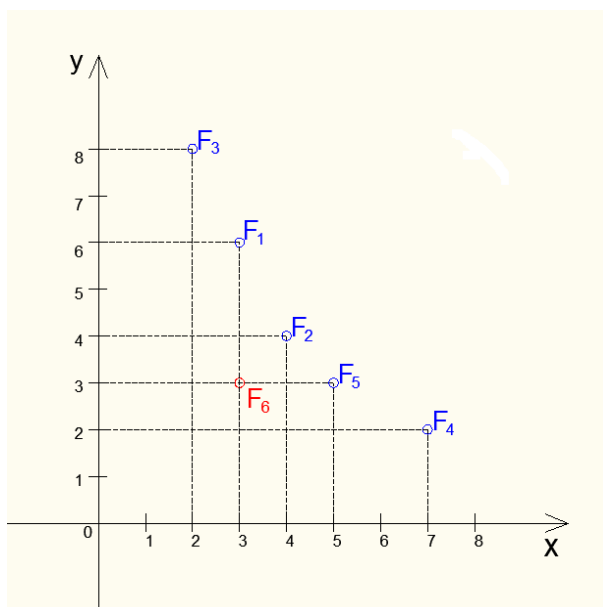
Vektory si znázorníme graficky do kartézské soustavy souřadnic:



Obrázek 11: Grafické znázornění vektorů $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6$

Krok 2.:

Z obrázku je patrné že každý vektor směřuje do určitého bodu a tyto body si popíšeme podle čísla konkrétní tváře jako $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$.



Obrázek 12: Grafické znázornění bodů $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$

Souřadnice jednotlivých bodů jsou potom následující:

$$F_1 (3,6); F_2 (4,4); F_3 (2,8); F_4 (7,2); F_5 (5,3); F_6 (3,3)$$

Krok 3.:

Spočteme Euklidovskou vzdálenost všech bodu F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 od bodu F_6 .

$$d_{61}(F_1, F_6) = \sqrt{(3-3)^2 + (6-3)^2} = 3$$

$$d_{62}(F_2, F_6) = \sqrt{(4-3)^2 + (4-3)^2} = \sqrt{2}$$

$$d_{63}(F_3, F_6) = \sqrt{(2-3)^2 + (8-3)^2} = \sqrt{26}$$

$$d_{64}(F_4, F_6) = \sqrt{(7-3)^2 + (2-3)^2} = \sqrt{17}$$

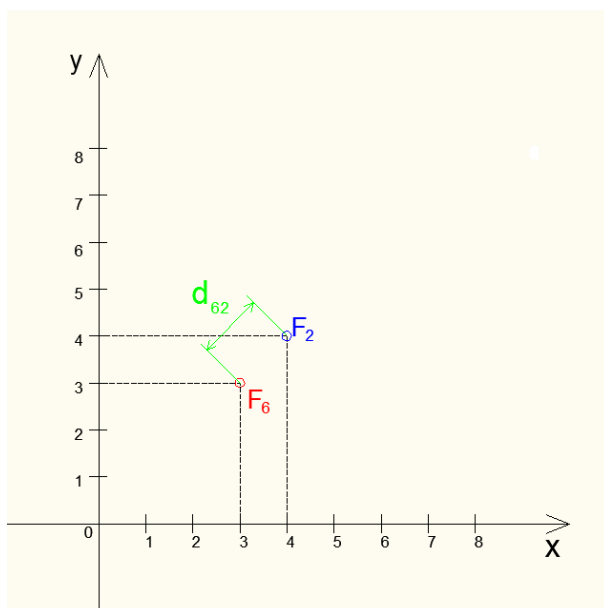
$$d_{65}(F_5, F_6) = \sqrt{(5-3)^2 + (3-3)^2} = 2$$

Krok 4.:

Z vypočítaných Euklidovských vzdáleností už můžeme určit, které z tváří v databázi se tvář č. 6 nejvíce podobá.

Tvář č. 6 je tedy je nejvíce podobná tváři č. 2, která je uložena v databázi, protože jejich Euklidovská vzdálenost je nejmenší ze všech vypočítaných vzdáleností:

$$d_{62}(F_2, F_6) = \sqrt{2}$$



Obrázek 13: Grafické znázornění Euklidovské vzdálenosti d_{62}

Příklad byl hodně zjednodušený. V praxi bude jedna tvář reprezentována více vektory, a proto celkový výpočet bude obsahovat daleko více matematických operací. Tyto matematické operace za nás už dělá počítač. Šlo o to, abychom si vysvětlili základní a ten nejdůležitější princip, na kterém je tato metoda založena.

3 SYSTÉM VISION 3DI

3.1 Charakteristika systému Vision 3Di

System Vision 3Di disponuje 3D technologií. Využívá metodu rozkladu 3D na řadu funkcí jednodušších. Koeficienty rozkladu jsou potom to, co jednotlivé tváře charakterizuje (koeficienty rozkladu jsou něco podobného jako koeficienty u Fourierovi řady). Tyto koeficienty se ukládají do šablony, což je vektor charakteristických znaků, které jsou jedinečné pro každou tvář. Metoda se často odborně nazývá jako **Eigenfunction Analysis** (analýza vlastní funkce).

Popisovat metodu Eigenfunction Analysis po matematické stránce by bylo už náročnější. Vyžadovalo by to hlubší studium, které by bylo nad rámec této práce.



Obrázek 14: 3D obraz tváře

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 IDENTIFIKACE TVÁŘE POMOCÍ SYSTÉMU VISION 3Di

4.1 Úkol

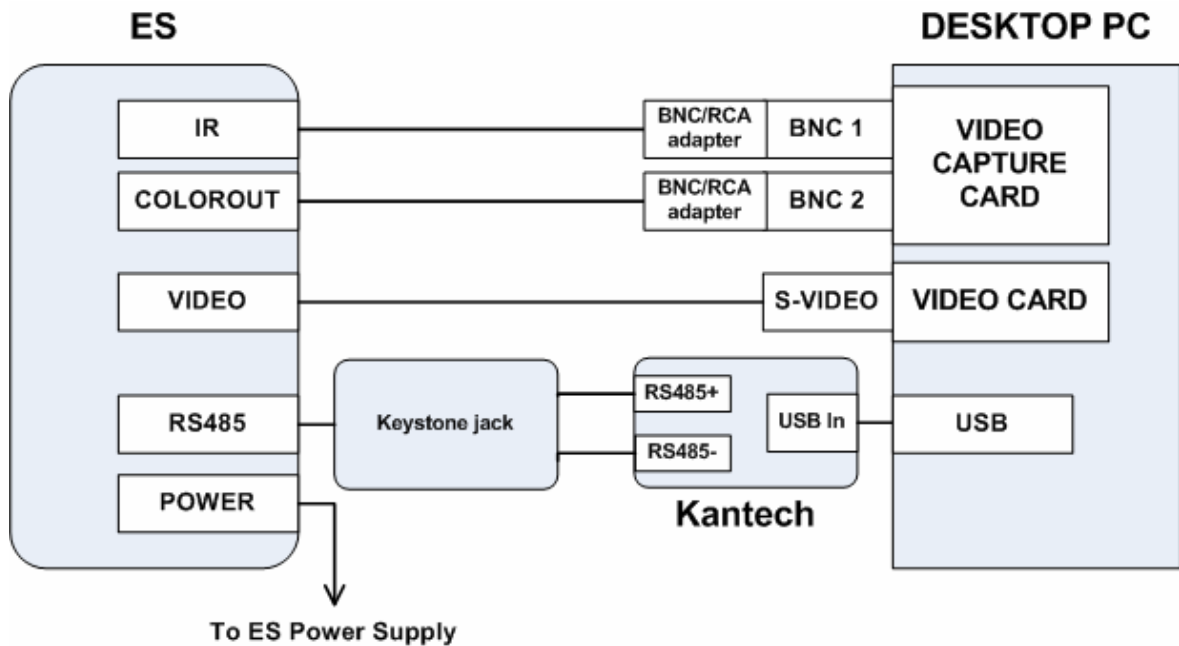
V první části je úkolem provést rozpoznávání tváře pomocí systému **Vision 3Di** od firmy **A4 Vision/Honeywell** a následně provést některá typická měření. Měření bylo prováděno v laboratoři D309, kde je tento systém nainstalován. Měření bylo uskutečněno na dvou pokusných subjektech (osobách).

4.2 Technická specifikace systému Vision 3Di

- čas identifikace: <1 s
- čas verifikace: <1 s
- čas zavedení: 3-5 s
- max. počet zařízení v systému: 10 000
- max. počet uživatelů v zařízení: 4 000
- napájení: 12 V



Obrázek 15: Enrollment stanice



Obrázek 16: Propojení Enrollment stanice s vyhodnocovacím PC

4.3 Postup měření

A) Přidání uživatele do databáze:

1. Zapojení systému **Vision 3Di** (připojení napájecího kabelu)
2. Spuštění aplikace **VA Enrollment Application** na příslušném počítači
3. Po spuštění **VA Enrollment Application** kliknutí na ikonu **"ENROLL"**
4. Na pravé straně monitoru se objeví okno (kamera začne snímat) s indikátorem, který zatím svítí oranžově. Jestliže se postavíme před objektiv (do vzdálenosti cca 80 cm), systém rozpozná tvář a indikátor začne svítit zeleně. Pokud indikátor svítí nepřerušovaně, proběhne rychlé nasnímaní tváře (cca během 1-2 sekund).
5. Jakmile je tvář dobře nasnímaná je nutné provést verifikaci. Po proběhnutí verifikace se objeví tabulka, do které zadáme následující údaje:

First (jméno)

Second (příjmení)

Gender (pohlaví)

CardID (identifikační číslo uživatele)

6. Můžeme také nastavit individuální hraniční koeficient **Personal treshold**. Volíme hodnotu 80%, což je hodnota, která odpovídá přísnějším požadavkům na rozpoznání.
7. Potvrzení dialogového boxu, kterým uložíme požadovanou osobu do databáze.
8. Jako poslední provedeme identifikaci pomocí ikony **"IDENTIFY"**. Pokud je tvář kvalitně nasnímána, tak by ji systém měl rozpoznat velmi rychle (během cca. 0.5 až 1 sekundy) a vypsat jméno a příjmení uživatele.
9. Stejný postup opakujeme i pro druhou testovanou osobu.

B) Vyhodnocení koeficientů shody pomocí režimu LIVE:

1. Přejdeme do režimu kliknutím na ikonu **"LIVE"** (tzv. režim živého videa).
2. Stoupneme si do vzdálenosti 80 cm před snímací zařízení. V pravé části obrazovky nám začnou rychle za sebou nabíhat hodnoty koeficientů shody ***m*** (matching factor)

Když stojíme ve vzdálenosti 80 cm a čelně ke snímacímu zařízení, jsou hodnoty koeficientu shody ***m*** 95% a výše a zobrazují se nám zeleně se jménem uživatele. Postupným natáčením hlavy nebo změnou vzdálenosti od snímacího zařízení hodnoty koeficientů shody klesají až systém nakonec není schopen rozpoznat tvář. Výrobce udává, že systém je schopen rozpoznat tvář, které je pootočena o úhel $\alpha_{max} = 30^\circ$. Pro obě testované osoby bylo provedeno měření tak, že pootáčeli pomalu hlavou a tak, aby koeficient shody neklesl pod 80%. Hodnota udávaná výrobcem zhruba odpovídající skutečnosti.

Odhad úhlu α_{max} (pro obě testované osoby):

$$\alpha_{max} = 20^\circ \text{ až } 30^\circ$$

Hodnota úhlu $\alpha_{max} = 30^\circ$ je opravdu ta nejvyšší možná a to pouze v případě že dodržíme optimální vzdálenost od snímacího zařízení.

C) Zhodnocení měření

Zde bylo provedeno několik základních operací se systémem Vision 3Di. Potvrdila se zde výhoda 3D technologie a sice ta, že je technologie do jisté míry imunní vůči pootočení tváře. Vision 3Di si poradí s deklarovaným pootočení zhruba o 30°.

5 VYUŽITÍ DATABÁZE PRO JINÝ PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM

5.1 Úkol

Ve druhé části je úkolem navrhnout způsob, jak by se dala databáze, se kterou pracuje **VA Enrollment Application**, využít pro jiný přístupový systém. Dále také prostudovat, zda by se databáze dala otevřít a upravovat v jiném databázovém programu.

5.2 Využití databáze pro jiný přístupový systém

VA Enrollment Application umožňuje velmi jednoduchou a pohodlnou práci s databázemi. Postup pro vytvoření databáze je následující:

1. Zapojení systému **Vision 3Di** (připojení napájecího kabelu)
2. Spuštění aplikace **VA Enrollment Application** na příslušném počítači
3. Po spuštění **VA Enrollment Application** kliknutí na ikonu "**SETTINGS**"
4. Zobrazí se tabulka **SETTINGS**
5. Kliknutí na možnost "**Browse**" a následné určení cesty k cílové složce, kde bude databáze uložena
6. Potvrzení kliknutím na "**OK**"
7. **Enrollees** pole se zobrazí jako prázdný seznam (v databázi není nikdo uložen)

Poznámka:

Pokud určíme cílovou složku, kde už je některá databáze uložena, tak se nám daná databáze zobrazí v Enrollees poli. Pokud chceme vytvořit novou databázi, musíme vybrat cílovou složku, kde není uložena žádná jiná databáze.

8. Jednotlivé uživatele přidáváme do databáze způsobem, který je popsán v předchozí kapitole

Databázi tedy můžeme velice snadno využít pro jiný přístupový systém. Stačí ji uložit na flash disk popřípadě vypálit CD (DVD) a přenést ji do jiného počítače. V jednom počítači může být uložených více databází a my si můžeme vybrat, se kterou databází chceme pracovat.

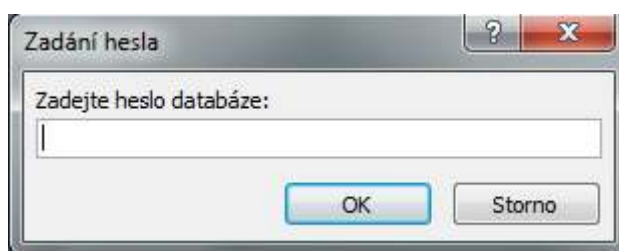
5.3 Otevření databáze v jiném databázovém programu

Cesta k cílové složce v počítači, kde je uložena naše databáze, je následující:

C:\Program Files\A4Vision\VA Enrollment Application\DB

Databáze je uložena jako soubor ve formátu (.mdb). Pokud ji chceme otevřít v jiném programu, musíme volit takový program, který formát (.mdb) podporuje. Asi nejdostupnějším programem podporující formát (.mdb) je **Microsoft Office Access**.

Při pokusu o otevření databáze v Microsoft Office Access nastal problém s tím, že bylo vyžadováno heslo. Objevila se následující tabulka:



Obrázek 17: Microsoft Office Access - tabulka pro zadání hesla

Při vytváření databáze ve VA Enrollment Application se žádné heslo nezadává. Je zde předpoklad, že VA Enrollment Application si automaticky své databáze zahesluje, aby nebylo tak snadné databázi získat a zneužít. Toto heslo se bohužel nepodařilo dohledat. Nedá se ani s určitostí říci, zda by bylo vůbec možné databázi pomocí Microsoft Office Accessu nějakým způsobem upravovat a to i v případě, že bychom znali heslo.

Databázi lze tedy bez nutnosti potřeby hesla otevřít a upravovat pouze prostřednictvím VA Enrollment Application.

6 ZÍSKÁNÍ 2D OBRAZU TVÁŘE POMOCÍ MATLABU

6.1 Úkol

Ve třetí části je úkolem připojit webovou kameru **Logitech QuickCam E 3500** k **MATLABu** přes **Image Acquisition Toolbox** a následně pořídit a uložit 2D obraz tváře (fotografii).

6.2 MATLAB, základní informace

Název MATLAB je zkratka slov **MATrix LABoratory** ("laboratoř s maticemi"). MATLAB je programové prostředí a skriptovací programovací jazyk, který je určen pro náročné vědeckotechnické a výzkumné výpočty. Pomocí MATLABu jsme schopni řešit jak základní jednoduché matematické výpočty, tak i velmi náročné matematické operace včetně různých grafů. Umí také pracovat s 2D a 3D grafikou. K tomu nám slouží speciální knihovny, které se nazývají **Toolboxy**.

6.3 Technická specifikace webové kamery Logitech QuickCam E 3500

- Rozlišení fotografií: 640x480 pix
- Rozlišení videa: 640x480 pix
- Rozhraní: USB 2.0
- Mikrofon: ANO
- Polohovatelnost: ANO



Obrázek 18: Webová kamera Logitech QuickCam E 3500

6.4 Postup pro získání 2D obrazu tváře pomocí MATLABu

A) Připojení webové kamery Logitech QuickCam E 3500 k MATLABu

Poznámka:

Text psaný tučně kurzívou je zadáván do MATLABu. Text psaný pouze kurzívou a menším písmem jsou data vrácená MATLABem. Příkazy jsou zadávány do příkazového okna MATLABu.

Příkazy zadáváme v následujícím pořadí:

imaqhwinfo('winvideo',1)

ans =

DefaultFormat: 'RGB24_320x240'

DeviceFileSupported: 0

DeviceName: 'Logitech QuickCam E3500'

DeviceID: 1

ObjectConstructor: 'videoinput('winvideo', 1)'

SupportedFormats: {1x10 cell}

vid = videoinput('winvideo',1)

Summary of Video Input Object Using 'Logitech QuickCam E3500'.

Acquisition Source(s): input1 is available.

Acquisition Parameters: 'input1' is the current selected source.

10 frames per trigger using the selected source.

'RGB24_320x240' video data to be logged upon START.

Grabbing first of every 1 frame(s).

Log data to 'memory' on trigger.

Trigger Parameters: 1 'immediate' trigger(s) on START.

Status: Waiting for START.

0 frames acquired since starting.

0 frames available for GETDATA.

preview(vid)

data = getsnapshot(vid)

imagesc(data)

imwrite(data,'název obrázku.pgm','pgm')

6.4.1 Vysvětlení funkcí jednotlivých příkazů

imaqhwinfo('winvideo',1)

- vypíše informace o zařízení, která mohou spolupracovat s Image Acquisition Toolboxem a dotaz se odkazuje konkrétně na zařízení 'winvideo',1

vid = videoinput('winvideo',1)

- vytvoření video vstupu s názvem *vid*

preview(vid)

- zobrazí náhled na snímanou scénu

data = getsnapshot(vid)

- pořízení obrazu z video vstupu *vid*

imagesc(data)

- zobrazí pořízený obraz *data*

imwrite(data, 'název obrázku.pgm', 'pgm')

- uložení získaného obrazu (použil jsem formát obrázku "pgm")

B) Nasnímaní reprezentativních osob:

Pomocí webové kamery Logitech QuickCam E 3500 připojené k MATLABu jsou tedy nasnímány tři reprezentativní osoby. Pro každou osobu jsou pořízeny celkem tři snímky tváře (dva čelní a jeden s mírným pootočením). Tvář je nasnívána ze vzdálenosti cca 80 cm od objektivu kamery. **Ukázka nasnímaných obrazů tváře je k nalezení v příloze P 3.**

7 2D ROZPOZNÁVÁNÍ TVÁŘÍ V MATLABU

7.1 Úkol

Ve čtvrté části je úkolem provést rozpoznávání tváře na základě jejího 2D obrazu. Zde jsou využity obrazy tváře, které byly nasnímány pomocí webové kamery **Logitech QuickCam E 3500** připojené k **MATLABu**. Pro samotné rozpoznávání tváří je využit program, který je rovněž vytvořen v **MATLABu**.

Poznámka:

*Tvůrcem programu pro rozpoznávání tváře na základě jejího 2D obrazu je **Luigi Rosa** a program je dostupný na jeho stránkách: <http://www.advancedsourcecode.com/face.asp>.*

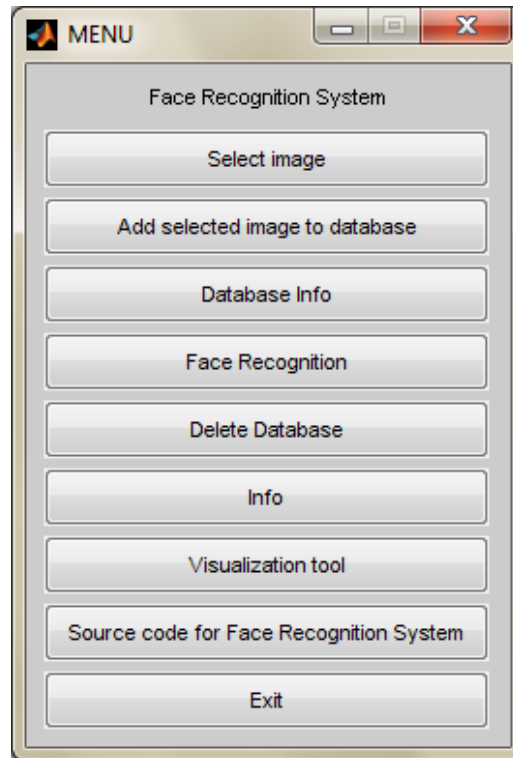
7.2 Postup měření

A) Přidání uživatele do databáze:

Poznámka:

Do databáze budou přidáni pouze dva uživatelé a databázi tak budou tvořit dva čelně nasnímané obrazy tváře dvou různých osob.

1. Spuštění MATLABu
2. Pomocí nabídky na hlavním panelu vyhledáme složku, která má název **faceprotected2**
3. Spuštění programu **facerec.p** kliknutím pravým tlačítkem myši a výběrem možnosti **"run"**
4. Po spuštění programu se objeví následující tabulka s menu:



Obrázek 19: Menu programu *facerec.p*

5. Kliknutí na možnost "**Select image**"
6. Vybereme obraz ze složky, kde máme uložené obrazy tváře (volíme jeden z čelních snímků tváře)
7. Kliknutí na možnost "**Add selected image to database**"
8. Program vás vyzve, abyste přiřadili třídu vybranému obrazu (pro první tvář volíme třídu 1, pro druhou tvář volíme třídu 2)

Poznámka:

Pokud chceme uložit více obrazů tváře pro jednoho uživatele, tak pro každý obraz musíme volit stejnou třídu

9. Následně potvrdíme výběr a obraz je přidán do databáze
10. Stejný postup opakujeme i pro druhého uživatele

B) Rozpoznávání tváře:

1. V menu programu zvolíme možnost "*Select image*" a vybereme obraz tváře, který chceme porovnávat s vytvořenou databází
2. Kliknutí na možnost "*Face Recognition*"
3. Program provede rozpoznávání a vypíše třídu, ke které má tvář na daném obrazu nejbliže

C) Zhodnocení měření:

UŽIVATEL	TŘÍDA UŽIVATELE	ROZPOZNÁVÁNÍ			
		Čelní obraz tváře		Pootočený obraz tváře	
		Nejbližší třída	Distance	Nejbližší třída	Distance
1	1	1	13393494	1	1.9339e+007
2	2	2	1.0386e+007	2	1.8519e+007
NEZNÁMÝ UŽIVATEL		2	2.5802e+007	2	2.9798e+007

Tabulka 2: Výsledky 2D rozpoznávání tváří

Poznámka:

Některé hodnoty **Distance** jsou uvedeny v exponenciálním tvaru. Jsou tak uvedeny proto, že je tak program zobrazuje.

Do databáze byly tedy přidány dva různí uživatelé a od každého byl použit jeden z čelních snímků tváře. Databáze pak byla porovnávána se zbylými dvěma snímky pro každého uživatele (jeden čelní obraz tváře a druhý pootočený obraz tváře). Potom byla databáze porovnána s neznámým uživatelem pro něhož byly nasnímány dva obrazy tváře (jeden čelní obraz tváře a druhý pootočený obraz tváře).

Program při samotném rozpoznávání vypíše třídu, ke které tváří v databázi má porovnávaná tvář nejbliže a také hodnotu **Distance** (vzdálenost). V tabulce je vidět jak se měnila hodnota **Distance** pro jednotlivé uživatele. Když srovnáme čelní obraz z obrazem mírně pootočeným, tak už zde můžeme vidět značný nárůst hodnoty **Distance**. V případě

neznámého uživatele narostla hodnota *Distance* pro čelní obraz tváře dokonce více než dvojnásobně.

Je tedy zřejmé, že čím větší bude hodnota *Distance*, tím bude tvář více vzdálena tvářím v databázi. Pokud bychom mezi sebou porovnávali dva totožné snímky jednoho uživatele, pak by se hodnota *Distance* = 0.

Tímto měřením, jsme si ukázali, kde může být nevýhoda 2D rozpoznávání tváří. Pokud budeme nasnímaní z jiné vzdálenosti nebo třeba s pootočenou hlavou, tak mohou vznikat chyby při identifikaci.

ZÁVĚR

Teoretická část práce obsahuje příklady, na kterých byly demonstrovány principy daných metod pro 2D rozpoznávání lidské tváře. Konkrétně se jedná o grafickou identifikační analýzu 5. generace (GIA 5) a také o metodu nejbližší soused (Nearest Neighbour). V případě příkladu metody GIA 5 byly zvoleny dvě různé tváře, které jsou znázorněny pouze schematicky elipsou. Grafické konstrukce byly potom provedeny v rýsovacím programu AutoCAD. V případě metody nejbližší soused byla porovnávána databáze tvořena z pěti tváří s tváří šestou. Vektory, které reprezentovali jednotlivé tváře, byly voleny tak, aby byl samotný výpočet co nejjednodušší. Grafická znázornění, která tento příklad obsahuje, jsou rovněž vytvořeny s pomocí AutoCADu.

V praktické části bylo provedeno 3D rozpoznávání tváře za pomoci systému Vision 3Di, a také nasnímání a následné rozpoznávání tváře na základě jejího 2D obrazu s využitím MATLABu. Můžeme tedy provést porovnání těchto dvou technologií. Dá se říci, že 3D technologie má výhodu oproti 2D technologii v tom, že je méně citlivá na to, když je tvář nasnímaná pod mírným úhlem potočení nebo třeba z jiné vzdálenosti. Pokud je ovšem dodržena snímací vzdálenost a všechny důležité zásady (přímý pohled do kamery, žádné grimasy, žvýkání, mrkání a apod.), tak i 2D technologie zaručuje kvalitu a přesnost identifikace osoby (uživatele).

V 5. kapitole týkající se využití databáze pro jiný přístupový systém byl provede pokus o otevření databáze v jiném databázovém programu. Konkrétně se jednalo o program Microsoft Office Access. Databáze se nepodařilo otevřít, jelikož bylo vyžadováno heslo, které nebylo možno dohledat.

Informace popsané v práci lze využít jako učební materiál. To se týká především teoretické části a popisu jednotlivých algoritmů pro 2D rozpoznávání tváře.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Theoretic part contains practical examples of methods for 2D identification of face which demonstrate principles of these method specially example of graphic identification analysis 5th generation (GIA 5) and example of method nearest neighbour. For example of graphic identification analysis 5th generation were chosen two different faces. Faces are represented by an ellipses. Graphical constructions were made with platform for a technical drawing called AutoCAD. For example of method nearest neighbour was compared database of five faces with sixth face. Vectors which represented the faces were chosen for a simple calculation. Graphical constructions also were made with AutoCAD.

In the practical part is made identification of face with system Vision 3Di and also 2D identification of face with MATLAB. We can make comparison of these technologies. 3D technology is better than 2D technology if the taking face is little rotated or if the taking face has different distance. If we keep the important principles (straight look at the camera, no grimaces, no chewing, no winking etc.), the 2D technology also guarantees precise identification of face.

In the 5th chapter, which about using database for another access system, was tasted if the database can be turned on with another database platform. It was chosen Microsoft Office Access. Database is not turned on successfully because it was necessary the password. The password was not known.

Information in this work can be use like a research material specially information in theoretic part about 2D algorithms for identification of face.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RAK, Roman; MATIÁŠ, Václav; ŘÍHA, Zdeněk a kolektiv. *Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. 664 s. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [2] *Advanced Source Code . Com* [online]. 2006-01-21 [cit. 2010-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.advancedsourcecode.com/face.asp>>.
- [3] COUFAL, Roman. *Meření a porovnávání parametru IR kamer s malým rozlišením*. Zlín, 2009. 51 s. Bakalářská práce. Universita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [4] *Wikipedie Otevřená encyklopedie* [online]. 2005 [cit. 2010-04-16]. MATLAB. Dostupné z WWW : <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Matlab>>.
- [5] *The Mathworks* [online]. 2010 [cit. 2010-03-25]. Image Acquisition Toolbox 3.5 . Dostupné z WWW: <<http://www.mathworks.com/products/imaq/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Označení pro dvojrozměrný obraz
3D	Označení pro trojrozměrný obraz
CD	Compact Disk (kompaktní disk)
DVD	Digital Versatile Disc (digitální všestranný disk)
CardID	Identifikační číslo uživatele
GIA 5	Grafická Identifikační Analýza 5. Generace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: 12 základních markantních bodů.....	12
Obrázek 2: Markantní body spojeny úsečkami.....	13
Obrázek 3: Geometrická projekce dvou rovnoběžných přímk 16	16
Obrázek 4: Determinant pro 1. porovnávající tvář.....	18
Obrázek 5: Determinant pro 2. porovnávající tvář.....	19
Obrázek 6: Srovnání determinantů	20
Obrázek 7: Shoda dvou determinantů.....	21
Obrázek 8: Grafické znázornění vektoru	22
Obrázek 9: Grafické znázornění Euklidovské vzdálenosti.....	23
Obrázek 10: Schematicky naznačené tvary tváří	24
Obrázek 11: Grafické znázornění vektorů $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6$	25
Obrázek 12: Grafické znázornění bodů $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$	25
Obrázek 13: Grafické znázornění Euklidovské vzdálenosti d_{62}	27
Obrázek 14: 3D obraz tváře.....	28
Obrázek 15: Enrollment stanice.....	30
Obrázek 16: Propojení Enrollment stanice s vyhodnocovacím PC.....	31
Obrázek 17: Microsoft Office Access - tabulka pro zadání hesla	35
Obrázek 18: Webová kamera Logitech QuickCam E 3500.....	37
Obrázek 19: Menu programu <i>facerec.p</i>	41

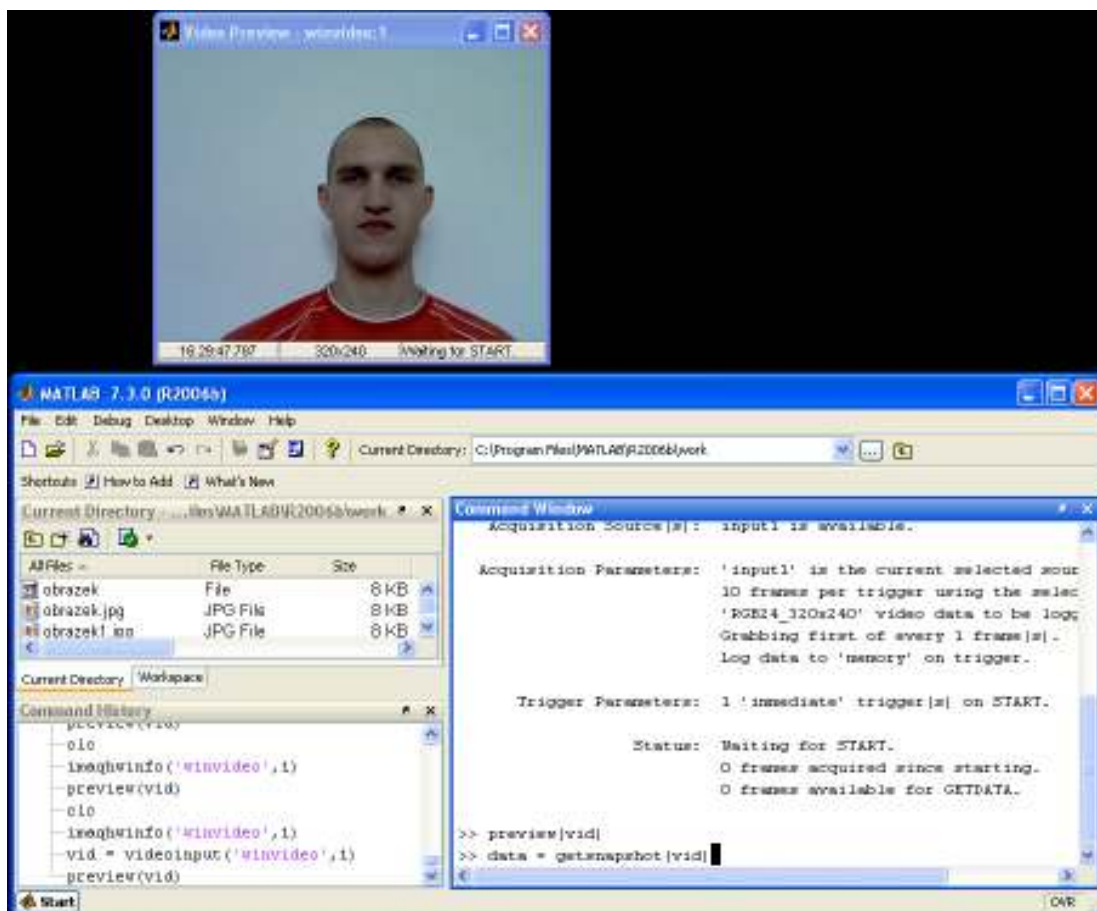
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Databáze tváří s příslušnými vektory.....	24
Tabulka 2: Výsledky 2D rozpoznávání tváří.....	42

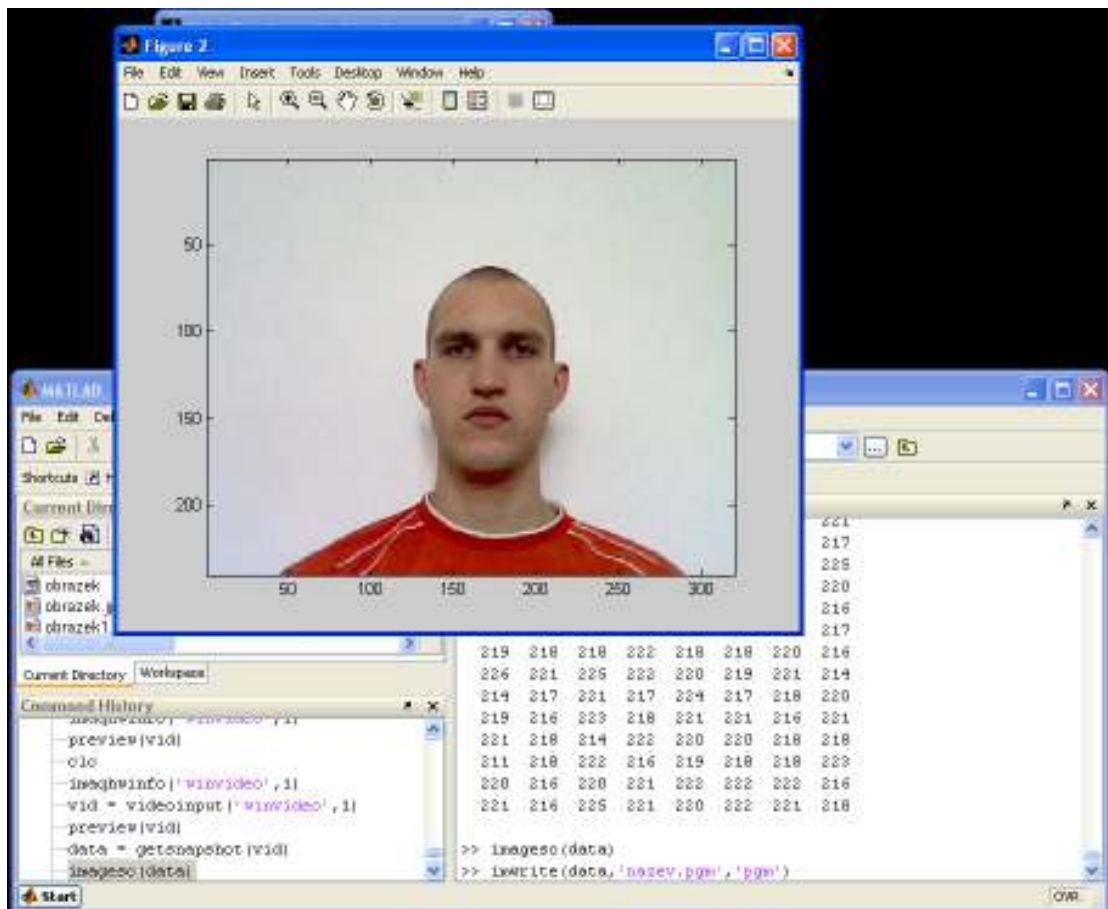
SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 Připojení webové kamery k MATLABu - zobrazení snímané scény
- P 2 Připojení webové kamery k MATLABu - pořízení obrazu tváře
- P 3 Ukázka pořízených snímků tváře

PŘÍLOHA P 1: PŘIPOJENÍ WEBOVÉ KAMERY K MATLABU - ZOBRAZENÍ SNÍMANÉ SCÉNY



PŘÍLOHA P 2: PŘIPOJENÍ WEBOVÉ KAMERY K MATLABU - POŘÍZENÍ OBRAZU TVÁŘE



PŘÍLOHA P 3: UKÁZKA POŘÍZENÝCH SNÍMKŮ TVÁŘE

