

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

PROGRAM PRO TRÉNOVÁNÍ DAKTYLOSKOPICKÝCH EXPERTŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN BARTOŇ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

PROGRAM PRO TRÉNOVÁNÍ DAKTYLOSKOPICKÝCH EXPERTŮ

PROGRAM FOR TRAINING OF DACTYLOSCOPIC EXPERTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN BARTOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DANA HEJTMÁNKOVÁ

BRNO 2010

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a vytvořením uživatelského rozhraní programu pro trénink daktyloskopických expertů. V prvních kapitolách je popsán historický a technický vývoj daktyloskopie. Dále jsou vysvětleny postupy a pojmy nutné k porozumění a základní orientaci v určování otisků prstů. Závěrečné kapitoly se zabývají návrhem možností, jakými lze získat a zobrazit výsledky v srozumitelné podobě. Závěr práce je věnován zhodnocení výsledků a testům.

Klíčová slova

Daktyloskopie, otisk prstu, markant, jádro, delta, sémantické testování shody.

Abstract

This work deals with the design project and the creation of user interface of a programme for the training of dactyloscopy experts. The first chapters describe historical and technical evolution of dactyloscopy. Then the work explains the methods and concepts necessary for understanding and elemental orientations in determination of fingerprints. The final chapters present a proposition of possibilities in how to obtain and represent the results in a comprehensible form. The conclusion of the work is dedicated to tests and evaluation of the results.

Keywords

Dactyloscopy, fingerprint, minutiae, core, delta, semantic conformance testing

Citace

Jan Bartoň: Program pro trénování daktyloskopických expertů, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010

Program pro trénování daktyloskopických expertů

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením paní Ing. Dany Hejtmánkové

.....

Jan Bartoň
19. května 2010

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své vedoucí, Ing. Daně Hejtmánkové za ochotu, vstřícnost a pomoc při řešení. Taká děkuju všem přátelům, spolužákům a spolubydlícím za nekonečnou podporu. V neposlední řadě chci poděkovat celé své rodině.

© Jan Bartoň, 2010.

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

Obsah

1 Úvod	3
2 Daktyloskopie	4
2.1 Vznik a vývoj	4
2.1.1 Počátky kriminalistické daktyloskopie	5
2.1.2 První klasifikační systémy	5
2.2 Základní fyziologické principy	5
2.2.1 Základní daktyloskopické zákony	6
2.3 Daktyloskopická stopa	6
2.3.1 Vznik daktyloskopických stop	6
2.3.2 Trvanlivost zanechaných stop	7
2.3.3 Zviditelnění daktyloskopických stop	7
2.3.4 Sejmutí daktyloskopických stop	8
2.4 Určování markantů a vzorů otisků[9]	8
2.4.1 Vzory otisků	8
2.4.2 Markanty	10
2.5 Klasifikace a evidence otisků	11
2.5.1 Standardní Americká klasifikace	12
2.5.2 Henryho klasifikační metoda	12
2.5.3 Československá klasifikace	12
2.6 Využití počítačů v současné daktyloskopii	14
2.6.1 AFIS	14
3 GUI for Dactyloscopy	16
3.1 Uživatelské rozhraní	16
3.1.1 Menu	16
3.1.2 Kreslicí plátno s otiskem	17
3.1.3 Panel nástrojů pro identifikaci markantů	18
3.2 Implementace	19
3.2.1 Soubor GTM	21
4 Návrh řešení	23
4.1 Základy poznatky	23
4.1.1 Vzorový soubor	24
4.1.2 První pokus o návrh	24
4.2 Vyhledávání chyb pro zobrazení	24
4.2.1 Chyby určení pozice	24
4.3 Návrh GUI	27

4.3.1	Ovládání programu	27
4.3.2	Návrh zobrazení	28
4.3.3	Návrh statistik	30
5	Implementace	32
5.1	Skladba programu	32
5.2	Ovládání programu	33
5.3	Testování	33
6	Závěr	36

Kapitola 1

Úvod

Daktyloskopie je vědní obor zabývající se obrazci, jež zanechávají chodidla nohou, dlaně a prsty člověka a několika málo primátů. Lidé si těchto obrazců všimli již před několika tisíci lety. Od té doby zájem o tyto obrazce rostl. Od dávných dob, kdy lidé kreslili obrovské obrazce lidské ruky na kameny, přes období v němž lidé používali otisk prstu k stvrzování smluv, došel vývoj až do dnešních dnů. V současnosti je to jeden z mála přesných způsobů identifikace člověka. Oproti metodám identifikace osob, při nichž se využívá fotografií, skenování oční sítnice, či geometrie těla má nespornou výhodu v tom, že ji lze využít i k dokazování, zdali se jistá osoba pohybovala, respektive dotýkala předmětů nacházejících se v určitém prostoru.

Práce se zabývá návrhem programu pro trénování daktyloskopických expertů. Tento program má usnadnit vzdělávání budoucích daktyloskopů. Ti by s využitím tohoto programu měli samostatně zkoumat jednotlivé otisky. Zkoumání těchto daktyloskopických otisků by mělo probíhat zcela samostatně a bez přítomnosti odborníka na daktyloskopii. Odborník by byl potřeba pouze ke konzultaci výsledků.

Úvodní část textu se zabývá veškerými okolnostmi jejího vzniku, jak se v různých zemích vyvíjela až do dnešní podoby, metody jakými je možno získat otisk prstu, způsoby jakými lze tento otisk porovnat a využití těchto poznatků v daktyloskopické praxi.

Poté je lehce přiblížen program GUI Dactyloscopy, nastíněno použití a implementace. Jsou detailněji posány jeho součásti, na které tato práce dále navazuje. Další kapitola se snaží přiblížit jednotlivé etapy návrhu a přípravy implementace řešení.

Předposlední kapitola popisuje implementaci programu, jsou zde podrobně rozepsány jednotlivé části aplikace a způsob jakým fungují. Rovněž jsou zde popsány výsledky testování.

V závěrečné kapitole je zhrnut výsledek práce a nastíněn možný budoucí vývoj a vylepšení.

Kapitola 2

Daktyloskopie

Vyslovíte-li v okruhu svých přátel či kolegů slovo daktyloskopie, s největší pravděpodobností se každému z nich vybaví něco jiného. Avšak jejich představy budou mít zřejmě několik společných rysů. Představí si záhyby, smyčky, jizvy a jakékoliv další útvary na lidské pokožce a odborníky, kteří se zabývají jejich studiem, porovnáním a identifikací.

Kdyby nás zajímal přesný význam, můžeme nahlédnout přímo do slovníku: *daktyloskopie - nauka o obrazcích tvořených papilárními liniemi na rukách a nohách. Jeden ze speciálních podoborů kriminalistiky. D. je jednou z metod spolehlivé identifikace jedince. Základy d. vytvořil J. E. Purkyně [2].*

2.1 Vznik a vývoj

Poprvé si lidé uvědomili existenci papilárních linií na vlastních rukou před několika tisíci lety. Byli to indiáni kmene sídlícího na pobřeží jezera Michigan. Na zdejších kamenech se dochovaly ryté obrazy lidské ruky, odborně nazývané petroglyfy. Vědci dodnes neví, jestli tyto rytiny měly konkrétní význam.

V zřícenině Aššurbanipalovy knihovny v Asýrii byly nalezeny zbytky hliněných destiček, pocházejících z období 900 let před naším letopočtem. Každá z destiček obsahovala psaný text, který byl potvrzen otiskem prstu. Tyto destičky měly daný formát a otisk se nacházel vždy ve stejném místě. Ve totožné době se v oblasti Řecka začala rozmáhat praktika výrobců keramiky, kteří každý svůj výrobek, zvláště pak umělecké vázy a keramiku, opatřili otiskem prstu a archeologové se domnívají, že otisk prstu měl zaručit punc kvality výrobku.

Za prvního autora, který sepsal dokument zabývající se možnostmi využití otisku prstů k identifikaci osob je považován Kio Kung-Yen. Okolo roku 720 je v Japonsku a stejně tak v Číně, uznán utisk prstu, jako možný podpis a identifikační prvek. V období dynastie Sung je sepsáno první dílo zabývající se získáváním otisků prstů a využitím v boji proti zločinu. V Japonsku se takřka do poloviny 18-tého století používal "bo-han"- pečeť palce. Po skončení soudu musel každý odsouzený zpečetit rozsudek otiskem svého levého palce. Možná již tehdy se jednalo o pokus vytvořit databázi otisků prstů všech zločinců.

V oboru daktyloskopie byl Východ daleko před Evropou. Mezi prvními badateli v Evropě, kteří se začali zabývat otisky prstů byl Čech Jan Evangelista Purkyně (1787-1869). Ve svých 36-ti letech vydal latinsky psaný spis "Rozprava o fyziologickém výzkumu orgánu zrakového a soustavy kožní". V jeho práci je popsáno rozlišení devíti různých znaků papilárních linií (markantů) a poprvé klasifikoval znak delty. Jeho práce se však nezabývá možnostmi určování osob, ale pouze pojednává o fyziologické struktuře svrchní vrstvy

pokožky. V pozdější době je jeho práce velmi často citována a posloužila jako základ při tvorbě kriminalistické daktyloskopie.

2.1.1 Počátky kriminalistické daktyloskopie

Od roku 1853 pracoval anglický úředník sir William James Herschell (1833-1917) v Bengálské provincii Hooghly a zde si všiml zvyku čínských obchodníků, kteří své obchody stvrzovali otiskem prstu, konkrétně otiskem palcem. Toho využil při uzavírání smlouvy s Indickým obchodníkem, vyžadoval po něm zpečetění smlouvy otiskem prstu. Později se začal o otisky zajímat více a založil si sešit s názvem "Kresby ruky". Postupně začal sbírat otisky svých přátel a experimentálně zjistil, že žádné dva otisky se neshodují. Toho později využil při řešení problému, kdy vojáci pobírali důchod za své dávno zemřelé kolegy. Každý voják musel při převzetí důchodu otisknout otisk palce, tím bylo zamezeno podvodům a Herschell získal otisky do své sbírky. Podobný experiment opakoval ve vězení, kde se pokoušel sesbírat otisky prstů všech vězňů, aby zabránil záměně pachatelů závažných zločinů od méně závažných. Svou práci publikoval a tento systém identifikace chtěl zavést ve všech věznicích.

Zcela samostatným bádáním došel Dr. Henry Faulds z Tokiiské nemocnice k velmi podobným výsledkům, který navíc poprvé použil otisk papilárních linií z místa činu krádeže k identifikaci pachatele.

Na počátku 19-tého století se začala daktyloskopie používat jako primární identifikační metoda. První kdo ji začal používat v praxi byl policejní inspektor Edward Henry (1850-1931) v Kalkatě, kde zcela nahradila metodu antropologickou, spočívající v pořízení fotografií pachatelů z obou profilů a zepředu, v měření délky paží a nohou. Henry nařídil odebírat otisk levého palce, protože většina lidí jsou praváci a tak linie na jejich pravém palci byly více opotřebované. V roce 1901 převzal vedení Scotland Yardu a založil zde oddělení daktyloskopie, které během prvního roku činnosti provedlo okolo 250 identifikací.

2.1.2 První klasifikační systémy

V roce 1923 se konal ve Vídni policejní kongres, jehož výstupem bylo nařízení, které mělo za úkol sjednotit daktyloskopické karty v několika zemích a zavést klasifikační řád pro jednotlivé otisky prstů. Jednalo se o dekadaktyloskopii a počítalo se s tím, že každému vězni bude odebrána kompletní sada otisků všech deseti prstů a bude možné porovnávat otisky na dálku pomocí telegrafu. Při identifikaci měla být použita tzv. "generální formula" znamenající, že každý prst měl být označen základním vzorem. Tato podkapitola je volně přejata z [3].

2.2 Základní fyziologické principy

Lidská kůže se skládá z několika vrstev. Svrchní vrstvou pokožky je epidermis a pod ní je pro obor daktyloskopie důležitá vrstva škůra, zvaná dermis. Dermis se skládá z dalších dvou vrstev. Hlubší vrstva je místy fixována k podkoží a místy volná (např. na krku). Epidermis je tvořena vrstvou jemných elastických vláken s četnými vazivovými buňkami a do pokožky vybíhá řadou bradavičitých výběžků, papil. Některé papily obsahují klíčky krevních kapilár, jiné receptory kožního vnímání. Papily mají místy charakteristické uspořádání (tvořící valy a rýhy), které je individuálně odlišitelné, geneticky ovlivněné a promítá se do povrchové struktury pokožky, obzvláště je dobře patrné na bříškách prstů.[5]

K určení identity osob pomocí daktyloskopie jsou využity papilární linie vyskytující se na prstech, dlaních rukou a chodidlech nohou všech lidí a několika málo druhů lidoopů. Papilární linie se na jiných místech těla a u jiných živočichů naší planety nevyskytují. To zaručuje, že nalezené otisky linií lze jednoznačně přiřadit ke konkrétnímu člověku. Linie jsou vysoké 0,1 až 0,4mm a mají šířku 0,2 až 0,7mm. [11]

Z povrchu lidské pokožky v průběhu života neustále odpadávají částičky zrohovatělé kůže, celková hmotnost všech šupinek kůže odpadnutých u člověka ve věku 75-ti let se odhaduje přibližně na 20kg. Lidská pokožka se neustále obnovuje novými buňkami, beze změny tvaru a množství papilárních linií a markantů.

2.2.1 Základní daktyloskopické zákony

Během výzkumů v oblasti otisků papilárních linií, bylo vysledováno několik zákonitostí.

Neexistují dva jedinci se stejnými obrazy papilárních linií

Matematicko-statistickými výpočty bylo prokázáno, že variace papilárních obrazců jsou velmi rozmanité. Je prakticky nemožné, aby na zeměkouli existovali dva různí lidé s naprosto stejnými obrazy papilárních linií.

Relativní stálost papilárních linií

Papilární linie se člověka začínají tvořit ve čtvrtém měsíci embryonálního vývoje. Během jeho růstu, hubnutí a stárnutí se může pokožka různě protahovat a posévat vráskami. Samotný tvar, sled, návaznost a poloha papilárních linií pokožky by měla zůstat neměnná.

Neodstranitelnost

Vzor papilární linie lze odstranit pouze, pokud se zničí zárodečná vrstva kůže. Tento teorém prokazovalo mnoho daktyloskopů. Například profesori Locard a Witkovski se pokoušeli papilární linie u svých prstů změnit. Bráška prstů spalovali ve vodě a oleji, přikládali na rozžhavený kov, namáčeli do acetonu, po takovém poničení pokožky nebylo možné sejmut otisky. Ale po kompletním zahojení pokožky, byly sejmuté otisky totožné s otisky sejmutými před prováděním těchto experimentů.

2.3 Daktyloskopická stopa

K rozšíření oboru daktyloskopie přispěl fakt, že jej lze využít nejen jako antropologickou metodu k rozlišení identity člověka. Při dodržení jednoduchých zásad je to metoda velmi snadná, rychlá a efektivní. Navíc ji lze použít při identifikaci osob, které se zdržovaly na místě činu. Člověk zanechává daktyloskopické stopy na všech předmětech, kterých se dotkne články prstů, chodidly, nebo dlaněmi. Daktyloskopická stopa je jakýkoliv otisk, který lze najít či zviditelnit a poté ho sejmut a uchovat pro další zkoumání.

2.3.1 Vznik daktyloskopických stop

Při členění [10] daktyloskopických stop využíváme původu jejich vzniku. Stopa může vzniknout například vtisknutím palce do nějaké tvárné hmoty (3D stopa) - vosku, teru, pečetní plastelíny, čokolády, másla či nevytvrdlého sklenářského tmelu. Díky fyzikálním a chemickým

vlastnostem těchto materiálů, může na jejich povrchu vzniknout velmi kvalitní, zrcadlově převrácený obraz papilárních linií, který vydrží beze změn takřka až do roztavení materiálu.

Druhým typem je stopa vnikající buď navrstvením nebo odvrstvením. Stopy navrstvené vznikají přenesením látky z papilárních linií pokožky na čistý povrch předmětu. Vrcholky papilárních linií mohou být znečištěny potem, barvou, mastnotou nebo také krví oběti. Takto zanechaný otisk může být lehce zjistitelný. Jako vzorový druh otisku tohoto typu lze uvést krvavou stopu na zrcadle. Pokud přenesený otisk tvoří pouze pot, je pouhým okem nezjistitelný, takzvaně latentní a musí být zviditelněn speciální technikou.

Stopy odvrstvené vznikají přichycením části celistvého povrchu předmětu na papilární linie. Dochází ke vzniku negativu otisku, protože místa vrcholů papilárních linií bývají lepkavé (upoceně) a přichytí na sebe povrch předmětu. K tomuto typu přenosu dochází na čerstvě barvou natřeném, nebo na jemně zaprášeném hladkém povrchu.

2.3.2 Trvanlivost zanechaných stop

Daktyloskopické stopy jsou velmi choulostivé na poškození. Na místě spáchání trestného činu se jich může nacházet značné množství. Avšak díky své malé velikosti se mohou snadno zničit. Proto je důležité je zajišťovat s velkou opatrností. Popíšeme-li si místo činu, ve kterém figuruje zbraň, pachatel a oběť, mohou se stopy pachatele nacházet na místě, na zbrani i na těle či věcech poškozeného. A naopak, otisky oběti se mohou nacházet na věcech pachatele, na jeho oděvu a na těle. Avšak všude se mohou nacházet otisky nezúčastněných osob, kterých může být značné množství.

Trvanlivost stop značně závisí na vlivu povětrnostních podmínek, na okolní teplotě, na vlhkosti vzduchu, na fyzikálně chemických vlastnosti podkladu zanechaných stop a na jejich struktuře.

2.3.3 Zviditelnění daktyloskopických stop

Viditelné stopy se zajišťují způsobem, který je vybrán na základě charakteru stopy a povrchu materiálu, na němž se stopa nachází. Stopy latentní je nutno nejprve najít, k jejich zviditelnění se používají fyzikální, chemické a fyzikálně-chemické metody [9].

Fyzikální metody jsou používány ke zviditelnění otisků prstů, vzniklých zanecháním potu na pevném povrchu. Tato metoda využívá přilnavosti zasychajícího potu. Jemnými vlasovými štětečky se opatrně, aby nedošlo k poškození stopy, nanáší jemný prášek. Druh prášku je závislý na konkrétním typu podkladu. Na hladkých lesklých površích se používá hliníkový prášek, argentorát. Další typy prášků jsou rumělka, grafit, ultramarín. Na papír a karton se používá jemný feromagnetický prášek a pro tkaniny se používá tkanol. V současnosti se využívá různých prášků s vyšší intenzitou zviditelnění starších, často už velmi zaschlých otisků. Při získávání otisku z materiálů neporézních, které byly vystaveny dlouhému působení vody, lze použít tekutý prostředek, tzv. WetPrint.

Chemické metody jsou založeny na reakci chemikálií se složkami potu, při které je otisk zviditelněn. Uplatňují se především na otisky na papíře. Použitá chemikálie se volí podle potřeby tak, aby při reakci nezničila otisk, nebo papírový podklad, na kterém se otisk nachází.

Mezi fyzikálně-chemické metody můžeme zařadit sublimaci jódových par a vypařování kyanoakrylátu. Sublimace jódu se využívá k zviditelnění daktyloskopických otisků na velkých listinách, jako jsou například noviny. Šupinky jódu se zachytávají na otiscích, které vykreslí a ty pak lze vyfotografovat.

Používání par kyanoakrylátu je v současnosti velmi rozvíjející se a perspektivní metodou k zjišťování latentních otisků. Kyanoakrylát lze využít jak ve venkovní prostředí, tak i v interiéru. Zviditelňuje otisky takřka na všech materiálech, dokonce i kůži, igelitových pytlích a dřevě. Získaná daktyloskopická stopa je velice stálá. V terénu se používá tzv. "kyanoakrylátová hůlka", ze které se pomocí malého hořáku na butan, uvolňují páry kyanoakrylátu. Při zanechání potního otisku prstu se z něj postupně začínají uvolňovat odpadní látky z bílkovin, ty lze zaznamenat při ozáření argonovým laserem. Silný laser by mohl otisky zničit a tak se využívá různých chemických barviv pro předúpravu povrchu, obvykle kapalná látka ve spreji.

2.3.4 Sejmutí daktyloskopických stop

Po zviditelnění stop je potřeba získané důkazy stanoveným způsobem uchovat pro bližší prozkoumání a ohledání. V praxi se užívají čtyři způsoby. Fotografování, odlévání, přenesení na daktyloskopickou folii a in natura.

Fotografování se používá zejména u stop, které nelze zdokumentovat jiným způsobem, například stopy zobrazitelné pomocí kyanoakrylátových par, nebo argonového laseru. Obvykle se fotografuje kolmo na plochu s otiskem se světlem dopadajícím z úhlu.

Odléváním se zajišťují stopy vtištěné (3D stopy) do různých forem materiálu. Plastičnost těchto stop nedovoluje jejich zdokumentování pomocí fotografie.

Přenesení na daktyloskopickou folii je nejběžnější způsob sběru otisků. Folie je vyráběna v několika různých barvách a rozměrech. Barva se volí pokud možno co nejvíce kontrastní k použitému prášku. Folie se skládá z průhledné krycí vrstvy a vrstvy potažené vrstvou želatiny. Zajištění otisku probíhá tak, že se odchlípí krycí fólie, opatrně se želatina přiloží na daktyloskopický otisk a prsty se přitiskne želatina po celém povrchu tisku. Poté se opatrně přikryje želatina krycí fólií a vytlačí vzduch.

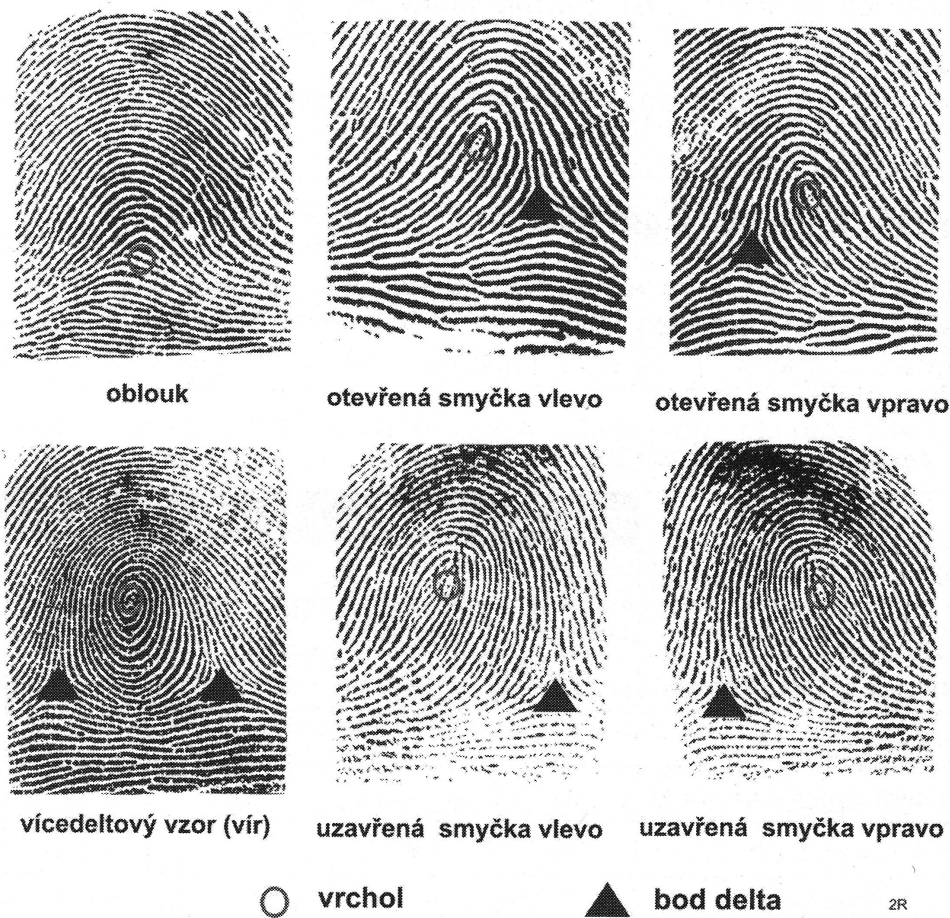
Drobnější předměty je možné zpracovat In natura. Týká se to třeba nábojnic, zbraní a obsahů kabelek. Tyto předměty jsou zasílány do kriminalistické laboratoře k sejmutí otisků.

2.4 Určování markantů a vzorů otisků[9]

2.4.1 Vzory otisků

Každý daktyloskopický otisk prstu lze klasifikovat jistým obrazcem papilárních linií. Většinu otisků můžeme rozdělit do několika kategorií. Každý otisk má svou charakteristickou kresbu, kterou tvoří běh jeho papilárních linií. První detail, který je potřeba zjistit je pozice delty popřípadě delt. Delta je místo v otisku, do kterého bychom mohli umístit malý trojúhelník, aniž bychom narušili běh papilárních linií a linie se z tohoto místa rozbíhají do tří směrů. Dalším významným znakem je vrchol, pomyslný střed otisku. Linie se okolo vrcholu otáčí. Pokud přirovnáme otisk prstu k vrstevnicím na mapě, je vrchol, vrchol kopce. Podle vzájemné pozice delt a vrcholů se rozlišuje několik konkrétních vzorů, avšak odborníci z několika různých zemí rozlišují rozdílné množství vzorů. Například v zahraničí se rozlišuje i více než osm vzorů, v České Republice byl zaveden systém šesti základních vzorů viz. obrázek 2.1.

- Oblouk - pokud si představíme otisk prstu, oblouk by se dal charakterizovat, jako linie běžící z jedné boční strany na druhou. Ve středu otisku se nachází vrchol. Linie tento vrchol obchází obloukem.



Obrázek 2.1: Šest základních vzorů [9]

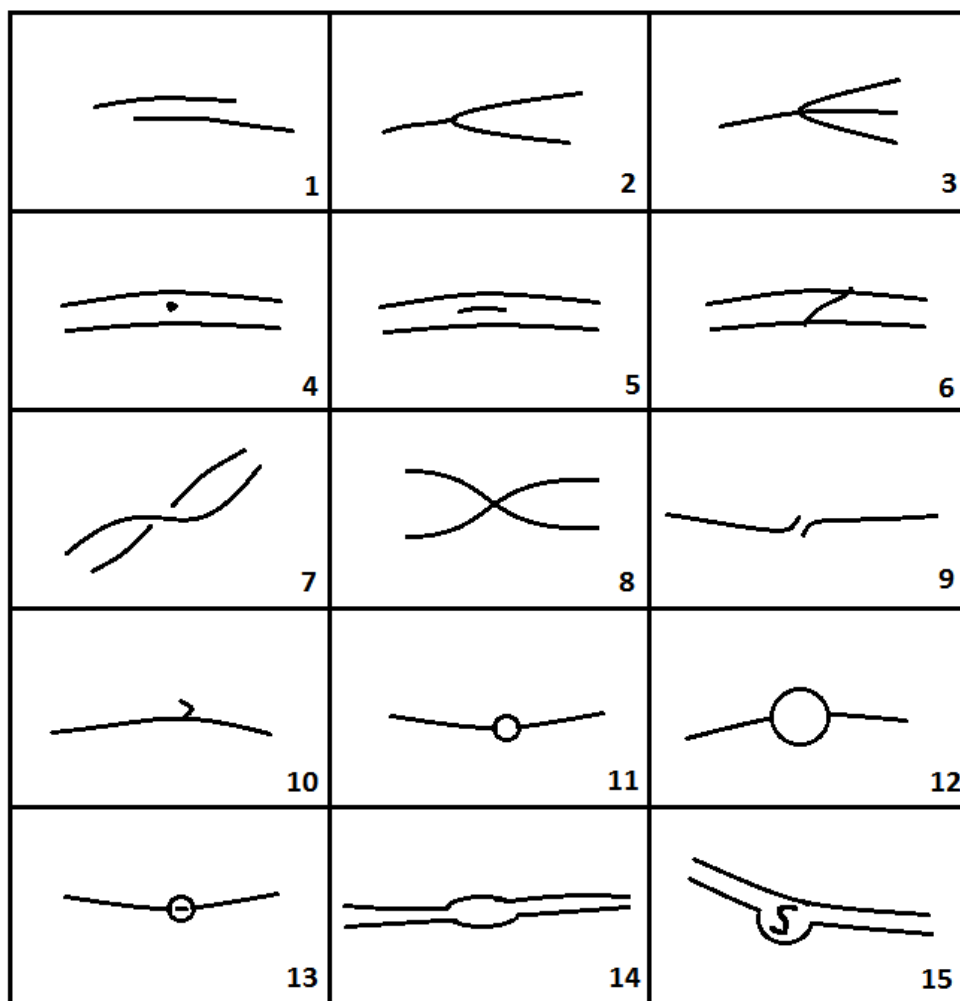
- Otevřená smyčka vlevo - vrchol se nachází ve středu otisku, linie vychází z levé strany, obchází vrchol a vracejí se zpět na levou stranu. Tento vzor musí obsahovat deltu, ta se nachází vpravo dole od vrcholu.
- Otevřená smyčka vpravo - opak otevřené smyčky vlevo. Linie vychází z pravé strany, otáčí se okolo vrcholu , který leží uprostřed otisku a vrací se zpět na pravou stranu. Delta se nachází vlevo od otisku.
- Dvojtá smyčka - zahrnuje otisky s alespoň dvěma deltami. Okolo vrcholu se linie točí v e tvaru oválu, elipsy, dvojtých smyček a spirál. Tento vzor bývá někdy označován také jako vícedeltový vzor.
- Uzavřená smyčka vlevo - vrchol se nachází ve středu otisku. Z levé strany vybíhají linie a obchází vrchol a vrací se na pravou stranu. Uvnitř této uzavřené smyčky se linie mění ve vír, spirálu, nebo jiný vzor.
- Uzavřená smyčka vpravo - opak uzavřené smyčky vlevo. Linie vychází zprava a obchází střed otisku, ve kterém leží vrchol a vrací se vpravo. Vznikne uzavřená oblast, ve které se linie mění ve vír, spirálu nebo jiný vzor. Delta se nachází vlevo od otisku.

2.4.2 Markanty

Při identifikaci otisku se využívá tzv. markantů. Markantem označujeme jakékoliv vychýlení, přerušení či změnu běhu papilární linie. Při porovnávání otisků, se vyhledávají markanty s nejvyšší identifikační hodnotou. Poté se určí počet linií mezi nimi. Pokud se překročí "jistá hranice shodnosti", která je v každé zemi jiná, jsou otisky označeny za shodné. Například v České Republice je považováno 10 markantů za dostatečný počet k porovnání dvou otisků. Pro porovnání v Německu jde o 12 markantů a ve Velké Británii dokonce o 16 markantů. Teoreticky lze rozlišovat mnoho typů markantů, na obrázku 2.2 lze vidět většinu obrazců, které se dají rozlišit:

1. Začátek a konec linie (begin a ending) je snadno identifikovatelný
2. Dvojitá vidlice (bifurcation) je tvořena sbíháním dvou linií do jedné, každý konec by měl být delší než 3 mm
3. Trojitá vidlice (trifurcation) - tři linie se sbíhají do jednoho bodu, podobná jako dvojitá vidlice
4. Tečka (dot) - papilární linie tvoří tečku
5. Krátká linie (ridge) je krátká linie, která leží rovnoběžně s ostatními liniemi, je však mezi nemá uzavřená (z obou stran jsou linie delší)
6. Můstek (fork) spojuje dvě vedle sebe ležící linie, není však delší než 3mm
7. Zdvojení (uznávané pouze v ČR) - při křížení dvou linií je jedna linie přerušena tou druhou
8. Křížení (crossing ridge) - dvě papilární linie se protínají
9. Posunutí (uznávané pouze v ČR) vzniká tehdy jeli papilární linie přerušena, a v místě přerušení dojde k zahnutí konců
10. Háček (hook) je typicky krátká papilární linie (ne delší než 3mm), připojující se k jiné linii
11. Očko (eye) vzniká pokud se spojí dvě linie v kruhu, jehož průměr není větší než 3mm
12. Ostrůvek (island) velice podobný očku, avšak jeho průměr je mezi 3-6mm, uvnitř ostrůvku nesmí být žádné papilární obrazce
13. Ostrůvek s čarou (enclosed ridge) obsahuje linii, která je kratší než 6mm a uzavřena uvnitř ostrůvku
14. Uzavřená smyčka (enclosed loop) dvě (nebo i více) vedle sebe ležící linie svým tvarem vytváří mezi sebou prázdnou oblast
15. Speciální markanty (specialties) - otazník nebo jiný specifický tvar uzavřený do ostrůvku, nevyskytuje se příliš často.

U složitějších markantů je velký problém určit úhel a i přesnou pozici, to se zjednoduší použitím jednodušších symbolů. Ty mohou být nalezeny přesně a tak stoupá i jejich kvalita. V praxi se často využívá metoda, kdy se určování jednoho složitějšího symbolu, například



Obrázek 2.2: Jednotlivé markanty

trojité vidlice, zdvojení, posunutí. Nahradí několika jednoduššími markanty, jako je začátek a konec. Typickou ukázkou využití tohoto postupu je určení tří začátků linie namísto trojitě vidlice. Stejně tak zdvojení může být nahrazeno pouze dvěma markanty začátek a konec.

2.5 Klasifikace a evidence otisků

Mnohaletá praxe ukázala, že daktyloskopické metody jsou velice přesné a dokáží s velkou pravděpodobností identifikovat konkrétního člověka. Dají se využít při porovnávání konkrétních otisků podezřelého s otisky na místě činu, zde se jedná řádově o desítky možná stovky otisků. Chtěl-li by znalec porovnat otisky podezřelého s otisky nalezenými na místech všech trestných činů, majících stejné rysy, řekněme třeba vloupání do bytové jednotky s využitím páčidla. Mohlo by se, například ve větším městě jednat o několik tisíců otisků.

Během vývoje daktyloskopie si znalci vytvořili několik různých systémů, jak otisky uschovat takovým způsobem, aby byly snadno zařaditelné a snadno vyhledatelné. Podle potřeb, respektive podle účelu databáze, existuje několik způsobů a rozdílných hod-

nocení jakými se otisky bodují a zakládají do databází. Pro uchování evidence otisků z místa páčání trestné činnosti se často využívají jednoprstové (monodaktyloskopické) karty, pachatel často zanechá jen několik málo otisků. Naopak sbírky víceprstové (dekadaktyloskopické) se používají například k uchování otisků majitelů bytů, aby jejich otisky mohly být vyloučeny z okruhu "podezřelých". Také se tento typ používá k identifikaci mrtvol a neznámých osob.

Většina těchto evidencí je vzájemně nekompatibilní, protože každá využívá vlastní vzorec, podle kterého jsou otisky hodnoceny a zařazovány. Řazení mohou být například ve formátu:

- Daktyloskopické karty z nevyřešených událostí
- Dle jména abecedně řazené karty
- A karty řazené podle daktyloskopického vzorce

Řazení a identifikace otisků do karet, je velmi náročná na čas. Kdyby měl být tento systém zachován do dnes, vyžádal by si velké množství lidských zdrojů. Jakákoliv chyba v určení otisků vzniklá nezalostí, nebo chyba vzniklá náhodou, by zapříčinila špatné zařazení. Každá špatně zařazená karta má fatální důsledek na identifikaci. V současnosti se až na výjimky v některých zemích, využívají počítačové metody zpracování otisků. V České Republice se manuální systém zařazování karet využíval až do roku 1994. V historii se používaly různé metody klasifikace, zde budou uvedeny ty nejdůležitější.

2.5.1 Standardní Americká klasifikace

Klasifikace se vyjadřuje zlomkem. Obě ruce mají stejně ohodnoceny jednotlivé prsty. Na prstech se hledá vzor "vír", avšak pouze na sudých prstech. Číslování prstů začíná jedničkou na palci pravé ruky, pokračuje pětkou na malíčku pravé ruky, šestkou na palci levé ruky a desítkou na malíčku levé ruky končí. Jednotlivé prsty od palce po malíček jsou hodnoceny 16, 8, 4, 2 a 1 bodem. Obě ruce mají ekvivalentní bodování. Celkový zlomek je pak vyjádřen součtem hodnot pravé ruky, k tomu je přičtena jednička. Tím vznikne číselník, který je zaručeně větší než nula. Jmenovatel se určí podobně jako číselník. Určí se součet bodů levé ruky a přičte se jednička.

2.5.2 Henryho klasifikační metoda

Tato metoda klasifikace se opět určuje zlomkem, avšak bodové hodnocení jednotlivých prstů a typ vzorce se od předchozí liší. Bodové označení prstů je 16, 16, 8, 8, 4, 4, 2, 2, 1, 1 (bodové hodnoty odpovídají pozicím prstů v číslování od prvního po desátý). Prsty jsou číslovány stejně jako v Standardní Americké klasifikaci. Pravý palec má číslo jedna, dále pravý malíček pět, levý palec má šest a nakonec levý malíček číslo deset. Vzorec je založen na bodování prstů se vzorem "vír". Číselník vznikne obodováním vzoru "vír" na všech sudých prstech obou rukou. K výsledku se přičítá jednička. Jmenovatel oboduje všechny liché prsty s výskytem "víru" a přičte k součtu jedničku.

2.5.3 Československá klasifikace

Český klasifikační systém je rozdělen do oblastí dekadaktyloskopické a monodaktyloskopické.

Tabulka 2.1: Česká subklasifikační tabulka

Prst	Počet linií	Kód
ukazovák	1-7	1
prostředník	8-13	2
prostředník	14-...	3
prsteník	1-10	1
prsteník	11-15	2
prsteník	16-...	3

Dekadakyloskopie

Její určení se skládá ze tří částí *klasifikace*, *subklasifikace* a *doplňku*.

Klasifikace Pro zvládnutí klasifikace je třeba znát základní pojmy (delta, vrchol) a vzory. V české terminologii je uznáváno šest vzorů: oblouk, otevřená smyčka vlevo, otevřená smyčka vpravo, vícedeltový vzor, uzavřená smyčka vlevo a uzavřená smyčka vpravo (obr. [9]). V některých zemích je používáno i devět vzorů, avšak mezinárodním systémem používá pouze tři vzory: oblouk (arch), smyčka (loop) a vícedeltový vzor, neboli vír (whorl). Praxí bylo zjištěno, že četnost jednotlivých vzorů se odvíjí od etnického původu. Vícedeltové vzory jsou typické pro Asijské obyvatele, smyčky pro Evropany a oblouky pro Afričany.

Subklasifikace Rozlišuje tři různé případy, které mohou nastat. Subklasifikace se provádí pouze na ukazováku, prostředníku a malíku. Pokud je prst amutován, do vzorce se píše *amk*, pokud je prst chromý je označeno *ank*.

- V případě že je vzorem oblouk, prst není subklasifikován, do kódu se píše pomlčka.
- V druhém případě, pokud je prst vzoru smyčky, počítá se počet linií mezi ohybem vnitřní smyčky a nejbližší deltou. Pro každý prst a počet linií je výsledkem jiný kód. Podrobnosti v tabulce 2.5.3.
- Pokud je na prstě vícedeltový vzor, probíhá subklasifikace určováním vzájemné polohy dvou delt, které se nachází nejbližše krajům. Začíná se od nejlevější delty směrem k pravé deltě. Objektem zkoumání je linie vycházející pod levou deltou, dojdeme-li až k pravé deltě, počítá se počet linií k ní.
 - Pokud se nachází pod deltou a nad danou linií více než dvě linie, kód je stanoven na 1.
 - Jestli je počet linií nad, nebo pod deltou nižší než dvě, značí se kódem 2.
 - Je-li vzdálenost linie pod deltou větší než dvě linie, je prst subklasifikován kódem 3.

Doplňěk Pokud je pravý malík vzoru smyčka, udává počet všech linií. Uvádí se jako poslední číslo vzorce.

Nakonec jsou dekadaktyloskopické karty podle vzorců uchovávány, muži a ženy zvlášť. Příklad daktyloskopického vzorce:

1 3 2 1 1 - 1 3 1 amp ank

Monodaktyloskopie

Monodaktyloskopická klasifikace se zabývá členěním jednotlivých otisků prstů a skládá se z *klasifikace* a *subklasifikace*. Karty jsou dvou typů, prvním je jmenná karta řazená podle jména a obsahující jeden otisk. Druhým typem je karta obsahující všech deset otisků prstů. Standardní postup je, že se karta s deseti otisky prstů podrobí daktyloskopování. Po provedené expertíze se rozstříhá na jednotlivé prsty (karta je zhotovena ve dvou provedeních), ty se pak řadí podle pozice prstu (palce, ukazováky, prostředníky, . . .) a podle vzorce.

Klasifikace Probíhá určování vzorů, základních vzorů je celkem jedenáct, většina základních vzorů se dále blíže subklasifikuje.

Subklasifikace Metody subklasifikace jsou závislé na předem určeném vzoru.

- U smyček jsou počítány linie mezi vrcholem a deltou, toto číslo se uvádí za kódem hlavního vzoru.
- U všech vícedeltových vzorů, vyjímaje dvoudeltový dvousmyčkový vzor, se zjišťuje počet linií mezi vrcholem a deltami. Výsledek se uvádí ve tvaru zlomku.
- U dvoudeltového dvousmyčkového vzoru, se postupuje stejně jako v předchozím případě, akorát se počítá pro každý vrchol.

2.6 Využití počítačů v současné daktyloskopii

Moderní technologie zcela změnili pohled na daktyloskopické sbírky. Co se týče lidských zdrojů, hodně zefektivnily a zrychlily práci s otisky. I nadále jsou potřeba nástroje jako lupa, štěteček a řada fyzikálně chemických prostředků, pomocí kterých jsou otisky získávány.

Většina moderních aplikačních systémů, již využívá porovnávání dvou otisků, jako dvou obrazů. Některé algoritmy porovnávají obraz zcela náhodně, jiné využívají natočení obrazů pomocí daktyloskopických vrcholů a delt (program tyto body nalezne a otisk pomocí nich vhodně natočí). Zadavatel pouze určí kritéria prohledávání a čeká na výsledek. Systém je velmi rychlý, informace vrací v řádu několika málo minut. Pro porovnání s daktyloskopickými evidencemi, kde pracovalo okolo dvaceti vyškolených odborníků, vyhledání jednoho otisku jim zabíralo čas okolo dvou týdnů. Také je velmi zvýšena přesnost a spolehlivost.

Tak jako v jiných oborech, se v rámci zvýšení produktivity zaváděly informační systémy i do daktyloskopie. S rostoucí kriminalitou stoupal počet záznamů v daktyloskopických evidencích. Při sekvenčním prohledávání to znamenalo postupné prodloužení doby expertízy.

2.6.1 AFIS

Automated Fingerprint Identification System [7] je souhrnný název pro aplikace, sloužící k automatizované identifikaci a verifikaci osob pomocí počítače. Tento systém byl v České republice uveden do plného provozu v roce 1994. Od té doby plně nahradil systém řazených

daktyloskopických kartoték. Systém AFIS je velmi výkonný. Díky jeho modulovému složení je snadno rozšiřitelný a dá se aktualizovat o další funkce.

Spolupráce se systémem je velmi rychlá, přesná a bezchybná. Daktyloskop zašle otisk pomocí počítače do centrální databáze v Praze. Tam je otisk vyhodnocen, a systém zašle tazateli několik nejvíce shodných záznamů. Tato operace si zabírá čas v řádu několika minut. Poslední publikovaná konfigurace databáze AFIS v Praze je schopna pojmout okolo 800 000 daktyloskopických karet. Během dne je schopna zaevidovat nových 250 karet a ty porovnat s databází. Porovnat 250 karet s databází otisků zajištěných u neobjasněných trestných činů. Porovnat 50 stop s evidovanými záznamy otisků a s záznamy osob.

AFIS-RRS *Rapid Respond Systém*[8] byl do systému v české republice začleněn v roce 2000. Jeho základní myšlenkou je jednoduchá, časově neomezená možnost identifikovat osoby. Nejčastěji je využíván cizineckou policií ke kontrole uprchlíků a migrujících osob.

Systém je nastaven tak, že policista při kontrole totožnosti, pomocí jednoduchého snímacího zařízení (pracovní stanice), sejme otisky obou palců a ty zašle do centra spolu se základními osobními informacemi. Systém pak sám rozhodne podle nastavené hranice citlivosti a vrátí pouze informaci *shoda - neshoda*.

Při *shodě* jsou žadateli zobrazeny detailnější údaje o sobě. V opačném případě (*neshoda*) jsou otisky s informacemi dočasně uloženy.

Pokud by bylo potřeba, může být vytištěna dekadaktyloskopická karta i s otisky obou palců. Zbytek prstů je pak sejmuto na místě pomocí daktyloskopické barvy. Celá karta může být zaslána k expertíze a později sloužit i při žádosti o azyl, nebo jako podklad k vyhoštění.

Kapitola 3

GUI for Dactyloscopy

GUI for Dactyloscopy je program vytvořený pro trénování daktyloskopických expertů, vytvořila jej Ing. Dana Hejtmánková¹. Hlavním cílem mého GUI je naučit začínající daktyloskopy určovat otisky prstů. Častým zkoušením, by postupem času měli být schopni samostatně a velmi přesně ohodnotit jednotlivé otisky. Základní myšlenkou tohoto programu je porovnání markantů nalezených studentem s markanty zaznačenými ve "vzorovém" vyhodnocení. Poté určit, jak přesný byl student a zhodnotit jeho snažení a vypracovat statistiku.

3.1 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní programu je rozděleno do tří hlavních částí. V horní liště programu se nachází menu k ovládání programu. Celý program se skládá ze dvou hlavních částí. Vlevo kreslicí plátno s otiskem a vpravo nabídka nástrojů, sloužící ke vkládání markantů.

3.1.1 Menu

Menu obsahuje základní položky sloužící k ovládání programu. Je složeno ze tří základních nabídek.

- *File*
 - *Open image file* zajistí otevření obrazu daktyloskopického otisku ve formátech *BMP* a *WSQ*²
 - *Save minutie . . .* zajistí uložení vložených markantu ve formátu *GTM* (Ground Truth Minutiae). Před uložením jsou kontrolovány vložené markanty, jestli obsahují veškeré potřebné údaje.
- *Zoom*
 - *Zoom up* slouží k přiblížení obrazu otisku
 - *Zoom down* slouží k oddálení obrazu otisku
- *About* spustí informaci o programu

¹Ing. Dana Hejtmánková, NISlab, Norway 2009

²*Wavelet Scalar Quantization* je ztrátový kompresní formát, který se využívá k uchovávání obrazů daktyloskopických otisků. Formát pracuje s 8-bitovou stupnicí šedi a dokáže velmi dobře zachovat detaily. Jeho kompresní poměr oproti *bmp* je obvykle 12:1. FBI ho určila jako standardní formát.[6]

3.1.2 Kreslicí plátno s otiskem

Kreslicí plátno lze přibližovat a oddalovat, jsou v něm graficky zaznačeny markanty. Na obrázku 3.1 je otisk se vzorem otevřená smyčka vlevo.

Zaznačená delta se třemi úhly znázorněna vpravo dole a jedno jádro v daktyloskopickém středu otisku. Jádra a delty jsou kresleny žlutě. Při přidávání dalších jader a delt je barva červená (při přidávání nových jader a delt, stejně i při upravování již přidanych se změni barva na červenou).

Nově přidaný a aktuálně upravovaný markant má barvu zelenou. Předchozí mají barvu modrou. Markanty jsou značeny průhledným kruhem, naopak jádra mají kruh vyplněný.



Obrázek 3.1: Okno pro kreslení markantů

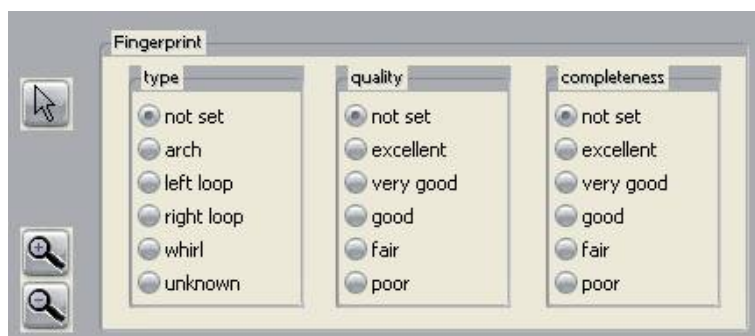
3.1.3 Panel nástrojů pro identifikaci markantů

Boční panel pro zadávání informací o otisku se skládá ze čtyř oddělených sekcí. Výběr z každé podnabídky obsahuje typ "not set", ten je nastaven jako defaultní volba. V levé části se nachází tlačítko výběru, které slouží k označení libovolného již vloženého prvku v oblasti plátna. Níže se nachází tlačítka přiblížení a oddálení (zoom up a zoom down).

Otisk prstu

V této sekci (obr.3.2) se nastavují parametry týkající se celého otisku prstu.

- Daktyloskopický vzor (*type*) otisku se vybírá z pěti možností
 - Oblouk (arch)
 - Levá smyčka (left loop)
 - Pravá smyčka (right loop)
 - Víř (whirl)
 - Neznámý (unknown)
- Ohodnocení kvality otisku (*quality*), hodnotí se kvalita otisku po jeho grafické stránce.
 - 1 Excellent
 - 2 Very good
 - 3 Good
 - 4 Fair
 - 5 Poor
- Celistvost otisku (completeness) obsahuje stejné volby k výběru jako u *quality*.

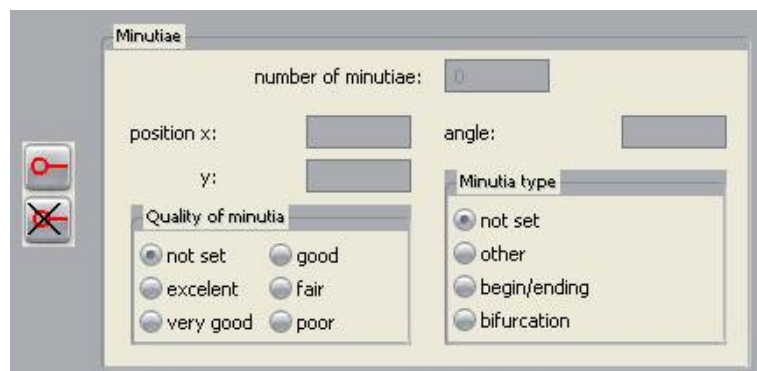


Obrázek 3.2: Základní určení otisku

Markanty

Tato podnabídka (obr.3.3) slouží ke vkládání jednotlivých markantů, jsou zde dvě tlačítka, jedno pro vložení a druhé pro odstranění. Při vložení markantu jsou vypisovány jeho souřadnice, pořadí a úhel, také je nutno určit:

- Kvalitu, čím lepší kvalita, tím přesnější je určení.
 - 1 Excellent
 - 2 Very good
 - 3 Good
 - 4 Fair
 - 5 Poor
- Typ
 - Jiný (other)
 - Začátek a konec linie (begin/ending)
 - Dvojitá vidlice (bifurcation)



Obrázek 3.3: Určení markantu

Jádra

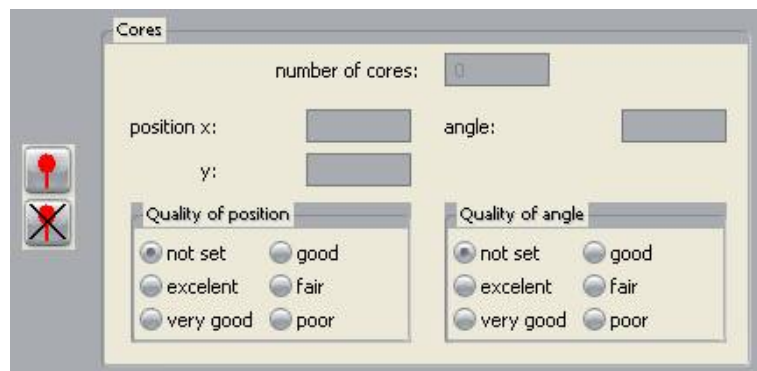
V části pro vkládání jader (cores), jsou dostupné dvě tlačítka, jedno pro vložení a druhé pro odstranění jádra. Uživatel je vyzván k nastavení kvality úhlu a kvality pozice. Po vložení jádra je zobrazena jeho pozice, pořadí a úhel (obr.3.4).

Delty

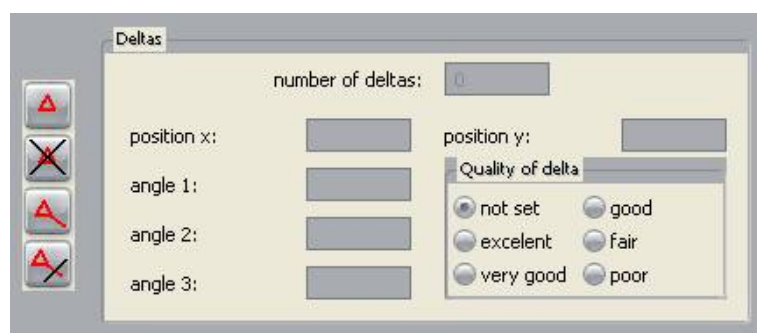
Sekce pro vkládání delt obsahuje čtyři tlačítka. Tlačítkem lze vložit deltu do otisku. Lze pohybovat úhly a deltu odstranit. Standardně jsou zaznačeny tři úhly, avšak v případě nutnosti lze jeden úhel odstranit. Je nutno nastavit i kvalitu nalezené delty. U aktuálně označené delty jsou zobrazeny informace (obr. 3.5).

3.2 Implementace

Celý program je vytvořen v prostředí wxDev-C++ s využitím wxWidget a programovacího jazyka C++. Jedná se o aplikaci složenou z několika tříd, každá třída zajišťuje určitou



Obrázek 3.4: Nastavení jádra



Obrázek 3.5: Nastavení delty

funkčnost. Aplikace načítá obrázek otisku prstu ze souboru, který uloží a zobrazí na obrazovce. Nad tento obrázek zobrazí kreslicí plátno s průhledným pozadím a počátečním bodem v levém horním rohu. Po kliknutí v pravé části, je rozpoznáno sepnuté tlačítko a podle aktuálního tlačítka je zvolena funkce, pomocí které se vykreslí obrazec na kreslicí plátno.

Souběžně s kreslením probíhají i další operace. Hlavní operací je získávání souřadnic pozic kliknutí v kreslicím plátně. Tyto pozice jsou uchovávány v datové struktuře. Program k těmto datům může přistupovat a dle potřeby je měnit. Nezbytnou součástí uchovávání těchto informací je i kontrola jejich integrity. Speciální funkce kontrolují, zdali každý zadaný markant obsahuje veškeré povinné informace. Například nelze zadat do plátna jádro, aniž by nebyly zaznačeny informace o kvalitách. Konkrétně u jádra se jedná o kvalitu úhlu a pozice. Takto zkontrolované údaje jsou uloženy. Po skončení zadávání veškerých informací o otisku je uživateli umožněno uložení datové struktury do formátu **.gtm*. Jedná se o speciální formát, obsahující kompletní informace potřebné k vyhodnocení otisku, podle tohoto souboru lze zpětně zrekonstruovat veškeré zaznačené markanty v kreslicím plátnu.

Jednotlivé značky markantů mají předem specifikovaný tvar i barevné provedení. Pro základní typy jako je začátek, konec a zdvojení je použita světle modrá barva. Tvar je určen jako kruh bez výplně. Aktuálně upravovaný prvek má barvu světle zelenou, díky tomu lze na obrazovce aktivní od pasivních prvků snadno rozlišit. Jádro je zobrazováno takřka totožným způsobem, odlišuje se v barvě. Základní barva je rudá, pro rychlejší orientaci je opět aktuálně upravované, nebo zrovna vložené jádro zobrazováno žlutě. Symbol jádra je barevně vyplněný kruh. Posledním typem, jenž je zadáván je obrazec delty. Jeho barevné

provedení je totožné s provedením jádra, avšak tvar je naprosto odlišný. Delta se zakresluje obrazcem trojúhelníku. V průměrně zkoumaném otisku jsou nejvíce zastoupeny základní typy markantů. Proto jsou značeny obyčejnější, méně výraznou modrou barvou. To že jádro a delta má stejné barevné zobrazení, není matoucí, poněvadž jejich počet v jednom otisku průměrně nepřesahuje pět kusů.

Po ukončení zkoumání otisku je umožněno uložit získanou databázi markantů. Při ukládání není možno změnit název výsledného souboru, soubor je automaticky pojmenován. Název nového souboru je tvořen jménem souboru s obrazem otisku prstu, následuje pomlčka a na konec je přidáno identifikační číslo. Toto číslo je získáno při spuštění programu, jedná se o osobní číslo uživatele. Každý expert, nebo začátečník zaznačující markanty do otisku je identifikován podle svého ID. Program pracuje s obrazovými formáty BMP a WSQ. BMP je standardní obrazový formát, formát WSQ je speciální formát využívaný k uchovávání černobílých obrazů v osmibitové hloubce. Má velmi dobrý kompresní poměr a stal se standardem v uchovávání daktyloskopických otisků.

3.2.1 Soubor GTM

```
Width                : 832 px
Height               : 768 px
Fingerprint type    : L
Fingerprint quality  : 2
Fingerprint completeness: 1
```

Number of minutiae: 4

```
-----
id:  type,   x   ,   y   , angle, quality of minutia
-----
0:    0,   415,   438,   51,   30
1:    1,   520,   467,   21,   30
2:    1,   638,   492,  147,   90
3:    2,   532,   577,  239,   50
```

Number of cores : 1

```
-----
id:  x   ,   y   , quality of position, angle, quality of angle
-----
0:  461,   402,                    50,   177,   50
```

Number of deltas : 2

```
-----
id:  x   ,   y   , angle, angle, angle, quality of delta
-----
0:  361,   540,   64,   234,   148,   50
1:  502,   607,   64,   64,   148,   50
```

Soubor s koncovkou .gtm je možno popsat jako běžný textový soubor. Pracovat s ním

lze běžnými funkcemi jazyka C. Vzorový soubor formátu Ground Truth Minutia je zde zobrazen. Skladba souboru přibližně odpovídá zadávacímu panelu GUI Dactyloscopy. Na první pohled jsou viditelné čtyři pomyslné bloky informací. V první části jsou zobrazeny rozměry obrazu otisku, kvalita, kompletnost a vzor otisku.

Kapitola 4

Návrh řešení

Cílem této práce bylo navrhnout kvalitní, přehledné a srozumitelné zobrazení výsledků daktyloskopické expertízy. Předpokladem je, že začínající technik, nebo daktyloskopický expert pomocí programu GUI Dactyloscopy vyhodnotí obraz otisku prstu. Jeho řešení by posléze mělo být porovnáno se vzorovým řešením. A výsledky jeho práce zobrazeny ve srozumitelné podobě. Aby sám student mohl porovnat své výsledky, zjistit nedostatky své práce a pokusit se své schopnosti zlepšit.

Cílem této kapitoly je přiblížit čtenáři, jakým směrem se od začátku návrh vyvíjel. Jestli a kde došlo k různým problémům, nebo komplikacím. Bude zde popsána i část návrhu vznikající v rámci předmětu ISP¹ Tento návrh posloužil jako základní varianta a později už nebyl více měněn.

Před řešením této práce bylo nutné se seznámit se základními poznatky o oboru daktyloskopie. Zejména bylo potřeba detailně prozkoumat, jakým způsobem uživatelé pracují s programem GUI Dactyloscopy. A vyzkoušet náročnost a složitost daktyloskopické analýzy.

Během následující kapitoly budou v textu často používány různé označení uživatelů programu. Nejčastěji se bude jednat o role *student* a *expert*. Předpokládá se že s programem budou zacházet jednak odborníci a také naprostí začátečníci. Ale pojmy *student* a *expert* značí, jaká data vytvořili. Student vždy porovnává své výsledky s výsledky experta, nebo expertů. V roli studenta může vystupovat i expert, avšak to znamená, že bude porovnávat své výsledky s výsledky vzorovými.

4.1 Základy poznatky

Jak už bylo řečeno, tento program je vyvíjen pro používání opravdovými lidmi, proto bylo potřeba se vžít do jejich situace. Základní myšlenkou bylo vyzkoušet si označit markanty v několika otiscích a vizuálně je porovnat s výsledky opravdových expertů, které byly při psaní práce k dispozici. Postupným zkoumáním bylo zjištěno, že se jedná opravdu o náročnou činnost. Každá individuální osoba upřesňovala jiný typ markantů, jenž poté přednostně vyhledávala. Rovněž bylo vyzkoušeno, že i naprosto jasné markanty nalezeny všemi experty se mírně lišily v pozici, směřováním úhlů, popřípadě označením kvality.

¹ Jedná se o vyučovací předmět v zimním semestru, v jehož rámci se má student seznámit se zadáním své práce a splnit část zadání.

4.1.1 Vzorový soubor

Často v návrhu aplikace bude zmiňován vzorový soubor markantů. Jedná se o soubor přidružený k jednomu konkrétnímu obrazu otisku prstu. K jeho vzniku je potřeba, aby dostatečné množství odborníků ohodnotilo obrázek otisku prstu markanty. Výsledkem je značné množství souborů, jenž by se měly lišit pouze v drobných detailech. Jinými slovy měly by být vyplněny s maximální pečlivostí. Po shlukování těchto souborů vznikne jeden soubor. Uvnitř souboru jsou obsaženy markanty s informacemi. Tyto markanty lze považovat za vzorové, poněvadž se na nich shodla značná část expertů.

V této práci nejsou využívány autentické vzorové soubory, pouze ručně vytvořené, vzniklé zaznačením markantů jednou osobou. Při návrhu se osvědčil postup, při kterém byly navzájem porovnávány soubory expertů, původně určené pro shlukování výsledného vzorového souboru. I takto získané výsledky a poznatky měly velkou informační hodnotu.

4.1.2 První pokus o návrh

První snaha o návrh zobrazení směřovala k problému "jak zobrazit chyby", tento postup se ukázal jako špatný. Navržené řešení bylo sice zajímavé, avšak nebylo podloženo vědomostmi o chybách. Tím pádem bylo navrženo nesystematicky a nebylo možné ho dále upravit do použitelné podoby. Bylo značně nepružné a tudíž po detailním zmapování veškerých možných chyb a možností, které bylo potřeba zobrazit, nebyl schopný tento předčasný návrh zahrnout do svého zobrazení veškeré možné stavy. Stavů které vznikají při porovnávání dvou sad markantů je velké množství.

4.2 Vyhledávání chyb pro zobrazení

Po této zkušenosti byla první část návrhu zaměřena na hledání rozdílů. Postup jakým jsou nalezeny možné rozdíly a chyby, kterých se uživatelé programu dopouští při porovnávání je jednoduchý. Nejprve jsou zkoumány vlastnosti typické pro každý markant a poté zkoušeno do jakých situací se změnou těchto vlastností lze dostat.

Při zkoumání bylo zjištěno, že omylů v určení markantů je opravdu velké množství, ale typově se shodují pro všechny tři hlavní skupiny. Pro delty, jádra, začátky a konce linií či rozdvojení. Nyní budou popsány možné rozdíly v určení, jenž byly objeveny. Jedná se o rozdíl v pozici, natočení úhlu, popřípadě dalších typických vlastností.

4.2.1 Chyby určení pozice

Technologie porovnání navržená v této práci používá jako prvotní mechanismus systém shlukování expertova vzorového souboru se souborem studenta.

Shlukování probíhá velmi jednoduchým způsobem, protože vychází z předpokladu, že každý shluk se skládá pouze ze dvou bodů. Dále musí být splněna následující podmínka, ve shluku musí být zástupci obou souborů. Nelze vytvořit shluk ze dvou bodů experta, nebo dvou bodů studenta. Takovýto výsledek by nespĺňoval účel a je nepřijatelný. Rovněž je důležité shlukovat pouze stejné kategorie markantů. Aby nedocházelo k situaci, kdy nesprávně zaznačené, méně významné prvky zdvojení, začátek a konec linie, k sobě do shluku navázaly jádro, nebo deltu. Z tohoto důvodu probíhá proces shlukování samostatně pro každou ze tří kategorií.

V tomto návrhu je počítáno i s tím, že začínající studenti budou mít horší schopnosti než zkušenější experti. Nastala nutnost umožnit začínajícím uživatelům nastavit si benevolentnější

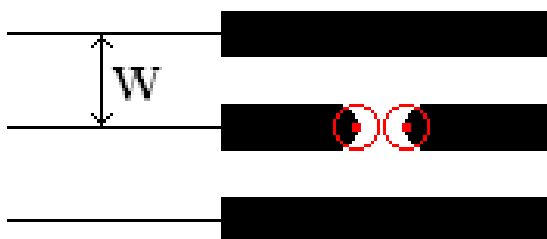
vstupní podmínky. Kdyby tato možnost neexistovala, mohlo by se stát, že začátečník by měl správně určenou pozici pouze u mizivé části svých markantů.

- Chybějící markant - tato je chyba poměrně často se vyskytující, je třeba si uvědomit, že jeden otisk prstu může obsahovat i přes sto markantů a snadno se stane, že student tento markant přehlídne a zapomene ho zaznačit, tato chyba se určuje snadno. V případě, že zapomene zaznačit jeden konec a začátek linie, je chyba opravdu zanedbatelná. Mnohem závažnější je pokud není schopný určit otisk přesně a zaznačí jej mimo pozici. Pokud by k tomuto případu došlo například u delty je chyba značná. Takto vzniklá situace je těsně spjata s následující chybou.
- Přebývající markant tento typ nedostatku má velice podobné příčiny, jako předchozí druh chyby. Jedná se o situaci zapříčiněnou tím, že student označí markantem pozici v otisku, kterou expert nenalezl.
- Přesně určená pozice je poslední možný výsledek, který je možné při určování pozice získat. Značí, že nelezený markant odpovídá protějšku ve vzorovém souboru. Je takřka nemožné, aby i dva velmi zkušení experti zaznačili dva jasně totožné markanty naprosto stejně. Je třeba určit jistou míru tolerance vůči vzájemné pozici.

Tolerovaná odchylka pozice

Při shlukování dvou bodů hraje velmi významnou roli přípustná odchylka, jak už bylo řečeno, je určení pozice naprosto přesně velmi složité. Podle přípustných norem jsou dva markanty ležící ve své blízkosti s určitou odchylkou považovány za totožné. Při určování shluků je tato odchylka pevně stanovena. Jedná se o jednu polovinu šířky papilární linie. Přesněji řečeno, jedná se o jednu čtvrtinu součtu papilární linie a přilehlé mezery, ležící mezi zkoumanou linií a linií přilehlou. Tato vzdálenost je označována jako w viz. obrázek 4.1.

Na tomto obrázku je vše jasně patrné. Pomyslný vzorový markant je umístěn uprostřed červených kruhů a tolerovaná odchylka je nastavena na $w/4$. Jakýkoliv studentův markant umístěný mimo výřez červeného kruhu je identifikován jako markant navíc a zároveň markant experta se stává neoznačeným markantem.



Obrázek 4.1: Tolerovaná odchylka pozice [1]

Chyba ve velikosti úhlu

Jak už bylo popsáno v předchozí kapitole, chyby vzniklé nepřesným umístěním jsou jednoduché na vykreslení a další porovnání. Není třeba už dál nic porovnávat, protože neurčí-li student markant, nemůžou být porovnány další vlastnosti tohoto markantu.

V případě, že je pozice markantu určena s požadovanou přesností, jsou zkoumány další vlastnosti. Mezi vlastnosti, které je potřeba dále zkoumat patří i úhel markantu. V této práci je úhel markantu považován za jednu z nejčastějších chyb. Úhel je uchováván v neobvyklém formátu. Standardní zobrazení zobazuje naměřený úhel ve 360° stupnici. Představíme-li si ji na ciferníku hodin, nula se nachází na stejném místě jako číslo 3. Stupně rostou protisměru hodinových ručiček. Aplikace však využívá jiný typ vyjádření než je obvyklé. Celou stupnici o hodnotě 360° rozdělí na 255 dílů. V tomto formátu jsou uloženy veškeré úhlové informace.

Pokud se markanty shodují v pozici, je potřeba porovnat úhel studenta a experta. K porovnávání je nutno opět určit odchylku, která bude při porovnávání tolerována. Je důležité počítat s tím, že pozice shlukovaných bodů se mohly lišit o jistou vzdálenost. A tím pádem úhly nemohou být nikdy totožné. Při návrhu byl zohledněn fakt, že je nutno uchovat informace o úhlu experta i o úhlu studenta pro pozdější vykreslení. Při vyhodnocení výsledků je důležité studentovi zobrazit i správné natočení úhlové čáry, ten pak okamžitě zjistí, kde udělal chybu.

Delta je speciální příklad markantu, jenž může obsahovat dva až tři úhly. Tato atypická situace je pro porovnávání trochu složitější, avšak je založena na stejném principu jako u markantů s jedním úhlem.

Zdvojení, "other", začátek a konec linie

Další možnost, kde by se mohli různí experti lišit je typ markantu. Typem markantu se rozumí konec, začátek linie, zdvojení a typ other. Tento druh chyby nemůže nastat u delt a jader. V podstatě dochází jen k záměně jednoho typu za druhý. Student označí markant jako zdvojení a experti se shodli, že se jedná o začátek a konec linie. Tato chyba je naprosto jasná a je potřeba ji zobrazit.

Výchozím technikou při vyhledávání a porovnávání markantů je předpoklad, že typ other je považován za vzor, jenž není využíván všemi experty. Je tudíž třeba zavést způsob, jakým povolit či zakázat akceptování typu other. Tímto se rozumí, že pokud je povoleno akceptování typu other a dojde k porovnávání například typu zdvojení s typem other. Je toto porovnání vyhodnoceno úspěšně. Jednoduše řečeno, povolení typu other má za následek kladné vyhodnocení porovnávání typu other s typy konec, začátek linie a zdvojení. Při nepovoleném typu other, je tento typ brán jako samostatný typ, kladně je vyhodnocen pouze se stejně značeným typem.

Kvalita

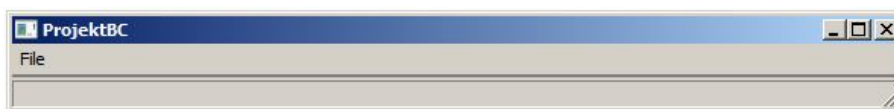
Součástí každého markantu je také určení jeho kvality, některé markanty vyžadují určení kvality samotného markantu. U jádra je potřeba zaznačit i kvalitu úhlu. Student se může dopustit jen dvou chyb. Buď kvalitu označí nižší, nebo vyšší. Obě tyto situace je třeba přehledně zaznačit do obrázku.

4.3 Návrh GUI

První myšlenka návrhu tohoto uživatelského rozhraní směřovala k implementaci do programu GUI Dactyloscopy. Mělo se jednat o rozšíření programu doplněním mé implementace. Přidáním jedné záložky, ve které měly být umístěny veškeré nastavovací komponenty. Student by po zaznačení svého otisku v tomto programu okamžitě vyhodnotil své výsledky.

Nakonec byl program navržen jako samostatné grafické uživatelské rozhraní. Programové rozhraní je složeno ze dvou hlavních částí, v jedné části (viz. obr 4.2) je zajištěno načítání souborů a spouštění nastavovacího dialogu. Při zapnutí programu je povolena pouze nabídka otevření souboru studenta, nastavovací dialog a dialog pro vyhodnocení zadaných souborů. Po postupném otevření třech nutných souborů je umožněno spustit vyhodnocení.

Parametry ovlivňující vyhodnocení jsou zobrazeny v nabídkovém okně settings. Zde se nachází nastavení, ovlivňující chování programu. Je zde možno specifikovat zobrazení pouze určitých chyb. Student se může zaměřit třeba na nastavení úhlů. To učiní tak, že nechá zobrazit pouze chyby úhlu a nejprve nastaví hranici odchylky na vysokou úroveň. Poté s každým nově porovnaným otiskem může povolenou odchylku úhlu snižovat.



Obrázek 4.2: Hlavní menu aplikace

4.3.1 Ovládání programu

Ovládání programu je rozděleno do dvou sekcí, hlavní nabídka a nabídka nastavení.

- Hlavní menu
- *Open studen's GTM* zobrazuje dialog k otevření studentova GTM. souboru
- *Open expert's GTM* slouží k otevření vzorového souboru GTM.
- *Open picture* otevře dialog pro otevření souboru s obrázkem ve formátu GTM.
- *Settings* zobrazí dialog s kompletním nastavením, níže jsou detailněji popsány jednotlivé nabídky (obr. 4.3).
 - *Permissible deviation of distance* určuje největší vzdálenost, jenž je akceptovatelná při shlukování markantů.
 - *Permissible deviation of angle* slouží k nastavení přijatelné odchylky expertova a studentova úhlu.
 - *Accept type "other"* zatržení při porovnávání typů "other", zdvojení, začátek a konec linie umožňuje, že pokud buď expert, nebo student má zaznačen typ "other" bude vyhodnocení pozitivní.
 - *Permissible deviation of quality* nastavuje toleranci při určování kvality markantů, hodnota 20 odpovídá jednomu kvalitativnímu stupni.

- *Check togetherness of picture and GTM files*, tato volba spouší kontrolu sounáležitosti vstupních souborů, jedná se o jednoduchou kontrolu, která porovnává velikost obrázku v pixelech s velikostmi zaznačenými v souborech GTM.
 - *Length of angle line* určuje délku úhlové čáry při vykreslení do výsledného souboru.
 - *Missing minutiae* zobrazí markanty zaznamenané expertem, a zároveň neoznačené studentem (studentovi tyto markanty chybí).
 - *Moreover minutiae* zaškrknutí znamená, že budou zobrazeny všechny přebývající markanty, to jsou markanty zaznačené studentem, ale expertem ne.
 - *Correct position* zobrazí markanty v toleranci s markanty experta, u správně zaznačených markantů mohou být dále voleny potkategorie zobrazení
 - * *Wrong angle* zobrazuje špatný a správný uhel u markantů, které byly správně umístěny
 - * *Wrong type* zobrazí markanty se špatně zaznačeným typem
 - * *Wrong quality* zviditelní markanty s kvalitou přesahující povolenou odchylku
 - *OK* - toto tlačítko pouze uloží údaje o nastavení
 - *Evaluate* - tímto tlačítkem je spuštěno vyhodnocení souboru
- *Save picture* uloží obrázek ve formátu BMP.
 - *Evaluate* vyhodnotí studentovy GTM data dle nastavení.

4.3.2 Návrh zobrazení

Základní otázkou této práce je jakým způsobem do jednoho okna zobrazit vyhodnocené výsledky, tak aby byly srozumitelné a okamžitě zhodnotitelné. Problémem je, že na malou obrazovku je potřeba zobrazit obrovské množství dat.

Prvotní návrh se pokoušel většinu podstatných zjištění předat pomocí textového výpisu, ale již v prvopočátku se ukázal jako velice nevhodný. V textovém výpisu informace splývaly a měly takřka nulovou informační hodnotu.

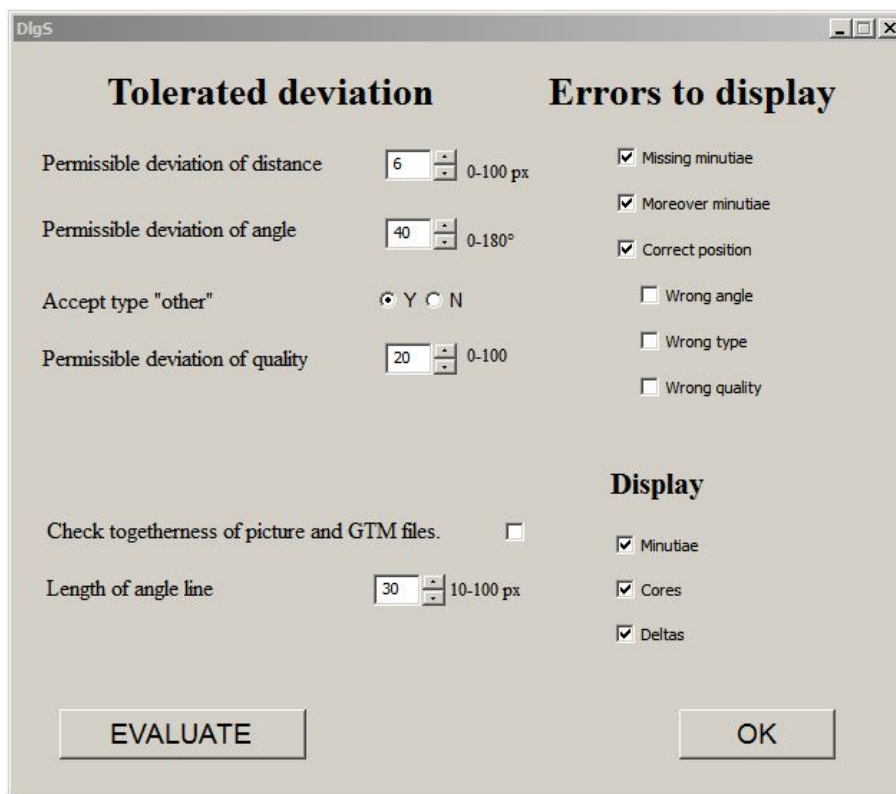
Druhý návrh se zaměřil na vykreslování veškerých důležitých informací přímo do obrázku. Každý druh chyby měl svou značku. Tato metoda se později ukázala jako správná cesta.

Nejsložitějším problémem je určení symboliky, útvarů a barev, kterými označovat jednotlivé chyby. Bylo zvoleno několik různých symbolů a postupně byly skládány dohromady, aby v žádné situaci nemohlo dojít ke kolizi zaznačení. Tato situace je uvedena na příkladu: kdyby bylo využito barevné provedení zobrazení chyby pro špatný úhel i pro špatnou chybu, mohlo by se stát zaznačení těchto dvou chyb na jednom markantě nemožné.

Návrh použitý v této aplikaci je zobrazen na obrázku 4.4, ten slouží jako vzorová ilustrace všech možných chyb, jenž je aplikace schopna zobrazit.

Při popisu obrázku detailněji přiblížím navržený způsob zobrazení chyb. V určování pozice se rozlišují tři základní stavy. Tyto stavy jsou rozlišeny tvarem ukazatele na markant.

- Pokud je markant nalezen na správné pozici, zůstává jeho tvar stejný jako v programu GUI Dactyloscopy. Jádra jsou tvořena vyplněným kruhem, základní markanty pouze kruhem bez výplně a delty trojúhelníkem.
- Pokud je markant přebytečný, čili student zaznačil markant navíc. Zůstává jeho základní tvar, ale obvodové linie jsou kresleny tečkovanou čarou.



Obrázek 4.3: Dialog nastavení

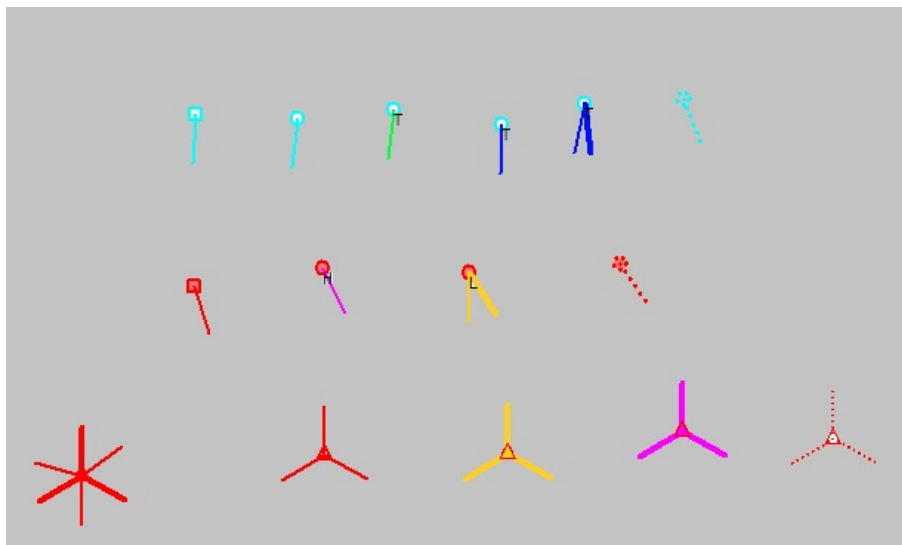
- Markanty, které student nezaznačí ikdyž jsou zaznačeny expertem si ponechávají vlastnosti základního vzoru, ale jejich střed změní tvar z kruhu, vyplněného kruhu, nebo trojúhelníku na tvar čtverce. V případě jádra vyplněný čtverec.

Další provedení chyb se týká pouze markantů se správně určenou pozicí. Bude-li chybně určena kvalita umístění markantu. Změní se barevné provedení úhlové čáry.

- V případě že odchylka úhlu je větší než tolerovaná odchylka, jsou vykresleny oba úhly, správný úhel je zakreslen silnější čarou.
- V případě základních markantů se barva při podhodnocení kvality, mění na zelenou. Zaznačí-li student kvalitu výrazně lépe než expert, barva se mění na modrou.
- V případě delt a jader je barevné provedení jiné, při podhodnocení kvality je barva růžová a v případě nadhodnocení se mění na žlutou

Speciální případ nastává u jádra, zde se určuje ještě další kvalita, jedná se o kvalitu úhlu. Pokud je studentovo ohodnocení kvality úhlu nadhodnoceno, je v blízkosti markantu zobrazeno písmeno "H". V případě podhodnocení je zobrazeno písmeno "L". Jedná se o počáteční písmena slov *High* a *Low*.

Posledním možnou událostí u které nebyl uveden symbol označení je špatný typ v při určování začátku a konce linie, zdvojení a typu other. Při zjištění špatného typu je markant označen písmenem "T"



Obrázek 4.4: Návrh zobrazovací symboliky

4.3.3 Návrh statistik

Při vyhodnocení studentova souboru se zaznačenými markanty vznikne obraz s grafickými značkami. Tento druh zobrazení je vyhovující při výuce. Student může okamžitě pozorovat své chyby a zlepšení. Nicméně pokud by chtěl svůj výkon přesněji sledovat, jsou pro tento účel vhodnější číselné statistiky. Základní statistiky mohou zobrazovat celkové množství nalezených markantů, počet nalezený navíc a počet nenalezených. Takto zpracováno pro všechny tři kategorie markantů. Takto získané statistiky zobrazit při vyhodnocení.

Sémantické testování shody

Pro testování shody zadaných markantů s markanty vzorovými se používají tři vzorce určující míru shody. Jejich popis je přejat z [4]. Po provedení výpočtu jsou získána konkrétní číselná naznačující úspěšnost. Podle těchto hodnot mohou být studenti porovnáváni.

První vzorec pro určení shody První vzorec pro určení shody popisuje s jakou přesností byly shlukované markanty určeny. Bere v potaz pouze utvořené dvojice. Vzorec počítá průměr ohodnocení jednotlivých shodností.

$$cr_{gtm} = \frac{\sum_{i=1}^{ngtm} mcs_i}{ngtm} \quad (4.1)$$

Pokud je vzdálenost bodu zaznačeného studentem od bodu experta větší než povolená odchylka vzdálenosti je shodnost ohodnocena 0, v případě že došlo k shlukování je ohodnocen na stupnici 1 – penalizace.

$$mcs = \begin{cases} 0 & \text{if } d \geq tol_d \\ 1 - p & \text{jindy} \end{cases} \quad tol_d = \frac{W}{4} \quad (4.2)$$

Penalizaci je vypočítána součtem penalizace za špatný typ a součtem penalizace za špatný úhel.

$$p = p_{\Delta\theta} + p_{\Delta t} \quad (4.3)$$

$$\Delta\theta = \frac{|\theta_{gtm} - \theta_{agm}| * 0,5}{\Pi} \quad (4.4)$$

Zkratka *gtm* značí markant vložený expertem a *agm* markant vložený studentem.

Druhý vzorec Druhý vzorec porovnává jestli jsou markanty vloženy v oblasti otisku prstu, na jeho hranici nebo mimo otisk prstu. Takto jsou kontrolovány všechny studentovy markanty.

$$p_{\Delta\theta} = \begin{cases} 0,25 & \text{if } t_{gtm} \neq t_{agm} \\ 0 & \text{jindy} \end{cases} \quad (4.5)$$

$$cr_{agm} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{agm}} mps_i}{n_{agm}} \quad (4.6)$$

Třetí vzorec Poslední vzorec za zaměřuje na zmapování počtu markantů vložených studentem, které nebyly shlukovány.

$$mps = \begin{cases} 0 & \text{pokud je agm mimo oblast otisku prstu} \\ 0,5 & \text{pokud je agm na hranici otisku} \\ 1 & \text{jindy} \end{cases} \quad (4.7)$$

Kapitola 5

Implementace

Program byl vyvíjen pod operačním systémem Microsoft Windows 7 s pomocí rozhraní wxWidgets. Je implementován kompletně v jazyce c++. V následujících kapitolách popíšu jeho základní skladbu a popis ovládání. Poslední kapitola bude obsahovat ukázkou jeho použití.

5.1 Skladba programu

Program je napsán objektově, skládá se ze šesti tříd, které spolu navzájem komunikují, soupis tříd je vidět zde:

- **FrmApp** jedná se o základní třídu, která vykresluje hlavní okno a zodpovídá za volání ostatních tříd.
- **Frm** je třída obsahující téměř veškeré funkce nutné pro chod programu, z této třídy jsou poté volány ostatní třídy. V následujících řádcích budou popsány nejdůležitější funkce.
 - Funkce pro načítání souborů - je zde implementováno pět funkcí, jejichž úkolem je načítání a kontrola otevřených souborů. Každá z těchto funkcí používá vlastní dialogy k otvírání a přístupu k souborům. Obsluhují i chybové dialogy při problémech s otvíráním souborů. Funkce pro otvírání jsou volány stiskem tlačítka v hlavním menu.
 - Funkce pro parsování souborů GTM `parseGTM()` má za úkol načíst z cest získaných při otvírání souborů informace do struktur obsažených v třídě `CDB` tyto struktury jsou pak dále v programu používány.
 - Zde jsou také funkce zabývající se porovnáváním jednotlivých markantů. Mají za úkol ze struktur naplněných informacemi o markantech výjmout důležité informace a uložit je do struktury, ze které jsou potom zakresleny. Vyjmutí ze struktur už podléhá hodnotám nastaveným v nastavovacím dialogu.
 - Funkce pro porovnávání markantů jsou v programu tři `MEvalCo()`, `MEvalDE()`, `MEvalMi()` podle informace a maximální možné vzdálenosti dvou markantů z nastavovacího dialogu, nejprve porovnávají každý markant experta se všemi markanty studenta, vybírají takovou dvojici, která má mezi sebou nejmenší vzdálenost a zároveň vzdálenost menší než maximální povolenou odchylku. Pokud takovýto prvek najdou je označen jako "shodný". Jestliže se nepodaří objevit žádný markant,

který by pasoval k markantu experta, je uložena informace o tomto expertově markantu a označena příznakem "nenalezen". Takto je porovnána celá struktura. Po skončení porovnávání je znovu procházena struktura se studentovým markanty a všechny neoznačené prvky jsou označeny jako "navíc". Tyto informace jsou uloženy do struktury DAT.

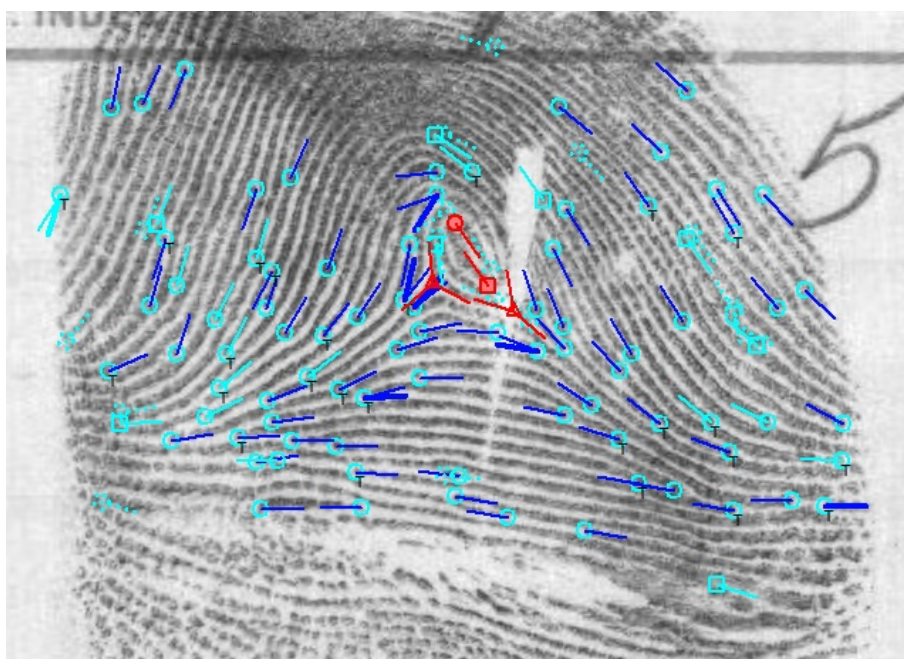
- Poté jsou volány funkce `PaintC()`, `PaintD()`, `PaintM()` jejichž úkolem je vykreslit a porovnat markanty získané v předchozím kroku. Nejprve jsou na obrazovku vykresleny markanty, které už není třeba porovnávat. Jedná se o markanty přebývající a markanty chybějící. Poté jsou postupně kontrolovány další vlastnosti. Nejprve je naměřena odchylka kvality, protože změna kvality má za následek i změnu barvy. Takto změněná barva je uchována a přejde se k porovnávání úhlu. Pokud je úhel v pořádku je vykreslen správnou barvou, pokud není pořádku je navíc vykreslen ještě úhel správný, tento správný úhel pochází od experta. Poté je porovnán typ.
- `DlgS` je třída obsluhující formulář akce formuláře, který je využit při zadávání nastavení. Tento formulář při běhu programu uchová svá nastavení. Při opětovném zapnutí jsou nastavení obnovena.

5.2 Ovládání programu

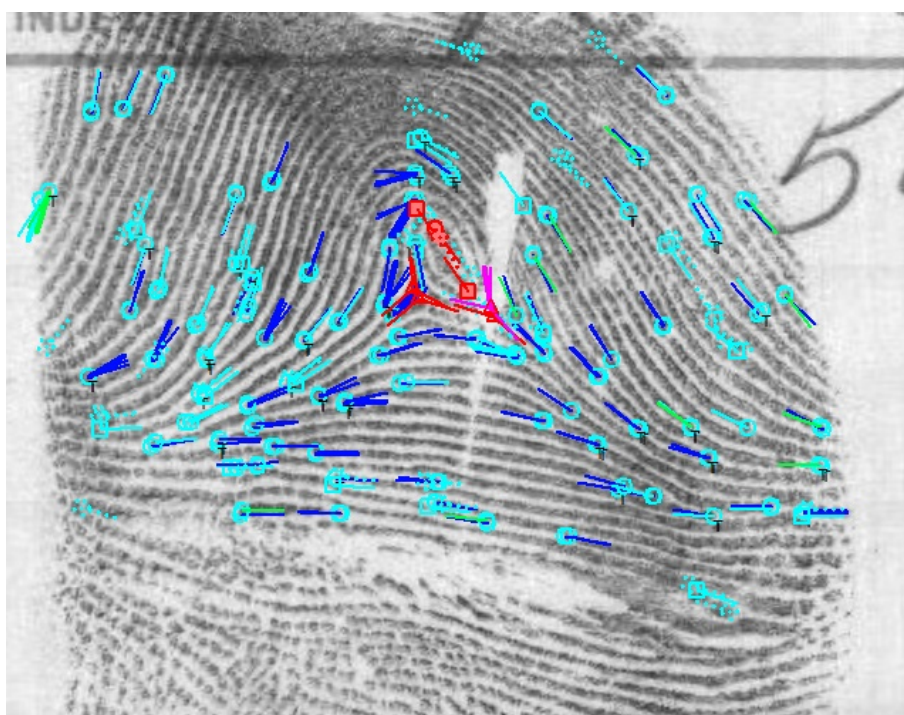
Ovládání programu je velmi jednoduché a nativní. Pro porovnání je potřeba pouze zapnout program a v otvíracích dialogích načíst jednotlivé soubory. Program kontroluje zdali jsou načteny opravdu všechny soubory. Pokud tomu tak není, vyzve uživatele k novému zadání. Při práci zobrazuje důležité informace do zobrazovací lišty nacházející se pod menu. Po otevření souborů je nutno vyhodnotit výsledek (tlačítko evaluate). Před vyhodnocením je možné nastavit v dialogu nastavení jednotlivé informace.

5.3 Testování

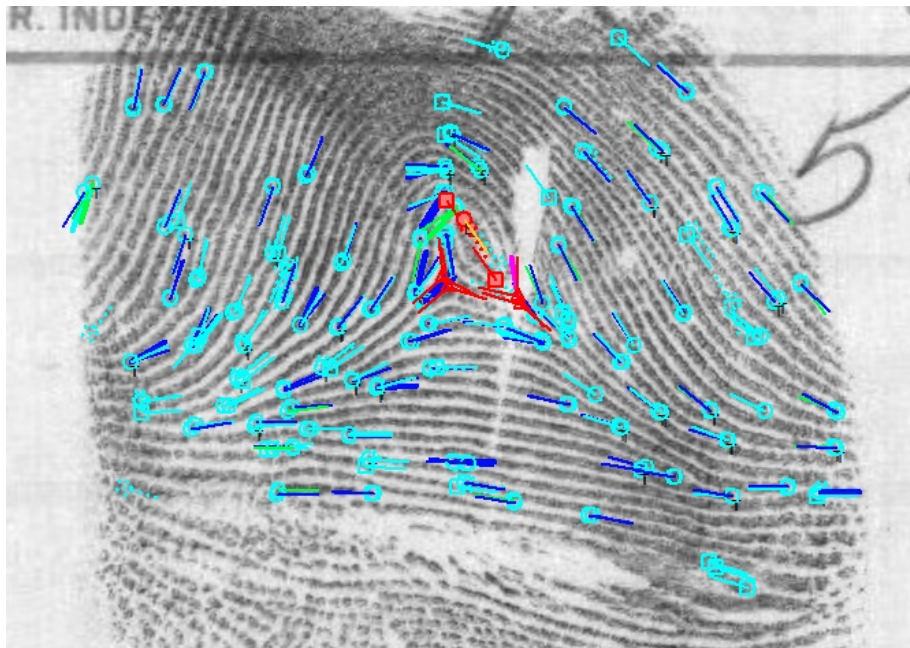
Pro testování byly nastaveny nízké hodnoty odchylek a zapnuty všechny přepínače, to znamená, že byly hledány veškeré druhy chyb. Na následujících obrázcích [5.1](#), [5.2](#), [5.3](#) jsou zobrazeny výsledky. Zajímavostí je že všechny tři soubory byly vytvořeny experty, porovnání probíhalo každá s každým. Je zde vidět spousta drobných chyb a rozdílů.



Obrázek 5.1: Test 1



Obrázek 5.2: Test 2



Obrázek 5.3: Test 3

Kapitola 6

Závěr

Bakalářská práce se zabývala tvorbou aplikace pro trénink daktyloskopických expertů, cílem tohoto programu bylo navrhnout takové uživatelské rozhraní, aby práce s programem byla co nejjednodušší a přitom velmi efektivní. Zároveň bylo nutno vymyslet a otestovat způsob, jakým budou uživatelům, trénujícím se v daktyloskopování, zobrazovány jejich chyby. Toto zobrazení mělo být přehledné a umožňovat selekci prvků aktuálně viditelných a zakreslených do obrázku tak, aby se expert mohl zaměřit pouze neoblasti, které mu způsobovaly problémy.

Při tvorbě programu jsem se nejprve seznámil se základními poznatky z oboru daktyloskopie, abych mohl co nejlépe navrhnout samotné zobrazování. Navržený způsob vyznačování markantů se mi zdá velmi přehledný, jeho přehlednost vyplynula i z provedených testů. Velká přednost programu se skrývá v možnostech zobrazit pouze konkrétní chyby. Další nespornou výhodou je možnost zvýšit tolerované odchylky u jednotlivých porovnávacích mechanismů.

Pokud bych měl popsat nevýhody programu, nebo oblasti implementace, které by se daly do budoucna vylepšit. Musel bych se zmínit o možnosti vylepšit uživatelské rozhraní zakomponováním do programu GUI Dactyloscopy. Aplikace by mohla být síťová a vyhodnocené výsledky sdílet na centrálním serveru. Umožnit tak daktyloskopům procházet výsledky svých kolegů.

Při návrhu a implementaci této aplikace jsem získal cenné zkušenosti s programováním v prostředí wxWidgets a návrhem rozsáhlé aplikace. Také jsem se dozvěděl spoustu informací souvisejících s propojením daktyloskopie a informačních technologií.

Literatura

- [1] Busch Christoph, Hejtmankova Dana, and Tabassi Elham. Semantic conformance testing methodology and initial results for fingerprint minutia encoding. [online], [cit. 2010-05-01]. Dostupné na URL: <<http://biometrics.nist.gov>>.
- [2] J. Hugo and M. Vokurka. *Velký lékařský slovník*. Maxdorf, 2009. ISBN 978-80-7345-166-0.
- [3] M. Jedlicka. Kriminalistická daktyloskopie. [online], [cit. 2010-01-20]. Dostupné na URL: <<http://www.vpsmvbrno.cz/osobni/jedlicka/daktyl/daktyl.html>>.
- [4] Dana Lodrová, Christoph Busch, and Martin Drahanský. Semantic conformance testing methodology for finger minutiae data. In *Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures*, Lecture Notes in Informatics, pages 31–42. Society for Informatics, 2009.
- [5] A. Merkunová and M. Orel. *Anatomie a fyziologie člověka*. Grada, Praha, 2008. ISBN 802471521X.
- [6] NIST. Wsq fingerprint image compression. [online], [cit. 2010-05-01]. Dostupné na URL: <<http://fingerprint.nist.gov/wsqa/>>.
- [7] Společnost pro kriminalistiku. Afis. [online], [cit. 2010-03-25]. Dostupné na URL: <<http://krimi-spk.sweb.cz>>.
- [8] Společnost pro kriminalistiku. Afis - rapid respond system pro cizineckou policii. [online], [cit. 2010-03-25]. Dostupné na URL: <<http://krimi-spk.sweb.cz>>.
- [9] R. Rak, V. Matyáš, and Z. Říha. *Biometrie a identita člověka v informačních technologiích*. Grada, Praha, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [10] J. Stratus. *Kriminalistická technika*. Druhé vydání. Aleš Čeněk, 2007. ISBN 9788073800529.
- [11] J. Stratus. Stopy na místě činu. [online], [cit. 2010-01-25]. Dostupné na URL: <<http://www.iabc.cz/clanek/casopis-abc/2791/stopy-na-miste-cinu.html>>.

Seznam obrázků

2.1	Šest základních vzorů [9]	9
2.2	Jednotlivé markanty	11
3.1	Okno pro kreslení markantů	17
3.2	Základní určení otisku	18
3.3	Určení markantu	19
3.4	Nastavení jádra	20
3.5	Nastavení delty	20
4.1	Tolerovaná odchylka pozice [1]	25
4.2	Hlavní menu aplikace	27
4.3	Dialog nastavení	29
4.4	Návrh zobrazovací symboliky	30
5.1	Test 1	34
5.2	Test 2	34
5.3	Test 3	35